



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 خیلی 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.

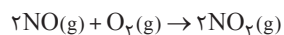
بررسی سایر عبارتها:

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، **ثرد 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 عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی سایر عبارتها:

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

ب) 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:
 $CH_3OH(g) \xrightarrow{\Delta} CO(g) + 2H_2(g)$

بررسی چهار عبارت:

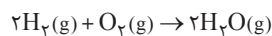
(ا) نادرست - با گذشت زمان، سرعت متوسط تولید فراورده‌ها، مانند سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد.

(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 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.

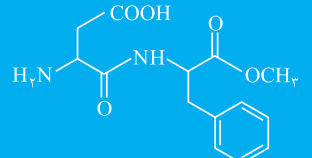
بررسی چهار واکنش:

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.

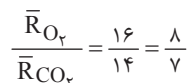
پ) با پیشرفت این واکنش از شدت رنگ زرد که ناشی از مصرف گاز Cl_۲ است، کاسته می‌شود.
 ت) با پیشرفت این واکنش از شدت رنگ آبی که ناشی از مصرف محلول CuSO_۴ است، کاسته می‌شود.

۲۱۶۷ ۲ به نیم‌نگاه آلی!

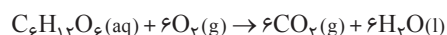
ساختار ترکیب آلی اسپارتام در آخرین صفحه‌ی کتاب درسی شیمی (۲) آمده است. فرمول مولکولی این ترکیب آلی به صورت C_{۱۴}H_{۱۸}N_۲O_۵ است.



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

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

$$\bar{R}_D = \frac{3}{4} \bar{R}_C = \frac{3}{4} \times 1 = 0.75 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_A = \bar{R}_C = 1 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_B = \frac{1}{4} \bar{R}_C = 0.25 \text{ mol.s}^{-1}$$



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

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

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

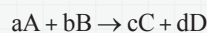
۴ ۲۱۷۵ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی $4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_3$ نشان می‌دهد که در ازای مصرف شدن ۴ مول NO ، مقدار ۱ مول O_2 مصرف می‌شود. پس چنانچه ۲ مول NO مصرف شود و مقدار NO به صفر برسد، باید ۰.۵ مول O_2 مصرف شود و مقدار آن از ۱ مول به ۰.۵ مول برسد. این تغییرات در نمودار گزینه‌ی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

۴ ۲۱۷۶ اول، در ستاره زیر رو بچون.

۶۲

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:

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

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

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

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

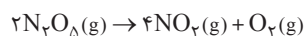
۱- علامت منفی در رابطه‌ی سرعت متوسط مصرف A فقط نشان‌دهنده‌ی این است که A یک واکنش‌دهنده است و در حال مصرف شدن می‌باشد. دلیل ویجوری! منفی هم اینه که، تغییر مول (Δn) برای یک واکنش‌دهنده منفی به دست می‌آید و از آنجا که سرعت واکنش بایستی مثبت باشد، آن را در یک منفی ضرب می‌کنیم و کلاغه رو به فونش می‌رسونیم!

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 ضریب استوکیومتری O_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.



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:

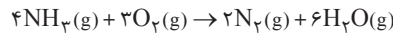
$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

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

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

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، واکنش دهنده 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.

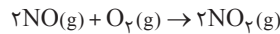
ابتدا سرعت تشکیل آب را به مول بر دقیقه تبدیل می‌کنیم: **۴ < ۲۱۸۱**

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

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**



$$\Delta n(\text{NO}_2) = 30 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{25 \text{ L}} = 1/2 \text{ mol NO}_2$$

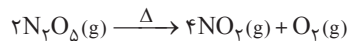
$$\Delta[\text{NO}_2] = \frac{\Delta n(\text{NO}_2)}{\text{حجم ظرف}} = \frac{1/2}{0/5} = 2/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

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

$$\Rightarrow \bar{R}_{\text{NO}_2} = \frac{2/4}{240} = 0/01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_{\text{NO}_2}}{2} = \frac{0/01}{2} = 0/005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

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



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

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = 1/2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = 2\bar{R}_{\text{O}_2} = 2 \times 1/2 = 2/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{V \Delta t} \Rightarrow 2/4 = -\frac{\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{3 \Delta t} \Rightarrow -\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5) = 36 \text{ mol N}_2\text{O}_5$$

$$\text{تجزیه شده N}_2\text{O}_5 \text{ مقدار } = 36 \text{ mol} \times \frac{108 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3888 \text{ g N}_2\text{O}_5$$

۲ < ۲۱۸۴

$$R_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0/04 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

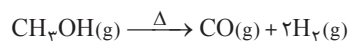
$$\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0/04 = \frac{\Delta n}{15} \Rightarrow \Delta n = 0/6 \text{ mol N}_2\text{O}_4$$

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

$$\bar{R}_{\text{NO}_2} = 2\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_4} = 2 \times 0/04 = 0/08 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{NO}_2} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0/08 = -\frac{(0/6 - n_1)}{15} \Rightarrow n_1 = 1/8 \text{ mol NO}_2$$

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



$$\bar{R}_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{1}{2} \times 0/2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0/1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{CH}_3\text{OH}} = -\frac{\Delta[\text{CH}_3\text{OH}]}{\Delta t} \Rightarrow 0/1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = -\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]_{t-1} - [\text{CH}_3\text{OH}]_t}{(3 \times 60) \text{ s}} \Rightarrow [\text{CH}_3\text{OH}]_t = 6/2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

به واکنش مهم!! **۱ < ۲۱۸۶**



معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی پتانسیم پرمنگنات به صورت مقابل است:

$$\bar{R}_{\text{KMnO}_4} = 0/02 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{KMnO}_4} = \frac{1}{2} \times 0/02 = 0/01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = 0/01 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 36 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$$

حجم مولی

۳ < ۲۱۸۷ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:



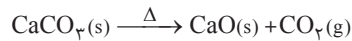
$$\Delta m(C_6H_{12}O_6) = 2/34 - 9/54 = -7/27 g C_6H_{12}O_6$$

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

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

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

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



۳ < ۲۱۸۸ معادله‌ی واکنش موردنظر به‌صورت مقابل است:

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

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



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.

$$\Delta m = m_f - m_i = 40/18 g - 22/2 g = 17/6 g CO_2$$

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

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

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



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 به صورت 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.

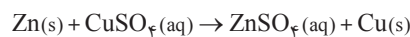
۲۱۹۵ < ۲ بر اثر سوختن کامل هیدروکربن‌ها، گاز CO_2 و بخار آب تولید می‌شود. می‌توان از روی قانون پایستگی جرم، جرم اکسیژن مصرف‌شده را به‌دست آورد:

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

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

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

۲۱۹۶ < ۳ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



اگر می‌خواهید محدودکننده را تعیین کنید، دست نگه دارید!! با توجه به صورت 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.

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

۲۱۹۷ < ۲

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:

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

$$\text{ماده ی مورد نظر، زمان انجام واکنش، حجم ظرف و ... را محاسبه کنید.}$$

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.

حالا 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:

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

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

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

$$\Delta[\text{NH}_3] = M_2 - M_1 = 0.4 - \frac{0.5}{V} = -0.4 \Rightarrow V = 0.625 \text{ L} = 625 \text{ mL}$$



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

$$\begin{array}{ccc} 2 \text{ mol} & 3 \text{ mol} & \\ x \text{ mol} & 2/4 \text{ mol} & \Rightarrow x = 1/6 \text{ mol } \text{N}_2\text{O}_5 \end{array}$$

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:

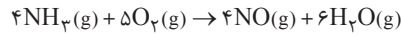
$$\bar{R}_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{(35 - 0) \text{ mol}}{4 \text{ min}} = 8.75 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

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:

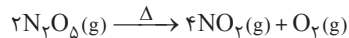


مطابق معادله، ضریب مولی بخار آب، ۱/۵ برابر ضریب مولی آمونیاک است، بنابراین تغییرات مول بخار آب نیز ۱/۵ برابر تغییرات مول آمونیاک خواهد بود. پس در دقیقه ی اول و دوم واکنش به ترتیب $12 \times 1/5$ و $18 \times 1/5$ مول، یعنی به ترتیب ۱۸ و ۱۲ مول بخار آب تولید می شود.

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

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

۲۲۰۴ معادله ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:



به ازای تولید ۵ مول فراورده 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. دریگه 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.

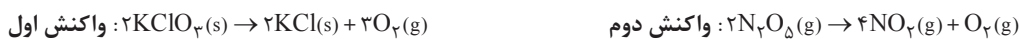
$$R_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.3 \text{ mol}}{\left(\frac{1}{60}\right) \text{ min}} = 18 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

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:

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

حال می توان مقدار x را محاسبه کرد:

$$\bar{R}_{NH_3} = \frac{\Delta n(NH_3)}{\Delta t} \Rightarrow 0.24 \frac{\text{mol}}{\text{min}} = \frac{\Delta n(NH_3)}{180 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} \Rightarrow \Delta n(NH_3) = 0.32 \text{ mol}$$

(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.

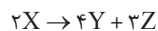
نمودار مول - زمان ارایه شده نزولی است. پس متعلق به واکنش دهنده یعنی A بوده و سرعت مصرف آن به صورت زیر محاسبه می شود:

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

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

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:

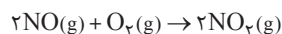


اکنون سرعت واکنش را از روی سرعت متوسط یکی از اجزای واکنش به دست می آوریم:

$$\bar{R}_Z = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{7/1 - 6/2}{1 - 3} = 0.18 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$R_{واکنش} = \frac{\bar{R}_Z}{\nu} = \frac{0.18}{3} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

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 14 باشد.

$$\text{حذف گزینه ی (۴)} \Rightarrow x < 10/5 \Rightarrow \frac{x}{3} < \frac{14}{4} \Rightarrow \frac{x}{3} > \frac{4}{14} \Rightarrow \frac{3}{x} > \frac{4}{14} \Rightarrow \frac{0.3 - 0}{x - 0} > \frac{0.4 - 0}{14 - 0}$$

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.

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

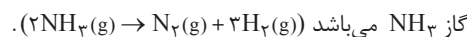
$$= \frac{75}{100} \times 16 = 12 \Rightarrow x = 4L$$

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
molSO _۳	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 $5/5 + 2/5 = 8/5$ 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:

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

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

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

زمانی که ۹۴/۵٪ از ماده‌ی A مصرف شود، ۵/۵٪ آن باقی می‌ماند.

(باقی مانده) $1/1 \text{ mol A} = 20 \times \frac{5}{100} = 20 \times \frac{5}{100}$ = 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:



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.

	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	
$\text{NO}_2(\text{mol})$	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.

۶۴

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.

$$\frac{\text{میلی لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{1000 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر گاز (STP)}}{22400 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{22.4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{اتم گرم یا مولکول گرم}}{\text{اتم یا مولکول}} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{N_A \times \text{ضریب}}$$

یادتون باشه که:

۱- منظور از ضریب در تناسب‌های فوق، ضریب استوکیومتری ماده‌ی مورد نظر در معادله‌ی موازنه‌شده است.

۲- صورت کسرهای از صورت مسأله خوانده می‌شود و ضرایب استوکیومتری موجود در مخرج کسرهای 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:

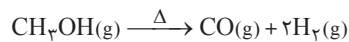


به‌ازای تجزیه‌ی یک مول آمونیوم دی‌کرومات، یک مول N_2 گازی (۲۸g) و ۴ مول بخار آب (۷۲g) تولید می‌شود که جرم آن‌ها در مجموع ۱۰۰g است.

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

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

۱ ۲۲۱۷ معادله‌ی واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:



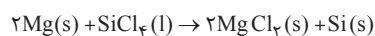
منظور از گاز سبک‌تر، H_2 است که جرم مولی کم‌تری در مقایسه با CO دارد.

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

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

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

۲ ۲۲۱۸ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



ابتدا محدودکننده را تعیین می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} SiCl_4 : \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} &= \frac{3400}{1 \times 170} = 20 \\ Mg : \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} &= \frac{1152}{2 \times 24} = 24 \end{aligned} \right\} SiCl_4 \text{ محدودکننده است.}$$

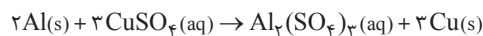
منظور از ترکیب یونی تولیدشده، $MgCl_2$ است.

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

$$\Rightarrow \frac{3400 \text{ g } SiCl_4 \times \frac{100}{170}}{1 \times 170} = \frac{x \text{ mol } MgCl_2}{2} \Rightarrow x = 32 \text{ mol } MgCl_2$$

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

۱ ۲۲۱۹ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



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

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

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

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

۲ ۲۲۲۰ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



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

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

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

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

۱ ۲۲۲۱ | نخست واکنش دهنده‌ی محدودکننده را تعیین می‌کنیم:

$$\frac{1/6 \text{ mol A}}{1} < \frac{5/4 \text{ mol B}}{3} \Rightarrow \text{A محدودکننده است.}$$

از آن جا که پس از ۷۵ ثانیه واکنش کامل شده است، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار واکنش دهنده‌ی A در ثانیه‌ی ۷۵ به صفر رسیده است.

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = \frac{-(-1/6)}{75 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 1/28 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_C = 2\bar{R}_A = 2 \times 1/28 = 1/14 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۴ ۲۲۲۲ | ابتدا محدودکننده و اضافی را تعیین می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \text{O}_2: \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} &= \frac{2}{1} = 2 \\ \text{H}_2: \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} &= \frac{2}{2} = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{H}_2 \text{ محدودکننده است.}$$

بررسی چهار گزینه:

(۱) سرعت متوسط مصرف اکسیژن را باید از روی محدودکننده به دست آوریم:

$$\left. \begin{aligned} \Delta[\text{H}_2] &= \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{V(\text{حجم ظرف})} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta[\text{H}_2] = -2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ \Delta t &= 30 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.5 \text{ min} \end{aligned} \right\} \bar{R}_{\text{H}_2} = -\frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = \frac{-(-2)}{0.5} = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

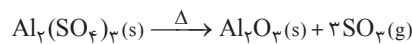
$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(۲) در هر لحظه از زمان، تغییرات غلظت مولی اکسیژن، نصف تغییرات غلظت مولی هیدروژن است.

(۳) با مصرف ۲ مول گاز هیدروژن (محدودکننده) در ۳۰ ثانیه می‌توان گفت که پس از این مدت، ۲ مول بخار آب تولید می‌شود که غلظت آن ۲ مولار است. با توجه به این‌که سرعت کاهش می‌یابد، سرعت تولید بخار آب در ۱۵ ثانیه‌ی اول بیشتر از ۱۵ ثانیه‌ی دوم است، بنابراین غلظت بخار آب در پایان ثانیه‌ی پانزدهم، بیشتر از یک مولار است.

$$\text{R}_{\text{واکنش}} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{H}_2} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{1}{30} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

۴ ۲۲۲۳ | معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی آلومینیم سولفات به صورت زیر است.



$$\bar{R}_{\text{SO}_3} = 2/4 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} \times \Delta L \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 0.072 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

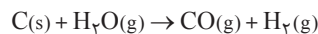
$$\bar{R}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1}{3} \bar{R}_{\text{SO}_3} = \frac{1}{3} \times 0.072 = 0.024 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

وقتی می‌گه واکنش ۶۰ درصد پیشرفت داشته، یعنی ۶۰ درصد جرمی از واکنش دهنده تجزیه و به فرآورده‌ها تبدیل شده است.

$$\Delta n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{60}{100} \times 68/4 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{342 \text{ g}} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -0.12 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.024 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{-(-0.12)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 5 \text{ min}$$

۱ ۲۲۲۴ | معادله‌ی واکنش بخار آب و زغال چوب (گرافیت) که منجر به تشکیل گاز آب می‌شود، به صورت زیر است:



منظور از گاز سبک‌تر، گاز H_۲ است که جرم مولی کمتری نسبت به CO دارد. ابتدا مقدار عملی گاز هیدروژن را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{مقدار عملی هیدروژن به مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مقدار زغال چوب ناخالص به گرم} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{(7500 \text{ g C} \times \frac{60}{100}) \times \frac{8}{100}}{1 \times 12} = \frac{x \text{ mol H}_2}{1} \Rightarrow x = 300 \text{ mol H}_2$$

$$\bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{\Delta t} = \frac{300 \text{ mol}}{(\frac{1}{2} \times 60) \text{ min}} = 10 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

اگر به فلش یک به سوم بزنیم داشته‌یم که: مطابق قانون نسبت‌های ترکیبی گی لوساک «در دما و فشار ثابت، گازها با نسبت‌های حجمی معین با هم واکنش می‌دهند». به بیان ساده‌تر، نسبت‌های مولی موجود بین اجزای گازی یک واکنش با نسبت‌های حجمی آن‌ها برابر است.

گونه‌ها	$3A(g) \rightarrow 2B(g)$	$3C(g)$
حجم اولیه	۸/۴	۰
تغییر حجم	-۳V	+۲V
حجم جدید	۸/۴ - ۳V	۲V

با توجه به نیم‌نگاه بالا، می‌توانیم جدول روبه‌رو را برای واکنش موردنظر رسم کنیم.

$$\text{حجم جدید} = 8/4 - 3V + 2V + 3V = 10/64 \Rightarrow V = 1/12 L$$

$$\Delta V(B) = \text{حجم اولیه} - \text{حجم جدید} = 2V - 0 = 2V = 2(1/12) = 1/6 L$$

$$\Delta n(B) = 1/6 L \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 L} = 0.01 \text{ mol B}$$

$$\bar{R}_B = \frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = \frac{0.01 \text{ mol}}{2 \text{ min}} = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_B}{2} = \frac{0.005}{2} = 0.0025 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۴ ۲۲۲۶ بدون هیچ مقدمه‌ای جدول زیر را رسم می‌کنیم:

گونه‌ها	$4CH_4N_2$	$5N_2O_4 \rightarrow 4CO_2$	$12H_2O$	$9N_2$
حجم اولیه	۱۰	۱۲	۰	۰
تغییر حجم	-۴V	-۵V	+۴V	+۱۲V
حجم جدید	۱۰ - ۴V	۱۲ - ۵V	۴V	۱۲V

$$\text{حجم جدید} = 10 - 4V + 12 - 5V + 4V + 12V + 9V = 54 \Rightarrow V = 2 L$$

$$\Delta V(CO_2) = 4V = 4(2) = 8 L$$

$$\Delta t = 2 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 120 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \bar{R}_{CO_2} = \frac{\Delta V(CO_2)}{\Delta t} = \frac{8 L}{120 \text{ s}} = \frac{1}{15} L \cdot s^{-1}$$

برای تصفیه‌ی هوای فضاپیماها مطابق واکنش‌های زیر از تأثیر کربن دی‌اکسید بر محلول‌های لیتیم پراکسید (Li_2O_2) یا محلول لیتیم هیدروکسید ($LiOH$) استفاده می‌شود:



فقط در واکنش b، آب تولید می‌شود. ابتدا از روی جرم آب تولیدشده، مقدار CO_2 جذب‌شده در این واکنش را حساب می‌کنیم:

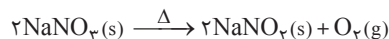
$$b \text{ واکنش} : \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ mol } CO_2}{1} = \frac{72 \text{ g } H_2O}{1 \times 18} \Rightarrow x = 4 \text{ mol } CO_2$$

از ۷ مول گاز CO_2 ، ۴ مول آن توسط $LiOH$ و بقیه، یعنی ۳ مول، توسط Li_2O_2 جذب شده است. اکنون سرعت متوسط مصرف CO_2 در واکنش a را به دست می‌آوریم:

$$a \text{ واکنش} : \bar{R}_{CO_2} = -\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{-(-3) \text{ mol}}{(40 \times 60) \text{ s}} = 1/25 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$a \text{ واکنش} : \frac{\bar{R}_{CO_2}}{2} = \frac{\bar{R}_{O_2}}{1} \Rightarrow \bar{R}_{O_2} = \frac{1}{2} \bar{R}_{CO_2} = \frac{1}{2} \times 1/25 \times 10^{-3} = 1/25 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

۱ ۲۲۲۸ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



جرم مواد درون ظرف از ۱۰/۲g به ۹/۲۴g رسیده است. این کاهش جرم، مربوط به خروج گاز O_2 تولیدشده از ظرف واکنش است:

$$\text{جرم اکسیژن تولیدشده} = 10/2 \text{ g} - 9/24 \text{ g} = 0/96 \text{ g } O_2$$

$$\Delta n(O_2) = 0/96 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{32 \text{ g}} = 0/03 \text{ mol } O_2$$

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t} = \frac{0/03 \text{ mol}}{(20 \times 60) \text{ s}} = 2/5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{NaNO_2} = 2\bar{R}_{O_2} = 2 \times 2/5 \times 10^{-5} = 4/5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

۲۲۲۹ ۳ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



مطابق قانون نسبت‌های ترکیبی، در دما و فشار ثابت، به‌ازای تجزیه‌ی ۲V حجم واکنش‌دهنده، ۵V حجم فراورده تولید می‌شود و (۳V = ۵V - ۲V) بر حجم گازها افزوده می‌شود. اکنون با یک تناسب ساده، حجم N₂O₅ تجزیه شده به دست می‌آید.

افزایش حجم گازها ~ حجم N₂O₅

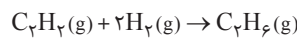
$$\frac{2V}{x} = \frac{3V}{33/6L} \Rightarrow x = 22/4L$$

$$\Delta n(N_2O_5) = 22/4L \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4L} = 1 \text{ mol} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -1 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{N_2O_5} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(-1) \text{ mol}}{2 \text{ min}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۲۲۳۰ ۱ آله یه کم به سلول‌های فاکستری مغزتون فشار بیاورین، یادتون می‌آد که هیدروکربن سیرشده‌ی اتان (C₂H₆) را می‌توان از واکنش

اتین (C₂H₂) با هیدروژن تهیه کرد:



ابتدا جرم واکنش‌دهنده‌ها را به مول تبدیل می‌کنیم:

$$? \text{ mol } C_2H_2 = 13 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{26 \text{ g}} = 0.5 \text{ mol } C_2H_2 \quad ; \quad ? \text{ mol } H_2 = 3 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ g}} = 1.5 \text{ mol } H_2$$

اکنون می‌توانیم جدول مقابل را رسم کنیم.

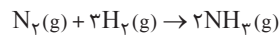
گونه‌ها	C ₂ H ₂	2H ₂	→	C ₂ H ₆
مول اولیه	0.5	1.5		0
تغییر مول	-x	-2x		+x
مول جدید	0.5 - x	1.5 - 2x		x

مطابق داده‌های سؤال می‌توان نوشت:

$$(0.5 - x) + (1.5 - 2x) = 2(x) \Rightarrow 2 - 3x = 2x \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{H_2} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{(-2x) \text{ mol}}{(2 \times 60) \text{ s}} = -\frac{(-2(0.2)) \text{ mol}}{120 \text{ s}} = \frac{1}{300} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

۲۲۳۱ ۱ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



ابتدا واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده را تعیین می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ mol } N_2 = 16/18 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{28 \text{ g}} = 0.6 \text{ mol } N_2 \\ ? \text{ mol } H_2 = 3 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ g}} = 1.5 \text{ mol } H_2 \end{aligned} \right\} \frac{0.6}{1} > \frac{1.5}{3} \Rightarrow H_2 \text{ محدودکننده است.}$$

در صورتی‌که واکنش به‌طور کامل انجام شود، مقدار فراورده‌ی تولیدشده برابر است با:

$$\frac{\text{مول هیدروژن}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول آمونیاک}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1.5 \text{ mol } H_2}{3} = \frac{x \text{ mol } NH_3}{2} \Rightarrow x = 1 \text{ mol } NH_3$$

مقدار فراورده‌ی تولیدشده در پایان دقیقه‌ی چهارم برابر است با:

$$\bar{R}_{NH_3} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{\Delta n}{4 \text{ min}} \Rightarrow \Delta n = 0.8 \text{ mol } NH_3$$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مقدار } NH_3 \text{ تا پایان دقیقه‌ی چهارم}}{\text{مقدار } NH_3 \text{ با فرض کامل شدن واکنش}} \times 100 = \frac{0.8 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 100 = 80\%$$

۲۲۳۲ ۱

معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی نیتروگلیسرین به صورت زیر است:



$$\frac{\bar{R}_{CO_2}}{12} = \frac{\bar{R}_{O_2}}{1} \Rightarrow \bar{R}_{CO_2} = 12\bar{R}_{O_2} = 12 \times 1 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} = 12 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{CO_2} = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} \Rightarrow 12 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta s} \Rightarrow \Delta n(CO_2) = 60 \text{ mol}$$

۲۲۳۳ ۳

یکی از روش‌های تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش دادن هیدروکلریک اسید با منگنز (IV) اکسید طبق معادله‌ی زیر است:



$$? \text{ mol Cl}_2 = 1/2 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{4 \text{ mol HCl}} = 0.125 \text{ mol Cl}_2$$

$$\Delta[\text{Cl}_2] = \frac{\Delta n(\text{Cl}_2)}{V(\text{حجم ظرف})} = \frac{0.125 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.0625 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{Cl}_2} = \frac{\Delta[\text{Cl}_2]}{\Delta t} = \frac{0.0625 \text{ mol.L}^{-1}}{(4 \times 60) \text{ s}} = 2.6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

۲ < ۲۲۳۴

سدیم هیدروژن کربنات مطابق واکنش زیر در اثر گرما تجزیه می‌شود:



$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 2 \text{ L} = 0.2 \text{ mol.s}^{-1}$$

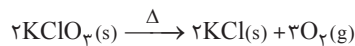
$$\frac{\bar{R}_{\text{NaHCO}_3}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}}}{1} \Rightarrow \bar{R}_{\text{NaHCO}_3} = 2\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\Delta n(\text{NaHCO}_3) = 168 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{84 \text{ g}} = 2 \text{ mol} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -2 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{\text{NaHCO}_3} = -\frac{\Delta n(\text{NaHCO}_3)}{\Delta t} \Rightarrow 0.4 \text{ mol.s}^{-1} = \frac{-(-2) \text{ mol}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 5 \text{ s}$$

۲ < ۲۲۳۵

پتاسیم کلرات در اثر گرما، مطابق واکنش زیر تجزیه می‌شود:



$$? \text{ mol KClO}_3 \text{ (تجزیه شده)} = 0.12 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol KClO}_3}{3 \text{ mol O}_2} = 0.08 \text{ mol KClO}_3 \text{ (تجزیه شده)}$$

$$\bar{R}_{\text{KClO}_3} = -\frac{\Delta n(\text{KClO}_3)}{\Delta t} = \frac{-(-0.08) \text{ mol}}{\frac{50}{60} \text{ min}} = 0.096 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$\text{KClO}_3 \text{ مقدار باقی مانده} + \text{مقدار تجزیه شده} = \text{مقدار اولیه} = 0.08 + 0.4 = 0.48 \text{ mol}$$

۴ < ۲۲۳۶

می‌توان جرم MnO_2 در ابتدا و انتهای بازه‌ی زمانی مورد نظر را ابتدا به مول تبدیل کرد و سپس Δn را به دست 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:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 7.71 \text{ g} - 4.23 \text{ g} = 3.48 \text{ g MnO}_2$$

$$\Delta n = 3.48 \text{ g MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol}}{87 \text{ g}} = 0.04 \text{ mol MnO}_2$$

$$\bar{R}_{\text{MnO}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.04 \text{ mol}}{\left(\frac{35-10}{60}\right) \text{ min}} = 0.096 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{\text{MnO}_2}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{SO}_2}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{\text{SO}_2} = \frac{3}{2} \bar{R}_{\text{MnO}_2} = \frac{3}{2} \times 0.096 = 0.144 \times 10^{-1} \text{ mol.min}^{-1}$$

۳ < ۲۲۳۷

معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی آمونیوم دی‌کرومات به صورت زیر است:



منظور از فراورده‌ی جامد، Cr_2O_3 است.

$$\bar{R}_{\text{N}_2} = \bar{R}_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$$

$$\bar{R}_{\text{Cr}_2\text{O}_3} = \frac{\Delta n(\text{Cr}_2\text{O}_3)}{\Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1} = \frac{\Delta n(\text{Cr}_2\text{O}_3)}{(1 \times 60) \text{ s}} \Rightarrow \Delta n(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 1.2 \text{ mol Cr}_2\text{O}_3$$

$$\text{جرم کروم (III) اکسید تولیدی} = 1.2 \text{ mol} \times \frac{152 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 182.4 \text{ g Cr}_2\text{O}_3$$

۳ < ۲۲۳۸

بخار متانول در اثر گرما مطابق واکنش زیر تجزیه می‌شود:



بیشرفت واکنش ۴۰ درصد می‌باشد، یعنی ۴۰ درصد از واکنش‌دهنده‌ها تجزیه و به فراورده‌ها تبدیل شده‌اند.

$$\Delta n = \frac{40}{100} \times 4/18 \text{g} \times \frac{1 \text{mol}}{32 \text{g}} = 0.06 \text{mol} \xrightarrow{\text{مصرف می شود}} \Delta n = -0.06 \text{mol}$$

$$\bar{R}_{\text{CH}_3\text{OH}} = -\frac{\Delta n(\text{CH}_3\text{OH})}{\Delta t} = \frac{-(-0.06) \text{mol}}{20 \text{s} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}}} = 0.18 \text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{40}{100} \times 4/18 \text{g CH}_3\text{OH}}{1 \times 32} = \frac{x \text{ L gas}}{(1+2) \times 22/4} \Rightarrow x = 4 \text{ L gas}$$

۲۲۳۹ بررسی چهار گزینه:

- (۱) با گذشت زمان، غلظت A برخلاف غلظت B، کاهش می‌یابد. یعنی روند تغییر غلظت A، خلاف روند تغییر غلظت B است.
- (۲) با گذشت زمان، غلظت A، کاهش و غلظت B و C، افزایش می‌یابد، بنابراین A، واکنش‌دهنده و ماده‌های B و C، فراورده‌های واکنش هستند. به عبارت ساده‌تر از تجزیه‌ی A، مواد B و C تشکیل می‌شوند.
- (۳) در هر بازه‌ی زمانی، تغییرات غلظت C، نصف تغییرات غلظت B است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرعت متوسط تولید C، نصف سرعت متوسط تولید B است.
- (۴) با توجه به این‌که در هر بازه‌ی زمانی، اندازه‌ی تغییرات غلظت مواد A و B با هم برابر و دو برابر تغییرات غلظت ماده‌ی C است، می‌توان نتیجه گرفت که ضریب مولی واکنش‌دهنده‌ی A و فراورده‌ی B، دو برابر ضریب مولی فراورده‌ی C است و واکنش $2A \rightarrow 2B + C$ را می‌توان به آن نسبت داد.

ابتدا سرعت تشکیل آب را به مول بر ثانیه تبدیل می‌کنیم:

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = 16/2 \frac{\text{g}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{mol}}{18 \text{g}} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 0.15 \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

اکنون از روی سرعت به‌دست آمده و ضرایب مولی، سرعت تشکیل AlCl_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\bar{R}_{\text{AlCl}_3}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{\text{AlCl}_3} = \frac{2}{3} \bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2}{3} \times 0.15 = 0.1 \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

نمودار نمی‌تواند مربوط به واکنش تشکیل NO_2 باشد، زیرا واکنش‌دهنده‌های واکنش تشکیل NO_2 ، عناصر N_2 و O_2 هستند. در صورتی‌که به‌جای عنصر N_2 ، ترکیب NO در نمودار دیده می‌شود. به این ترتیب، گزینه‌های (۱) و (۲) حذف می‌شوند.

البته ما به حذف گزینه اکتفا نکرده و معادله‌ی واکنش را به‌دست می‌آوریم. غلظت گاز NO_2 ، رو به افزایش و غلظت گازهای O_2 و NO در حال کاهش است، بنابراین NO_2 ، فراورده و گازهای O_2 و NO ، واکنش‌دهنده‌های واکنش موردنظر هستند. با توجه به این‌که در هر بازه‌ی زمانی دلخواه، اندازه‌ی تغییرات $[\text{NO}_2]$ و $[\text{NO}]$ یکسان و دو برابر اندازه‌ی تغییر $[\text{O}_2]$ است، می‌توان واکنش $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ را به نمودار داده‌شده نسبت داد. این واکنش، اکسایش گاز NO را نشان می‌دهد.

برای محاسبه‌ی نسبت سرعت موردنظر، کافی است اندازه‌ی تغییرات $[\text{O}_2]$ را در دو بازه‌ی زمانی بر هم تقسیم کنیم، زیرا بازه‌های زمانی با هم برابر است.

$$\frac{\bar{R}_{\text{O}_2(0-7)}}{\bar{R}_{\text{O}_2(7-14)}} = \frac{\Delta[\text{O}_2]_{(0-7)}}{\Delta[\text{O}_2]_{(7-14)}} = \frac{(0.085 - 0.1)}{(0.08 - 0.085)} = \frac{0.015}{0.005} = 3$$

ابتدا جرم اولیه‌ی اتیل برمید را به مول تبدیل می‌کنیم:

$$n_1(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) = 7/63 \text{g} \times \frac{1 \text{mol}}{109 \text{g}} = 0.07 \text{mol C}_2\text{H}_5\text{Br}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1 = 0.01 - 0.07 = -0.06 \text{mol C}_2\text{H}_5\text{Br}$$

$$\bar{R}_{\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}} = \frac{-\Delta[\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}]}{\Delta t} = \frac{-(-0.06 \text{mol})}{(2 \times 60) \text{s}} = 2/5 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{HBr}} = \bar{R}_{\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}} = 2/5 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

برای محاسبه‌ی تعداد مول تولیدشده‌ی گاز اتن نیز می‌توان نوشت:

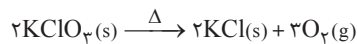
$$\text{C}_2\text{H}_4 = \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \Rightarrow \Delta n(\text{C}_2\text{H}_4) = |\Delta n(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br})| = 0.06 \text{mol C}_2\text{H}_4$$

$$\frac{\bar{R}_A}{1} = \frac{\bar{R}_B}{2} \Rightarrow \bar{R}_A = \frac{1}{2} \bar{R}_B = \frac{1}{2} \times 0.025 = 0.0125 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \Rightarrow 0.0125 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{-\Delta[A]}{(2 \times 60) \text{s}} \Rightarrow \Delta[A] = -1/5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta[A] = [A]_2 - [A]_1 \Rightarrow -1/5 = [A]_2 - 4/5 \Rightarrow [A]_2 = 3/5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: ۳ < ۲۲۴۴



$$\frac{\text{مول پتاسیم کلرات}}{\text{ضریب مولی}} = \frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب مولی}} \Rightarrow \frac{x \text{ mol KClO}_3}{2} = \frac{0.6 \text{ mol O}_2}{3} \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol KClO}_3 \text{ (تجزیه شده)}$$

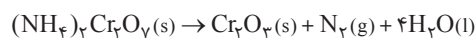
KClO_3 (اولیه) $= 0.4 + 0.7 = 1.1 \text{ mol KClO}_3$ = مول باقی مانده + مول تجزیه شده = مول اولیه‌ی KClO_3

منظور از سرعت تشکیل ترکیب یونی، سرعت تولید KCl است.

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta t} \Rightarrow \bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{0.6 \text{ mol}}{10 \text{ min}} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{\text{KCl}}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{O}_2}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{\text{KCl}} = \frac{2}{3} \bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{2}{3} \times 0.06 = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: ۲ < ۲۲۴۵



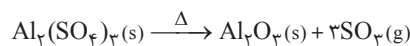
$$\bar{R}_{\text{N}_2} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{(2 \times 60) \text{ s}} \Rightarrow \Delta[\text{N}_2] = 0.024 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta[\text{N}_2] = \frac{\Delta n(\text{N}_2)}{V(\text{حجم ظرف})} \Rightarrow 0.024 = \frac{\Delta n}{5} \Rightarrow \Delta n = 0.12 \text{ mol N}_2$$

$$\text{حجم } \text{N}_2 \text{ آزاد شده} = 0.12 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 2.688 \text{ L N}_2$$

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.12 \text{ mol N}_2}{1} = \frac{x \text{ g H}_2\text{O}}{4 \times 18} \Rightarrow x = 1.04 \text{ g H}_2\text{O}$$

معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی آلومینیم سولفات به صورت زیر است: ۱ < ۲۲۴۶

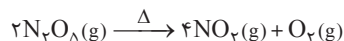


$$\Delta n(\text{SO}_2) = 720 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{80 \text{ g}} = 9 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{\text{SO}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{9 \text{ mol}}{(5 \times 60) \text{ s}} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1}{3} \bar{R}_{\text{SO}_2} = \frac{1}{3} \times 0.03 = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: ۲ < ۲۲۴۷



$$\frac{\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{NO}_2}}{4} \Rightarrow \bar{R}_{\text{NO}_2} = 2\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = 2 \times 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{NO}_2} = \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{(1 \times 60) \text{ s}} \Rightarrow \Delta[\text{NO}_2] = 12 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta[\text{NO}_2] = \frac{\Delta n(\text{NO}_2)}{V(\text{حجم ظرف})} \Rightarrow 12 \times 10^{-3} = \frac{\Delta n}{5} \Rightarrow \Delta n = 0.06 \text{ mol NO}_2$$

بنابراین پس از یک دقیقه، 0.06 mol NO_2 گاز تولید می‌شود و چون مقدار آن در ابتدا برابر صفر بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که پس از این مدت، 0.06 mol NO_2 در ظرف واکنش وجود خواهد داشت.

متناسب نمودار داده شده در دقیقه‌های ۱۰ و ۳۰، مقدار گاز N_2O_5 به ترتیب در حدود ۱/۵ و ۶/۵ مول است. از روی همین داده‌ها ابتدا سرعت ۳ < ۲۲۴۸

$$\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{(6/5 - 1/5) \text{ mol}}{(30 - 10) \text{ min}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{\text{NO}_2}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5}}{1} \Rightarrow \bar{R}_{\text{NO}_2} = 2\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\left. \begin{aligned} t = 0 \text{ s}: [\text{NO}_2] &= 4/1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ t = 50 \text{ s}: [\text{NO}] &= 3/1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow [\text{NO}_2] - [\text{NO}] = 1 \times 10^{-2} \text{ یا } 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۲) تفاوت غلظت گازهای NO و O_2 در ظرف واکنش تا ثانیه‌ی ۵۰ برابر $1/7 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (۳/۱ - ۱/۶) است.

(۳) از آنجا که ضرایب مولی گازهای NO_2 و NO با هم برابر است، سرعت متوسط مصرف گاز NO_2 در هر بازه‌ی زمانی برابر با سرعت متوسط تولید گاز NO در همان مدت است.

(۴) از آنجا که ضریب مولی گاز O_2 ، نصف ضریب مولی گاز NO است، سرعت متوسط تولید گاز O_2 در هر بازه‌ی زمانی، نصف (۵/۵) سرعت متوسط تولید گاز NO در همان مدت است.