



گزینه ۳

۱

مطابق داده‌های جدول، با گذشت زمان غلظت A کاهش و غلظت E و D افزایش یافته است؛ بنابراین A، واکنش‌دهنده و E و D فرآورده‌های حاصل از واکنش هستند. از آنجاکه اندازه تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده در واکنش با ضرایب استوکیومتری متناسب است، می‌توانیم با محاسبه تغییر غلظت ماده A، E و D در یک بازه زمانی معین (مثلاً ثانیه ۰ تا ۱۰۰)، ضرایب استوکیومتری هریک از این مواد را به دست آوریم:

$$\Delta[A] = 0.0169 - 0.02 = -\frac{0.0031}{\Delta[B]} = \frac{0.0063}{\Delta[D]} = 0.0016$$

$$A \rightarrow E + D$$

اندازه تغییر غلظت در فاصله زمانی ۰ تا ۱۰۰ : $\frac{0.0031}{0.0063} = \frac{0.0016}{0.0016}$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، تغییر غلظت E، تقریباً ۲ برابر A و تغییر غلظت D تقریباً $\frac{1}{2}$ برابر A است؛ بنابراین:

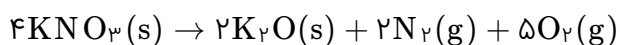
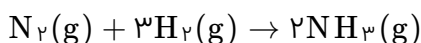
$$A \rightarrow 2E + \frac{1}{2}D \Rightarrow 2A \rightarrow 4E + D$$

$$\Rightarrow \frac{\text{مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها}}{\text{ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده}} = \frac{5}{2} = 2.5$$

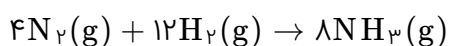
گزینه ۲

۲

معادله موازنه‌شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



باتوجه به اینکه سرعت تولید گاز آمونیاک دو برابر سرعت تجزیه KNO_3 است، پس باید ضریب NH_3 دو برابر ضریب KNO_3 شود که بر این اساس خواهیم داشت:

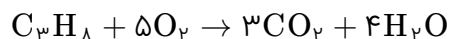


میان R_{O_2} و R_{NH_3} رابطه زیر به وجود می‌آید:

$$\frac{R_{NH_3}}{8} = \frac{R_{O_2}}{5} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}}{8} = \frac{R_{O_2}}{5} \Rightarrow R_{O_2} = 0.0125 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\Rightarrow R_{O_2} = 0.0125 \text{ mol.s}^{-1} \times \frac{25 \text{ L}}{1 \text{ mol}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 18.75 \text{ L.min}^{-1}$$

ابتدا معادله واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم:

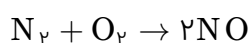


$$\Rightarrow \frac{\overline{R}_{O_2}}{5} = \frac{\overline{R}_{H_2O}}{4} \Rightarrow \frac{0/15}{5} = \frac{\overline{R}_{H_2O}}{4}$$

$$\Rightarrow \overline{R}_{H_2O} = 0/12 \text{ mol.s}^{-1} \xrightarrow{\Delta t = 60 \text{ ثانیه}} \Delta n_{H_2O} = 0/12 \times 60 = 7/2 \text{ mol}$$

$$H_2O \text{ جرم تولیدی} = 7/2 \times 18 \text{ g.mol}^{-1} = 129/6 \text{ g}$$

نمودار متعلق به فرآورده است چون صعودی است.

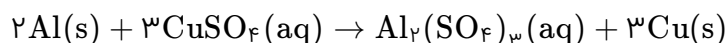


واکنش در ثانیه ۵۰ تمام شده است. به همین دلیل $\Delta t = 50 \text{ s}$

$$R_{NO} = \frac{0/06 \text{ mol}}{50 \text{ s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{0/6 \times 6}{50} \text{ mol.min}^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{R_{NO}}{2} = \frac{3/6}{50 \times 2} = 0/036 \text{ mol.min}^{-1}$$

معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



باتوجه به معادله واکنش، تغییر جرم تیغه به دلیل جدا شدن اتم‌های Al به شکل Al^{3+} و وارد شدن به محلول و رسوب کردن یون‌های Cu^{2+} به شکل اتم‌های Cu بر سطح تیغه است؛ پس تغییر جرم برابر است با:

$$(-2 \times 27) + (3 \times 64) = 138 \text{ g}$$

پس می‌توان نتیجه گرفت که ۱۳۸g تغییر جرم تیغه ناشی از شرکت کردن ۳ مول مس (II) سولفات در واکنش است؛ بنابراین مقدار ۳ مول مس (II) سولفات شرکت کرده در این واکنش برابر است با:

$$? \text{ mol } CuSO_4 = \frac{138 \text{ g}}{138 \text{ g}} \times \text{تغییر جرم} = 0/18$$

$$R_{CuSO_4} = \frac{0/18 \text{ mol}}{0/200 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0/18$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{R_{CuSO_4}}{3} = \frac{0/18}{3} = 0/06$$

الف) نادرست است؛ زیرا ماده منفجر شونده ماده‌ای جامد یا مایع است که مقدار کمی از آن به سرعت می‌تواند حجم زیادی گاز داغ تولید کند. (توجه داشته باشید که بر اساس قانون پایستگی جرم امکان ندارد که از مقدار کمی ماده واکنش‌دهنده مقدار زیادی فرآورده تولید شود!)

ب) نادرست است. بنزوئیک اسید یک افزودنی خوراکی است و نه یک بازدارنده.

پ) نادرست است. زرد و پوسیده شدن کتاب‌های قدیمی نشانه‌ای از واکنش بسیار کند اکسایش سلولز است.

ت) نادرست است. محلول بنفش‌رنگ پتاسیم پرمنگنات در حضور محلول اسیدهای آلی (نه اسیدهای معدنی مانند HNO_3) در دمای اتاق به کندی بی‌رنگ می‌شود.

معادله واکنش به صورت زیر است:

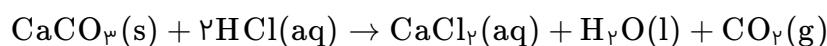


$$? \text{ mol KClO}_3 = 15 \text{ L O}_2 \times \frac{0.8 \text{ g O}_2}{1 \text{ L O}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{2 \text{ mol KClO}_3}{3 \text{ mol O}_2} = 0.75 \text{ mol} \quad \text{مصرفی}$$

با توجه به نمودار، مقدار اولیه KClO_3 برابر ۱ مول است. با مصرف ۰.۷۵ مول از آن، مقدار KClO_3 به ۰.۲۵ مول می‌رسد. طبق نمودار، پس از ۱۰ ثانیه این اتفاق رخ می‌دهد.

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌ها شامل: ماهیت واکنش‌دهنده، سطح تماس، دما، غلظت و کاتالیزگر.

معادله موازنه‌شده واکنش به صورت زیر است:



$$? \text{ s} = 6/72 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ min}}{0.2 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 90 \text{ s}$$

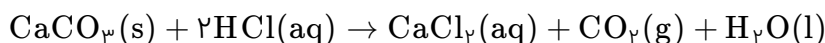
$$\begin{aligned} ? \text{ g CaCO}_3 \text{ ناخالص} &= 6/72 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22/4 \text{ L CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \\ &\times \frac{100 \text{ g CaCO}_3 \text{ ناخالص}}{80 \text{ g CaCO}_3} = 37/5 \text{ CaCO}_3 \text{ ناخالص} \end{aligned}$$

الف) درست است.

ب) درست است.

پ) نادرست است. منحنی D نشان‌دهنده تولید مقدار بیشتری فرآورده است و ارتباطی با عوامل مؤثر بر سرعت واکنش ندارد. از سویی برای تولید مقدار بیشتری از فرآورده‌ها باید مقداری کلسیم کربنات به مخلوط واکنش افزود؛ زیرا در سؤال گفته شده است که مقدار HCl(aq) کافی بوده است و افزودن مقدار بیشتری از آن تأثیری در مقدار فرآورده ندارد.

ت) درست است. معادله موازنه‌شده واکنش به صورت زیر است:



باتوجه به اینکه ضریب هر سه فرآورده یکسان است، پس منحنی A را می‌توان به هریک از آن‌ها نسبت داد.

$$t = 30 \left\{ \begin{array}{l} \text{جرم } \text{CO}_2 = 65/98 - 64/66 = 1/32 \text{ g} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 1/32 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{array} \right.$$

$$t = 40 \left\{ \begin{array}{l} \text{جرم } \text{CO}_2 = 65/98 - 64/55 = 1/43 \text{ g} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 1/43 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} = 3/25 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{array} \right.$$

$$t = 50 \left\{ \begin{array}{l} \text{جرم } \text{CO}_2 = 65/98 - 64/5 = 1/48 \text{ g} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 1/48 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{44 \text{ g}} = 3/36 \times 10^{-2} \text{ mol} \end{array} \right.$$

$$t = 30 \text{ تا } t = 40 \left\{ \begin{array}{l} \Delta n(\text{CO}_2) = 3 \times 10^{-2} - 3/25 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-3} \Rightarrow a = 5 \times 10^{-3} \end{array} \right.$$

$$t = 50 \text{ تا } t = 40 \left\{ \begin{array}{l} \Delta n(\text{CO}_2) = 3/36 \times 10^{-2} - 3/25 \times 10^{-2} = 1/1 \times 10^{-3} \Rightarrow c = 1/1 \times 10^{-3} \end{array} \right.$$

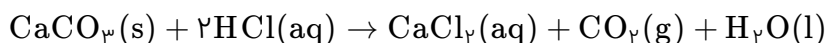
$$\frac{c}{a} = \frac{1/1 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} = 0/22$$

$$t = 40 \text{ تا } t = 30 \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t} = \frac{3/25 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}}{40 - 30} = \frac{2/5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1} \end{array} \right.$$

$$t_1 \left\{ \begin{array}{l} 22 \times 0/02 = 0/44 \text{ mol A} \\ 0 \text{ mol B} \end{array} \right. , \quad t_2 \left\{ \begin{array}{l} 14 \times 0/02 = 0/28 \text{ mol A} \\ 8 \times 0/02 = 0/16 \text{ mol B} \end{array} \right. , \quad t_3 \left\{ \begin{array}{l} 9 \times 0/02 = 0/18 \text{ mol A} \\ 13 \times 0/02 = 0/26 \text{ mol B} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_{t_1-t_2} = \frac{0/16 \text{ mol}}{10 \text{ min}} = 0/016 \text{ mol.min}^{-1} \\ \bar{R}_{t_1-t_3} = \frac{0/26 \text{ mol}}{20 \text{ min}} = 0/013 \text{ mol.min}^{-1} \end{array} \right. \xrightarrow{\frac{\bar{R}_{t_1-t_2}}{\bar{R}_{t_1-t_3}}} \frac{0/016}{0/013} \simeq 1/23$$

ابتدا معادله واکنش انجام شده را می‌نویسیم:



به نکات زیر در رابطه با حل مسئله توجه کنید:

* کاهش مقدار جرم ظرف ناشی از تولید گاز کربن دی‌اکسید است.

* مطابق معادله واکنش، تغییرات مول CaCO_3 و CO_2 در هر بازه زمانی مشابه، با هم برابر است (چون ضرایب استوکیومتری این دو ماده یکسان است).

* سرعت متوسط واکنش با سرعت مصرف CaCO_3 و سرعت تولید CO_2 برابر است (چون ضریب استوکیومتری هر دو ماده برابر یک است).

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_{\text{CaCO}_3}}{1} = \frac{\bar{R}_{\text{CO}_2}}{1}$$

اکنون به حل مسئله می‌پردازیم:

$$\Delta n \text{CO}_2 (40 - 60 \text{ s}) = 11 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 0.25 \text{ mol CO}_2$$

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} (40 - 60 \text{ s}) = \frac{\Delta n \text{CO}_2}{\Delta t} = \frac{0.25 \text{ mol}}{20 \text{ s}} = 0.0125 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$|\Delta n \text{CaCO}_3| = |\Delta n \text{CO}_2| = 0.25 \text{ mol}$$

نتیجه: سرعت واکنش در ۲۰ ثانیه سوم برابر $0.0125 \text{ mol.s}^{-1}$ است که تا پایان واکنش (طبق فرض سؤال) ثابت باقی می‌ماند.

ضمناً در ۲۰ ثانیه سوم، 0.25 مول کلسیم کربنات تجزیه می‌شود. از طرف دیگر سرعت واکنش در ۲۰ ثانیه سوم، نصف سرعت آن در ۴۰ ثانیه اول است. بنابراین:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} (0 - 40 \text{ s}) = 2\bar{R} (40 - 60 \text{ s}) \Rightarrow \bar{R}_{\text{CaCO}_3} (0 - 40 \text{ s}) = 2R_{\text{CaCO}_3} (40 - 60 \text{ s})$$

$$R_{\text{CaCO}_3} (0 - 40 \text{ s}) = 2 \times 0.0125 = 0.025 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$R_{\text{CaCO}_3} (0 - 40 \text{ s}) = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.025 = \frac{\Delta n}{40}$$

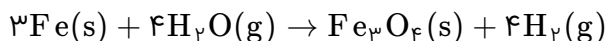
$$\Rightarrow \Delta n \text{CaCO}_3 (0 - 40 \text{ s}) = 1 \text{ mol}$$

$$60 \text{ ثانیه از } \text{CaCO}_3 \text{ در ثانیه } 60 = \underbrace{(250 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol}}{100 \text{ g}})}_{\text{مول اولیه}} - 1 - 0.25 = 1.25 \text{ mol CaCO}_3$$

درنهایت با استفاده از سرعت متوسط واکنش و تغییرات مول کلسیم کربنات تا پایان واکنش (1.25 mol)، زمان باقی‌مانده تا اتمام واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{CaCO}_3} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.0125 = \frac{1.25}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 100 \text{ s}$$

معادله موازنه شده به صورت زیر است:



بررسی گزینه ها:

$$\text{گزینه ۱: } \frac{\bar{R}_{\text{Fe}}}{3} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2}}{4} \Rightarrow \bar{R}_{\text{Fe}} = 3 \times 10^{-2} \times \frac{4}{3} = 0.04 \text{ mol.s}^{-1}$$

در هر ثانیه ۰/۰۴ مول Fe مصرف می شود نه ۰/۱۵ مول.

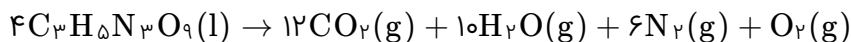
$$\text{گزینه ۲: } \frac{\bar{R}_{\text{Fe}_3\text{O}_4}}{1} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2}}{4} \Rightarrow \bar{R}_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = \frac{3 \times 10^{-2}}{4} = 0.0075 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$? \text{ mol Fe}_3\text{O}_4 = 1 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{0.0075 \text{ mol}}{1 \text{ s}} = 0.45 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4$$

$$\text{گزینه ۳: } \frac{\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}}}{4} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2}}{4} \Rightarrow \bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \times 10^{-2} \text{ mol.s}^{-1}$$

گزینه ۴: سرعت واکنش با سرعت متوسط تولید Fe_3O_4 که ضریب استوکیومتری ۱ دارد برابر است.

معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



الف) درست است.

ب) درست است. ماده منفجر شونده ماده ای جامد یا مایع است که مقدار کمی از آن به سرعت حجم زیادی گاز داغ تولید می کند؛ پس این واکنش گرماده است.

پ) درست است؛ زیرا ضریب $\text{CO}_2\text{(g)}$ دو برابر ضریب $\text{N}_2\text{(g)}$ است.

ت) درست است؛ زیرا سرعت متوسط واکنش با سرعت تولید یا مصرف ماده ای که ضریب استوکیومتری آن در معادله واکنش برابر با ۱ است، برابر است.