

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر با افزایش دما، درصد فراورده‌ها افزایش یابد، یعنی واکنش گرماگیر است که در جهت مصرف گرما جابه‌جا شده است. (رد گزینه‌ی ۱ و ۴).

اگر با افزایش یک گاز بی‌اثر (درواقع معادل افزایش فشار سامانه)، درصد فراورده‌ها افزایش یابد، یعنی مقدار مول گازی در سمت فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها وجود دارد.

گزینه‌ی ۲ کاهش حجم سامانه (معادل افزایش فشار)، باعث جابه‌جایی واکنش در جهت رفت می‌شود. (درست)

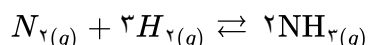
گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا غلظت یون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} \text{CaSO}_4 \text{ تعداد مول} &= \frac{0.272}{136} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ \text{جرم مولی CaSO}_4 & \\ m = 100 \text{ g}, d = \frac{m}{V} = 1 &\Rightarrow V = 0.1 \text{ L} \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow \text{CaSO}_4 \text{ غلظت هریک از یون‌های از حاصل} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-1}} = 2 \times 10^{-2}$$

در ادامه K را حساب می‌کنیم:

$$K = [\text{Ca}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] = (2 \times 10^{-2})^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$$



گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

افزایش فشار یا به عبارتی کاهش حجم ظرف واکنش را در جهت تولید مول گازی کمتر یعنی تولید آمونیاک پیش می‌برد.

$$1/2 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} = 0.1 \text{ mol NH}_3 \Rightarrow [\text{NH}_3] = \frac{0.1}{5} = 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\underbrace{\frac{5/3}{2} - 0.1 \times \frac{3}{2}}_{\text{جرم مولی H}_2} = \frac{5}{2} \text{ mol H}_2$$

$$\Rightarrow [H_2] = \frac{5}{2} = \frac{1}{2} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow [N_2] = 0.1 \times \frac{1}{2} = 0.05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} \Rightarrow K = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(5 \times 10^{-1})^3 (4 \times 10^{-1})} = 0.008$$

$$K = \frac{[AB]}{[A] \cdot [B]} = \frac{\left(\frac{0.5}{10}\right)}{\left(\frac{0.5}{10}\right)\left(\frac{0.5}{10}\right)} = 20$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ۴



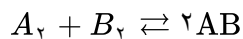
چون دما ثابت است، K نیز ثابت است:

$$0.5 - x \quad 0.5 - x \quad 0.5 + x$$

چون حجم کاهش یافت \rightleftharpoons غلظت تعادلی جدید:

$$20 = \frac{(0.5 + x)}{(0.5 - x)(0.5 - x)} \Rightarrow \begin{cases} x = 0.3 \text{ ق ق} \\ x = 0.75 \text{ غ غ} \end{cases} \Rightarrow [AB]_{\text{جدید}} = 0.5 + 0.3 = 0.8 \text{ mol. L}^{-1}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. چون مول گازی در طرفین برابر است، حجم مهم نیست. ۵



$$\begin{array}{ccc} a & a & 2a \\ a & a & a \\ -x & -x & +2x \end{array} \rightarrow K = \frac{a^2}{a^2} = 1$$

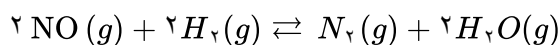
$$K = 1 \Rightarrow \frac{(a + 2x)^2}{(a - x)^2} = 1 \Rightarrow \frac{a + 2x}{a - x} = 1 \Rightarrow a + 2x = a - x \Rightarrow a = 3x$$

$$\frac{[A_2]}{[AB]} = \frac{a - x}{a + 2x} = \frac{3x - x}{3x + 2x} = \frac{2x}{5x} = 0.4$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر 0.2 مول H_2 به ظرف ۲ لیتری افزوده شود، غلظت آن 0.1 مول بر لیتر بیش‌تر می‌شود. مطابق داده‌های سؤال داریم: ۶

$$0.1 + [H_2] = 2[H_2] \Rightarrow [H_2] = 0.1 \text{ mol. L}^{-1}$$

با توجه به متن سؤال، غلظت گازهای NO ، N_2 و H_2O نیز برابر 0.1 mol. L^{-1} است.



$$H_2 \text{ کردن } 0.1 \quad 0.2 \quad 0.1 \quad 0.1$$

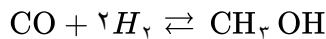
$$\text{تعادل: } 0.1 - 2x \quad 0.2 - 2x \quad 0.1 + x \quad 0.1 + 2x$$

با توجه به داده‌های سؤال می‌توان نوشت:

$$0.1 + x = 0.12 \Rightarrow x = 0.02$$

$$K = \frac{[H_2O]^2 [N_2]}{[NO]^2 [H_2]^2} = \frac{(0.1 + 2x)^2 (0.12)}{(0.1 - 2x)^2 (0.2 - 2x)^2} = \frac{(0.14)^2 (0.12)}{(0.06)^2 (0.16)^2} \approx 25/5$$

$$\text{در تعادل} = 96 \text{ gr CH}_3\text{OH} = 3 \text{ mol} = 0.6 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 0 \\ -x & -2x & x \end{array} \Rightarrow x = 0.6 \rightarrow K = \frac{0.6}{(0.4)^2 \times 0.4} = 9.375 \left(\frac{\text{lit}}{\text{mol}} \right)^2$$

$$R_{H_2} = \frac{2 \times 0.6}{5 \times 30 \times 60} = 6.67 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{lit. s}}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. طبق اصل لوشاتلیه، بر اثر افزایش غلظت SO_2 ، تعادل در جهت مصرف آن یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. به دلیل این‌که ثابت تعادل (K) فقط تابع دما است، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: غلظت مولی یک ماده از تقسیم تعداد مول آن به حجم ظرف به‌دست می‌آید. حجم ظرف ۱۰ لیتر است، پس می‌توانیم غلظت هریک از گازهای SO_2 و SO_3 را در تعادل جدید و تعادل اولیه به‌دست آوریم.

$$\text{تعادل اولیه: } [\text{SO}_2]_1 = \frac{0.68 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.068 \text{ mol. L}^{-1}, [\text{SO}_3]_1 = \frac{0.32 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.032 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\Rightarrow \frac{[\text{SO}_2]_1}{[\text{SO}_3]_1} = \frac{0.068}{0.032} = 2.125$$

$$\text{تعادل جدید: } [\text{SO}_2]_2 = \frac{1.46 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.146 \text{ mol. L}^{-1}, [\text{SO}_3]_2 = \frac{0.54 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.054 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\Rightarrow \frac{[\text{SO}_2]_2}{[\text{SO}_3]_2} = \frac{0.146}{0.054} = 2.70$$

ملاحظه می‌کنید که نسبت غلظت مولی SO_2 به SO_3 در دو تعادل با یکدیگر برابر نیست.

$$[\text{O}_2]_2 = \frac{0.27 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.027 \text{ mol. L}^{-1} \quad \text{گزینه ۳:}$$

گزینه ۴: در نخستین لحظه‌ای که ۱ مول SO_2 را به تعادل اضافه می‌کنیم، تعداد مول این ماده از ۰.۶۸ به ۱.۶۸ مول می‌رسد، بعد از این تغییر، تعادل جابه‌جا می‌شود و سعی می‌کند که با این تغییر مقابله کند، اما همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید، تعداد مول SO_2 در تعادل جدید برابر ۱.۴۶ مول است یعنی تعادل تمام SO_2 اضافه شده را مصرف نکرده و مقداری از تغییر وارد شده از بین نرفته است.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. کاهش جرم مربوط به CO_2 تولید شده می‌باشد.

$$\text{mol CO}_2 = 11 \text{ gr CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ gr CO}_2} = 0.25 \text{ mol}$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{0.25 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$K = [\text{CO}_2] = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$$

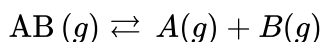
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا در ظرف، تعادل $MO_2(s) \rightleftharpoons M(s) + O_2(g)$ برقرار است. مقدار ثابت تعادل برابر

$$K_P = P_{O_2} = 0.25 \text{ است با:}$$

پس از باز کردن در ظرف، فشار O_2 به 0.2 اتمسفر می‌رسد که از فشار تعادلی اکسیژن کمتر است. پس تعادل به سمت تولید بیشتر O_2 و به عبارتی دیگر به سمت تجزیه MO_2 جابجا می‌شود. اما واکنش دیگر به تعادل نمی‌رسد. چون مقدار خارج قسمت واکنش، با مقدار K_P یکی نخواهد شد، لذا تعادل در جهت تجزیه کامل MO_2 جابجا می‌شود.

$$Q_P = P_{O_2} = 0.20 \text{ atm} \neq K_P$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



تعداد مول‌ها قبل از تعادل: $0.1 \quad 0 \quad 0$

تعداد مول‌ها بعد از تعادل: $0.1 - x \quad x \quad x$

$$\text{تعداد کل مول‌ها در تعادل} = (0.1 - x) + x + x = 0.1 + x = 0.18 \rightarrow x = 0.08$$

$$K = \frac{[A][B]}{[AB]} = \frac{\left(\frac{0.08}{1}\right) \times \left(\frac{0.08}{1}\right)}{\left(\frac{0.1 - 0.08}{1}\right)} = 0.32$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. O_2 مول اولیه NO = مول اولیه ذره $10 \times \frac{0.1 \text{ mol}}{1 \text{ ذره}} = 1 \text{ mol}$

تعداد مول‌های گازی دو طرف واکنش با هم برابر است، پس می‌توان از مول به جای غلظت در رابطه‌ی ثابت تعادل استفاده نمود.

	O_2	$NO \rightleftharpoons O_2$	NO_2
مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	-x	-x	+x
مول تعادلی	۱-x	۱-x	x

حالا از روی ثابت تعادل، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[NO_2][O_2]}{[O_2][NO]} \Rightarrow 16 = \frac{x \times x}{(1-x)(1-x)} \xrightarrow[\text{می‌گیریم}]{\text{از طرفین جذر}} 4 = \frac{x}{(1-x)}$$

$$4 - 4x = x \Rightarrow 4 = 5x \Rightarrow x = 0.8 \text{ mol}$$

پس ۸ ذره‌ی O_2 خواهیم داشت.

چون مقدار O_2 در لحظه‌ی تعادل برابر $0.2 = 1 - 0.8 = 1 - x$ است، در شکل ۲ ذره‌ی O_2 خواهیم داشت.

گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. تعداد مول‌های گازی دو طرف معادله برابر است، پس حجم ظرف در رابطه‌ی ثابت تعادل ساده می‌شود و می‌توان از مول به جای غلظت در رابطه‌ی ثابت تعادل استفاده نمود:

	CO	$H_2O \rightleftharpoons CO_2$	H_2
مول اولیه	۳	۲	۰
تغییر مول	-x	-x	+x
مول تعادلی	۳-x	۲-x	x

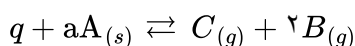
با توجه به این که ثابت تعادل برابر ۴ است، می‌توان نوشت:

$$K = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 4 = \frac{x \times x}{(3-x)(2-x)} \xrightarrow[\text{می‌گیریم}]{\text{از طرفین جذر}} 2 = \frac{x}{3-x} \Rightarrow x = 6 - 2x \Rightarrow 3x = 6 \Rightarrow x = 2$$

حالا می‌توانیم مجموع مول فراورده‌ها در ظرف را پس از تعادل محاسبه کنیم:

$$x + x = 2 + 2 = 4 \text{ mol}$$

گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.



فرم کلی معادله‌ی واکنش به صورت بالا است. چون واکنش گرماگیر است (q طرف مول گازی کمتر است) با افزایش دما واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده و جرم جامد باقی‌مانده کمتر می‌شود.

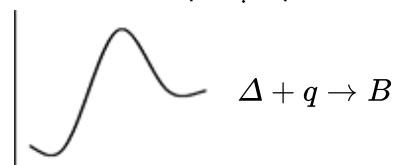
گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به تغییرات غلظت مواد، رابطه‌ی واکنش به صورت $2A \rightleftharpoons 3B + C$ می‌باشد و با

جاگذاری مقادیر تعادلی در رابطه‌ی ثابت تعادل، K به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{0.1 \times (0.3)^3}{(0.4)^2} = \frac{27 \times 10^{-4}}{16 \times 10^{-2}} = 0.017$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با افزایش دما میزان K بیشتر شده پس گرماگیر است و $\Delta H > 0$

مورد سوم و چهارم غلط است.



گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

آ درست (ب) درست

پ) نادرست. رودیم، پالادیم و پلاتین (ت) درست

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بررسی گزینه‌ها:

۱) در لحظه تعادل شیب نمودار هر دو ماده برابر صفر است.

۲) این دو نمودار یکدیگر را قطع می‌کنند.

۳) شیب این دو نمودار قرینه یکدیگر است.

۴) اگر دو نمودار یکدیگر را قطع کنند، غلظت از X از A بیشتر است.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به ازای تشکیل ۲ مول AB_2 $\Delta H = 100 - 150 = -50 \text{ kJ}$

پس به ازای تشکیل یک مول AB_2 ، 25 kJ گرما آزاد می‌شود.

$$25 \text{ kJ} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} \times \frac{1 \text{ cal}}{4.18 \text{ J}} = 5.95 \times 10^3 \text{ cal}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با استفاده از کاتالیزگر در یک واکنش شیمیایی، شیب نمودار «مول - زمان» هم برای واکنش‌دهنده‌ها و هم برای فراورده‌ها، بیشتر و مدت‌زمان انجام واکنش، کمتر می‌شود ولی مقدار نهایی فراورده‌ها ثابت می‌ماند.