

۱

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. به جز عبارت سوم، سایر عبارتها درست هستند.

بطری آب از پلیمری به نام پلی اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می شود، برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی ها در قالب های ویژه ای می ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.

۲

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با مقایسه ی غلظت های تعادلی A و B در دماهای 100°C و 300°C درجه ی سلسیوس می توان نتیجه گرفت که غلظت A به اندازه ی 0.04 و غلظت B به اندازه ی 0.06 مولار تغییر کرده است. بنابراین معادله ی واکنش می تواند به صورت $2A \rightleftharpoons 3B$ باشد.

$$300^\circ\text{C} : K = \frac{[B]^3}{[A]^2} = \frac{(0.18)^3}{(0.20)^2} = 0.1458$$

از طرفی چون غلظت A از دمای 300°C تا 500°C درجه ی سلسیوس به اندازه ی 0.10 مولار تغییر کرده، غلظت مولی B ، $1/5$ برابر این مقدار یعنی 0.15 مولار تغییر می کند و به 0.33 مولار می رسد.

$$500^\circ\text{C} : K = \frac{[B]^3}{[A]^2} = \frac{(0.33)^3}{(0.1)^2} = 3.59$$

۳

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



مول آغازی: ۴ ۴ ۰ ۰
مول تعادلی: $4-x$ $4-x$ x $3x$

مطابق داده های سؤال می توان نوشت:

$$x = \frac{50}{100} \times 4 \Rightarrow x = 2$$

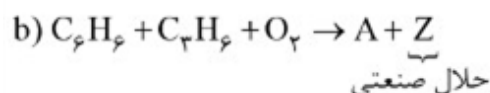
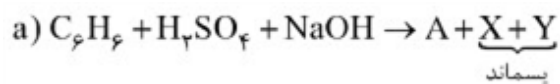
$$K = \frac{[\text{CO}] [\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4] [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{\left(\frac{2}{5}\right) \left(\frac{3(2)}{5}\right)^3}{\left(\frac{4-2}{5}\right) \left(\frac{4-2}{5}\right)} = \frac{5}{2} \times \frac{6}{5} \times \frac{6}{5} \times \frac{6}{5} = 4/32$$

۴

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به صفحه های ۱۰۶ و ۱۰۷ کتاب درسی مراجعه کنید.

۵

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. هر چهار عبارت پیشنهاد شده درست هستند. معادله های شیمیایی موازنه شده ی زیر تهیه ی ماده ی A را به دو روش نشان می دهد:



براساس اصول شیمی سبز، واکنش b از دیدگاه اتمی صرفه ی اقتصادی بیشتری دارد زیرا همه ی اتم های مواد واکنش دهنده به مواد ارزشمند تبدیل شده اند.

(آ) PET یک پلی‌استر بوده و در هر واحد تکرار شونده از آن، ۴ اتم اکسیژن و در نتیجه ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

(ب) واکنش پارازایلن با محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات حتی در دمای بالا، بازدهی مطلوبی ندارد.

(پ) با افزایش غلظت محلول پتاسیم پرمنگنات، ممکن است به جای این‌که اتیلن گلیکول تولید شود، اتن به ماده‌ی دیگری تبدیل شود.

(ت) متانول یک مایع بی‌رنگ و سمی بوده و واکنش تهیه‌ی آن از متان (مستقیم و غیرمستقیم) نیاز به کاتالیزگر دارد.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\begin{array}{c}
 \text{غلظت آغازی: } \frac{0.1}{2} \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot \\
 \text{غلظت تعادلی: } \frac{0.1-x}{2} \quad \quad \frac{x}{2} \quad \quad \frac{x}{2}
 \end{array}$$

$$K = \frac{[O_2][N_2]}{[N_2O_2]} \Rightarrow \frac{4}{10} = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)\left(\frac{x}{2}\right)}{\left(\frac{0.1-x}{2}\right)} \Rightarrow 5x^2 + 4x - 0.4 = 0$$

$$x = \frac{-4 \pm \sqrt{(4)^2 - 4(5)(-0.4)}}{2(5)} \Rightarrow x = \frac{-4 \pm 2\sqrt{6}}{10} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = -0.89 \text{ ق ق} \\ x_2 = 0.09 \text{ ق ق} \end{cases}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. تنها مورد «ت» غلط است.

بررسی موارد:

(آ) با افزایش حجم ظرف (کاهش فشار)، واکنش در جهتی جابه‌جا می‌شود که مول گازی بیشتری وجود دارد. اما به دلیل

افزایش حجم و با توجه به رابطه غلظت $\left(\frac{\text{مول}}{\text{حجم}}\right)$ ، غلظت تمام گونه‌های گازی کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است غلظت

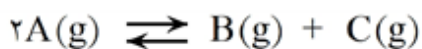
برای مواد جامد ثابت است.

(ب) با افزودن مقداری B ، واکنش در جهتی پیش می‌رود که تا حد امکان آن را مصرف کند، اما موفق به مصرف تمام B اضافه شده نمی‌شود. از این رو مقدار مول تمام مواد به غیر از A افزایش می‌یابد. (واکنش در جهت مصرف B پیش می‌رود و A و B مصرف می‌شود. با این وجود B نسبت به مقدار اولیه‌ی خود بیشتر می‌شود، تنها بخشی از مقداری که به B افزوده شده، مصرف می‌شود.)

(پ) با توجه به استدلال قسمت «ب»، این بخش نیز نتیجه‌گیری می‌شود.

(ت) با توجه به اینکه واکنش گرماده می‌باشد ($\Delta H < 0$)، در اثر افزایش دما واکنش در جهت مصرف گرما یعنی در جهت برگشت پیش می‌رود و بدین ترتیب در اثر مصرف فراورده‌ها و تولید واکنش‌دهنده‌ها، ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

ابتدا ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:



تبادل اولیه $[A] = 0.25$ $[B] = [C] = 0.2$

تبادل ثانویه $2/5 + 2 - 2x$ $2 + x$ $2 + x$

$$\Rightarrow K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{0.2 \times 0.2}{(0.25)^2} = 6/4 \times 10^{-1}$$

$$\Rightarrow 6/4 \times 10^{-1} = \frac{\frac{(2+x)}{25} \times \frac{(2+x)}{25}}{\left(\frac{4/5 - 2x}{25}\right)^2} \Rightarrow \frac{(x+2)^2}{(4/5 - 2x)^2} = 0.64$$

$$\Rightarrow \frac{x+2}{4/5 - 2x} = 0.8 \Rightarrow 3/6 - 1/6x = x + 2 \Rightarrow 2/6x = 1/6 \Rightarrow x = \frac{16}{26} = \frac{8}{13} \text{ mol} \approx 0.61$$

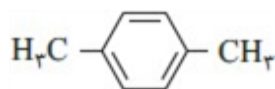
۲ مول A به تبادل اولیه افزوده شده است درحالی‌که مقدار ۲x مول از آن مصرف شده است.

$$2x = 1/2 \Rightarrow \frac{1/2}{2} \times 100 = 25\%$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. موارد اول، سوم و چهارم درست هستند.

(۱) مونومرهای سازندهی PET، ترفتالیک اسید ($C_8H_6O_4$) و اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) هستند.

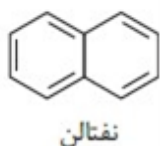
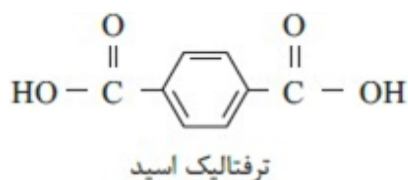
(۲) پارازایلن یک ترکیب آروماتیک با فرمول شیمیایی C_8H_{10} و ساختار زیر است. مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در آن برابر ۱۰- است.



$$C_8H_{10} \Rightarrow x + 10(+1) = 0 \Rightarrow x = -10$$

(۳) از واکنش اتیلن با محلول پتاسیم پرمنگنات رقیق می‌توان اتیلن گلیکول را تهیه کرد.

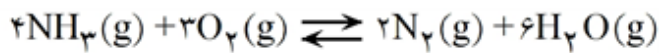
(۴) شمار پیوندهای دوگانه در هر دو مولکول برابر ۵ است.



گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

با توجه به افزایش مقدار ثابت تعادل با افزایش دما، می‌توان دریافت که واکنش گرماگیر است. درنتیجه سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بالاتر است.

با کاهش دما در سامانه‌ی گرماگیر تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. درنتیجه مطابق معادله واکنش شمار مول گازی در سامانه افزایش می‌یابد.



غلظت اولیه :	۰/۷	۰/۵	۰	۰
تغییر غلظت :	-۴X	-۳X	+۲X	+۶X
غلظت تعادلی :	۰/۷ - ۴X	۰/۵ - ۳X	$\frac{0 + 2X}{0.2}$	۰ + ۶X

$$2x = 0.2, x = 0.1$$

$$[\text{NH}_3] = 0.7 - 0.4 = 0.3, [\text{O}_2] = 0.5 - 0.3 = 0.2$$

$$[\text{N}_2] = 0.2, [\text{H}_2\text{O}] = 0.6$$

$$K = \frac{[\text{N}_2]^2 \times [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{O}_2]^3 \times [\text{NH}_3]^4} = \frac{(0.2)^2 \times (0.6)^6}{(0.2)^3 \times (0.3)^4} \frac{\text{mol}}{L} = 28/8 \frac{\text{mol}}{L}$$

حذف N_2 موجب کاهش غلظت N_2 در واکنش شده و در نتیجه واکنش در جهت تولید N_2 یعنی رفت جابه‌جا می‌شود.

ابتدا جدول تغییرات را تشکیل می‌دهیم:

ماده	A_2	B_2	AB
مقدار اولیه (mol)	۰/۲	۰/۳	۰
تغییرات مول	-X	-X	+۲X
مقدار تعادلی (mol)	۰/۲ - X	۰/۳ - X	۲X

با توجه به رابطه‌ی ثابت تعادل مقدار x را تعیین می‌کنیم:

$$K = \frac{[\text{AB}]^2}{[\text{A}_2][\text{B}_2]} \Rightarrow 2 = \frac{\left(\frac{2x}{10}\right)^2}{\left(\frac{0.2-x}{10}\right)\left(\frac{0.3-x}{10}\right)} \Rightarrow x^2 + 0.5x - 0.06 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 = 0.1 \text{ mol} \\ x_2 = 0.6 \text{ mol} \end{cases} \text{ غ ق ق غ}$$

در نتیجه غلظت تعادلی AB در مخلوط تعادلی برابر است با:

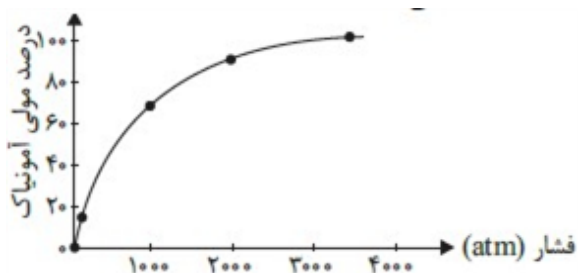
$$[\text{AB}] = \frac{2x}{10} = \frac{2 \times 0.1}{10} = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

تنها مورد دوم نادرست است. بررسی موارد:

(۱) واکنش تولید آمونیاک به روش هابر گرماده است. بنابراین با کاهش دما مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

(۲) شرایط بهینه تولید آمونیاک به روش هابر، دمای $450^{\circ}C$ و فشار 200 atm است.

(۳) با توجه به نمودار کتاب درسی است.



(۴) در شرایط بهینه تولید آمونیاک، ۲۸ درصد مولی مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل می‌دهد. در دما و فشار ثابت، حجم مولی گازها با هم برابر بوده و در نتیجه درصد مولی و درصد حجمی یک گاز در مخلوط گازی باهم برابر است.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. موارد اول، دوم و سوم درست هستند.

(۱) با کاهش حجم سامانه‌ی تعادلی، واکنش در جهت مول گازی کمتر یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. اما با توجه به اصل لوشاتلیه تنها بخشی از افزایش غلظت اولیه جبران شده و در نتیجه غلظت NO_2 در سامانه‌ی جدید نسبت به سامانه‌ی اولیه بیشتر خواهد بود. بنابراین شدت رنگ مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد.

(۲) با افزایش دما در واکنش‌های گرماگیر، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. در نتیجه غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است.

(۳) با خروج مقداری گاز کلر، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. اما تغییر ایجاد شده به طور کامل جبران نمی‌شود. بنابراین غلظت PCl_5 و Cl_2 در تعادل جدید کمتر از غلظت آنها در تعادل اولیه خواهد بود.

(۴) استفاده از کاتالیزگر تأثیری بر مقدار ثابت تعادل ندارد و تنها زمان برقراری تعادل را کوتاه‌تر می‌کند.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

(۱) در تعادل اول با خارج کردن مقداری فرآورده تعادل در جهت تولید مقدار بیشتر آن (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود.

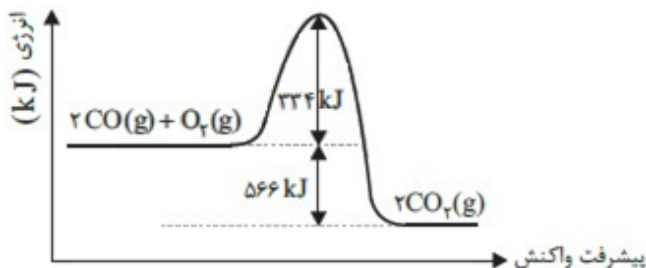
(۲) در تعادل دوم کاهش حجم (افزایش فشار) سبب جابه‌جایی تعادل در جهت تولید آمونیاک (تعداد مول کمتر گاز) می‌شود.

(۳) در تعادل سوم که واکنشی گرماگیر می‌باشد، با افزایش دما تعادل در جهت رفت و تولید فرآورده بیشتر جابه‌جا شده و مقدار عددی K افزایش می‌یابد.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. موارد اول و چهارم نادرست است. بررسی موارد نادرست:

(۱) بر روی قطعه سرامیکی مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، کاتالیزگرهایی از جنس رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) قرار داده می‌شود.

(۴) واکنش حذف گاز CO گرماده است بنابراین سطح انرژی مواد واکنش‌دهنده از مواد فراورده بالاتر است اما انرژی فعال‌سازی این واکنش بزرگ است، به طوری که در دماهای پایین واکنش $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g)$ انجام نمی‌شود یا بسیار کند است.



گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

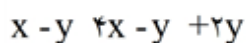
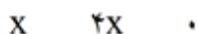
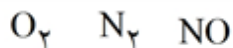
(۱) هرچه سطح انرژی مواد کمتر باشد پایداری آنها بیشتر است. در واکنش (II) سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها کمتر از فراورده‌ها بوده و پایداری بیشتری دارند.

(۲) با توجه به آنکه ΔH واکنش (I) منفی است. مقدار $E_a + \Delta H$ برای این واکنش قطعاً کمتر از ۴۰ kJ است. درحالی‌که ΔH واکنش (II) مثبت بوده و مقدار $E_a + \Delta H$ برای آن قطعاً از ۵۰ kJ بیشتر است.

(۳) سرعت واکنش‌های شیمیایی با E_a رابطه‌ی عکس دارد. بنابراین سرعت واکنش (I) در جهت رفت به دلیل برخورداری از E_a کمتر، بیشتر از سرعت واکنش (II) در جهت رفت است.

(۴) واکنش (II) گرماگیر اما واکنش $2\text{NO}(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$ گرماده است.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$4 \times [\text{NO}] = [\text{O}_2] = 4 \times 2y = x - y \Rightarrow 4y = x$$

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} \Rightarrow K = \frac{(2y)^2}{(x-y)(4x-y)} \Rightarrow K = \frac{4y^2}{4y \times 2y} = \frac{1}{2}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. عبارت‌های «آ» و «ت» نادرست هستند.

بررسی موارد:

(آ) با کاهش حجم ظرف (افزایش فشار) تعادل در جهت مول گازی کمتر (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. اما به دلیل کاهش حجم ظرف غلظت تمامی مواد (از جمله NO_2) افزایش یافته و در نتیجه شدت رنگ مخلوط تعادلی بیشتر می‌شود.

(ب) با افزودن مقداری N_2O_4 به سامانه تعادلی، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و غلظت NO_2 افزایش می‌یابد.

(پ) واکنش داده شده گرماگیر است. بنابراین با افزایش دما تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار عددی ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

(ت) با کاهش فشار سامانه تعادلی، تعادل در جهت مول گازی بیشتر (جهت رفت) جابه‌جا شده و در نتیجه گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 تولید می‌شود.

جدول تغییرات را تشکیل می‌دهیم. مقدار A و B را برابر a مول در نظر می‌گیریم:

ثابت تعادل برابر است با:

$$K = \frac{[C][D]^2}{[A][B]} \Rightarrow \frac{\left(\frac{0.7}{1} \times \frac{1.4a}{1}\right)^2}{\left(\frac{0.3a}{1}\right) \times \left(\frac{0.3a}{1}\right)} = 3/43$$

$$a = 0.225 \text{ mol}$$

ماده	A	B	C	D
مول اولیه	a	a	۰	۰
تغییرات	-۰/۷a	-۰/۷a	+۰/۷a	+۱/۴a
مول تعادلی	۰/۳a	۰/۳a	۰/۷a	۱/۴a

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

بررسی گزینه‌ها:

(۱) کاتالیزگر مناسب برای واکنش میان N_2 و H_2 آهن است. این کاتالیزگر از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی سبب افزایش سرعت تولید آمونیاک می‌شود.

(۲) B سردکننده است.

(۳) به دلیل تفاوت در نقطه‌ی جوش آمونیاک با H_2 و N_2 ، می‌توان با کاهش دما تا $-40^\circ C$ آمونیاک را به صورت مایع جداسازی کرد، D مخزن جمع‌آوری آمونیاک مایع است.

(۴) C مخلوط گازهای H_2 و N_2 است. اما این دو گاز به مخزن سمت چپ منتقل شده تا در شرایط مناسب با هم مجدداً واکنش دهند.

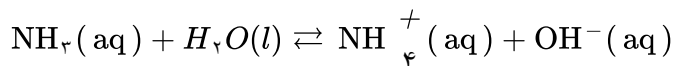
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

(آ) از جمله کودهای شیمیایی که به خاک اضافه می‌شود، می‌توان به آمونیاک و اوره اشاره کرد.

(ب) افزایش فشار بر جابه‌جایی تعادل $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ بی‌تأثیر است. اما با کاهش حجم سامانه‌ی تعادلی (افزایش فشار) غلظت تمامی گونه‌ها افزایش می‌یابد.

(پ) اگر یک واکنش گرماده باشد، با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

(ت) با کاهش حجم ظرف در دمای ثابت، تعادل در جهت مول‌گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. با توجه به آنکه تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده است، بنابراین $b < a$ است.



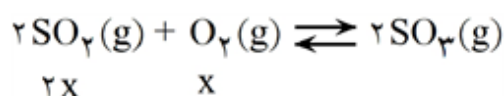
مورد اول: با افزایش دمای سامانه تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و $[\text{OH}^-]$ کاهش می‌یابد. در نتیجه غلظت $[\text{H}^+]$ افزایش یافته و pH محلول کاهش می‌یابد.

مورد دوم: با افزایش فشار، انحلال گاز NH_3 در آب بیشتر شده و تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت یون آمونیم در محلول افزایش می‌یابد.

مورد سوم: با افزودن یک باز به محلول $[\text{OH}^-]$ افزایش یافته و تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.

مورد چهارم:
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \rightarrow [\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-5}} \rightarrow [\text{H}^+] = 2.5 \times 10^{-10}$$

با توجه به غلظت H^+ ، pH محلول باید کمی کوچکتر از ده باشد. (pH = ۹/۶)



گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\frac{2x + x}{1/2} = \frac{4}{100} \Rightarrow x = 0.16$$

$$[\text{O}_2] = \frac{0.16}{10}, [\text{SO}_2] = \frac{0.32}{10}, [\text{SO}_3] = \frac{0.72}{10}$$

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{0.72}{10}\right)^2}{\left(\frac{0.32}{10}\right)^2 \left(\frac{0.16}{10}\right)} = 316/4$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. از لحظه تعادل به بعد، خواص ظاهری فرایند تغییری نکرده و ثابت می‌ماند. بررسی سایر گزینه‌ها:

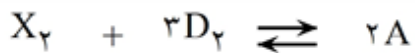
گزینه ۱: در واکنش‌های تعادلی از لحظه تعادل به بعد، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت یکسان شده اما به صفر نمی‌رسد.

گزینه ۲: در نخستین لحظه از شروع واکنش، هم NO_2 و هم N_2O_4 در ظرف وجود دارد پس هر دو واکنش رفت و برگشت انجام می‌شوند.

گزینه ۳: ثابت تعادل در این دما برابر است با:

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{(0.3)}{(0.1)^2} = 30 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$K = \frac{[A]^2}{[X_2][D_2]} \Rightarrow \frac{\left(\frac{1/5}{3}\right)^2}{\left(\frac{0/6}{3}\right)\left(\frac{0/5}{3}\right)} = 27.$$



$$\begin{array}{ccc} A & B & \\ \frac{A-x}{0/6} & \frac{B-2x}{0/5} & \frac{+2x}{1/5 \text{ mol}} \end{array} \Rightarrow B = 2/75$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. افزایش سرعت و کاهش انرژی فعالسازی از کاربردهای کاتالیزگر محسوب می‌شود. ۲۹

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ۳۰

