

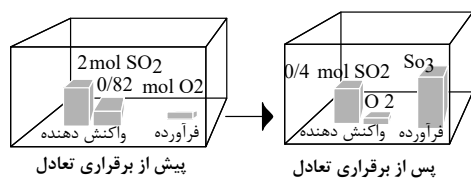


خدیجه جباری

۱) اگر ۲ مول  $CaCO_3$  در ظرف ۳ لیتری در بسته تا دمای  $827^\circ C$  گرم شود، شمار تقریبی مولکولهای  $CO_2$  موجود در ظرف، پس از برقراری تعادل، کدام است؟ ( $K = 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ )

- ۱)  $1,8 \times 10^{22}$  ۲)  $1,8 \times 10^{23}$  ۳)  $6 \times 10^{21}$  ۴)  $6 \times 10^{22}$

۲) با توجه به داده‌های زیر که مقدار گازهای  $SO_2$  و  $O_2$  را قبل و بعد از برقراری تعادل گازی  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  در یک ظرف در بسته‌ی یک لیتری نشان می‌دهند، ثابت این تعادل در شرایط



آزمایش، بر حسب  $mol^{-1} \cdot L$  کدام است؟

- ۱) ۶۰۰ ۲) ۶۱۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۸۱۰

۳) مخلوطی از ۵ مول گاز  $HCl$  را با ۱٫۱ مول گاز اکسیژن در ظرف سربسته‌ی دو لیتری تا رسیدن به حالت تعادل:  $4HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$  گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل، ۸۰ درصد گاز  $HCl$  تجزیه شده باشد، ثابت این تعادل در شرایط آزمایش بر حسب  $mol^{-1} \cdot L$  کدام است؟

- ۱)  $3 \times 10^{-2}$  ۲)  $4 \times 10^{-2}$  ۳)  $3,2 \times 10^{-2}$  ۴)  $4,2 \times 10^{-2}$

۴) با افزایش دمای یک ظرف یک لیتری سربسته که دارای ۰٫۱ مول  $CO(g)$  و ۰٫۱ مول  $CO_2(g)$  و ۰٫۲۱ مول  $NiO(s)$  و ۰٫۲۱ مول  $Ni(s)$  است، ثابت تعادل واکنش:  $NiO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Ni(s) + CO_2(g)$  از ۱ به ۹۹ رسیده است. غلظت  $CO_2(g)$  در این حالت برابر چند  $mol \cdot L^{-1}$  است؟

- ۱) ۰٫۰۹۸ ۲) ۰٫۱۲۸ ۳) ۰٫۱۵۲ ۴) ۰٫۱۹۸

۵) ۲٫۴۸ مول گاز  $N_2$  را با ۱٫۶۸ مول گاز  $O_2$  در یک ظرف دو لیتری سربسته مخلوط و گرم می‌کنیم تا تعادل گازی  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  برقرار شود، اگر در حالت تعادل ۰٫۰۸ مول گاز  $NO$  در مخلوط وجود داشته باشد، ثابت تعادل این واکنش، کدام است؟

- ۱)  $1,6 \times 10^{-3}$  ۲)  $1,6 \times 10^{-4}$  ۳)  $1,8 \times 10^{-3}$  ۴)  $1,8 \times 10^{-4}$

۶) ۴٫۱ مول گاز  $SO_2$  را با ۲٫۲ مول گاز  $O_2$  در ظرف دو لیتری سربسته مخلوط و گرم می‌کنیم تا تعادل گازی:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  برقرار شود، اگر در حالت تعادل، ۴ مول گاز  $SO_3$  در ظرف وجود داشته باشد، مقدار ثابت این تعادل چند  $mol^{-1} \cdot L$  است؟

- ۱)  $1 \times 10^{10}$  ۲)  $2 \times 10^{10}$  ۳)  $1,6 \times 10^4$  ۴)  $2,5 \times 10^4$



۷) اگر مقداری گاز  $NO$  را در ظرف سربسته‌ی ۴ لیتری گرما دهیم تا تعادل گازی:  
 $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g) \quad K = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$   
 برقرار شود و در حالت تعادل مقدار  $0,04$  مول گاز  $NO$  باقی مانده باشد، مقدار اولیه‌ی این گاز، چند گرم بوده است؟ ( $N = 14, O = 16$ )

- ۱)  $10,15$  ۲)  $4,04$  ۳)  $12,12$  ۴)  $3,03$

۸) اگر در واکنش تعادلی گازی:  $\Delta H < 0$  ;  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$  که در یک ظرف سربسته در دمای معین برقرار است، دما را افزایش دهیم، تعادل در جهت ..... جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل، .....

- ۱) برگشت - کوچکتر می‌شود. ۲) رفت - بزرگتر می‌شود.  
 ۳) برگشت - بدون تغییر باقی می‌ماند. ۴) رفت - بدون تغییر باقی می‌ماند.

۹) اگر واکنش  $Br_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2BrCl(g), K = 1,6 \times 10^{-3}$  در ظرفی سربسته با حجم ۴ لیتر در دمای معین انجام شود، مقدار ۲ مول از هر یک از گازهای کلر و برم در مخلوط تعادلی موجود باشد، مقدار  $BrCl$  در حالت تعادل، برابر چند مول است؟

- ۱)  $0,16$  ۲)  $0,08$  ۳)  $0,09$  ۴)  $0,18$

۱۰) در سیستم در حال تعادل و گازی  $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$  ثابت  $K = 4 \times 10^{-3}$  کدام مطلب زیر صحیح است؟ (با کمی تغییر)

- ۱) کاهش فشار باعث افزایش غلظت کربن دی‌اکسید می‌شود. ۲) با افزایش فشار غلظت مولی اکسیژن کمتر می‌شود.  
 ۳) پیشرفت واکنش برگشت خیلی زیاد است. ۴)  $K$  واکنش برگشت  $2,5 \times 10^{-3}$  می‌باشد.

۱۱) فرایند هابر، گرما ..... است و کاهش دما، سبب می‌شود که واکنش در جهت تولید آمونیاک ..... جابه‌جا شود، اما سبب ..... سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود. به همین دلیل، این واکنش را در دماهای ..... انجام می‌دهند.

- ۱) ده - بیش‌تر - کاهش - بالاتر ۲) ده - کمتر - افزایش - پایین‌تر  
 ۳) گیر - بیش‌تر - کاهش - بالاتر ۴) گیر - کم‌تر - افزایش - پایین‌تر

۱۲) مخلوطی شامل یک مول گاز  $CO$  و یک مول بخار آب را در یک ظرف سربسته‌ی ۱۰ لیتری گرما می‌دهیم تا تعادل گازی:  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$  برقرار شود، اگر در حالت تعادل، مقدار  $0,6$  مول گاز  $CO_2$  در مخلوط گازی وجود داشته باشد، ثابت این تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟

- ۱)  $1,6$  ۲)  $2,25$  ۳)  $1,15$  ۴)  $2,4$

۱۳) در ظرف سربسته‌ای با حجم  $400 \text{ cm}^3$ ، مقدار  $0,404$  مول گاز  $NO$  را گرما می‌دهیم تا تعادل گازی:  
 $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g), K = 2,5 \times 10^{-3}$  برقرار شود، غلظت تعادلی گازهای  $NO, N_2, O_2$  بر حسب مول بر لیتر در حالت تعادل، به ترتیب کدامند؟

- ۱)  $0,98, 0,02, 0,02$  ۲)  $0,1, 0,005, 0,005$  ۳)  $0,001, 0,05, 0,05$  ۴)  $0,098, 0,002, 0,002$



۱۴) اگر تعادل گازی  $2AB \rightleftharpoons A_2 + B_2; K = 10^{-2}$  در یک ظرف سه لیتری سر بسته برقرار باشد و در این حالت، مقدار  $A_2$  برابر  $0.3$  مول باشد مقدار  $AB$  برابر چند مول است؟

- ۱)  $0.1$       ۲)  $0.02$       ۳)  $0.1$       ۴)  $0.3$

۱۵) کدام مطلب درباره تعادل شیمیایی  $CO_2(g) + BaO(s) \rightleftharpoons BaCO_3(s)$  که در یک ظرف سر بسته در دمای معین برقرار است، درست است؟

- ۱) فشار گاز  $CO_2$ ، عامل مؤثری در جابه‌جا شدن آن است.  
۲) نمونه‌ای از تعادل فیزیکی «گاز - جامد» است.  
۳) مواد جامد موجود در سیستم واکنش، در برقراری تعادل بی‌تأثیرند.  
۴) رابطه ثابت این تعادل به صورت  $K = \frac{[BaCO_3]}{[CO_2][BaO]}$  می‌باشد.

۱۶)  $1.09$  مول گاز  $NOCl$  را در ظرف سر بسته یک لیتری گرما می‌دهیم تا تعادل گازی :  
 $2NOCl \rightleftharpoons 2NO + Cl_2$  برقرار شود، اگر در حالت تعادل  $0.9$  مول  $NOCl$  تجزیه شده باشد، ثابت تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟

- ۱)  $2.125 \times 10^{-3}$       ۲)  $5.450 \times 10^{-3}$       ۳)  $3.645 \times 10^{-4}$       ۴)  $4.365 \times 10^{-4}$

۱۷) تغییر فشار بر کدام واکنش زیر بی‌اثر است؟

- ۱)  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$       ۲)  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$   
۳)  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO(g)$       ۴)  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

۱۸) با توجه به تعادل:  $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2, K = 0.01$ ، اگر حجم ظرف برابر  $5$  لیتر و مقدار  $I_2$  در حالت تعادل برابر  $0.1$  مول باشد، مقدار  $HI$  در این شرایط برابر چند مول است؟

- ۱)  $0.1$       ۲)  $0.2$       ۳)  $0.01$       ۴)  $0.02$

۱۹) براساس تعادل شیمیایی:  $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g); K = 2.5 \times 10^3$ ، اگر غلظت تعادلی گاز  $N_2$  برابر  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  باشد، غلظت تعادلی گاز  $NO$  چند  $\text{mol} \cdot L^{-1}$  است؟

- ۱)  $0.001$       ۲)  $0.01$       ۳)  $0.002$       ۴)  $0.02$

۲۰) باتوجه به واکنش تعادلی  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  ( $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ )، افزایش دما سبب کدام تغییر در آن می‌شود؟

- ۱) جابه‌جا شدن تعادل در جهت تولید آمونیاک بیشتر  
۲) افزایش سرعت واکنش در جهت رفت و کاهش آن در جهت برگشت  
۳) کاهش سرعت واکنش رفت و برگشت  
۴) جابه‌جا شدن تعادل در جهت برگشت



۲۱) اگر در تعادل گازی:  $2A \rightleftharpoons 3B$  در یک ظرف دو لیتری سر بسته، مقدار  $A$  و  $B$  به ترتیب برابر  $0.4$  و  $1.2$  مول باشد، ثابت این تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟

- ۱)  $2.4$       ۲)  $4.2$       ۳)  $4.5$       ۴)  $5.4$

۲۲) اگر در دمای معین، در ظرف سر بسته‌ی یک لیتری،  $0.5$  مول  $NH_4HS$  را گرما دهیم تا تعادل شیمیایی:  
 $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$  برقرار شود و در حالت تعادل،  $6\%$  درصد این نمک تجزیه شده باشد، ثابت این تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟

- ۱)  $2.5 \times 10^{-3}$       ۲)  $4.7 \times 10^{-3}$       ۳)  $6 \times 10^{-4}$       ۴)  $9 \times 10^{-4}$

۲۳) اگر  $3.2$  گرم گاز هیدروژن و  $1$  مول گاز نیتروژن را در یک ظرف دو لیتری مخلوط کرده و گرما دهیم تا تعادل گازی:  
 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  برقرار شود و در حالت تعادل  $6.8\%$  گرم گاز آمونیاک در مخلوط تعادلی وجود داشته باشد، ثابت این تعادل برابر چند  $mol^{-2} \cdot L^2$  است؟ ( $H = 1$ ,  $N = 14$  :  $g \cdot mol^{-1}$ )

- ۱)  $0.60$       ۲)  $0.65$       ۳)  $0.80$       ۴)  $0.85$

۲۴) مقداری بخار آب را با  $0.6$  مول گاز  $CO$  در ظرف سر بسته‌ی  $3$  لیتری مخلوط و گرم می‌کنیم تا تعادل گازی:



برقرار شود. اگر در حالت تعادل،  $0.3$  مول گاز  $CO_2$  در ظرف وجود داشته باشد، مقدار بخار آب در مخلوط اولیه، برابر چند مول بوده است؟

- ۱)  $0.11$       ۲)  $0.21$       ۳)  $0.33$       ۴)  $0.42$

۲۵) با توجه به داده‌های جدول زیر که به واکنش تعادلی گازی:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  مربوط است، کدام مطلب نادرست است؟

دما ( $^{\circ}C$ )	$K \cdot (mol^{-1} \cdot L)$
۲۵	$2 \times 10^{24}$
۲۲۷	$2.5 \times 10^{10}$
۴۳۶	$2.5 \times 10^4$

۱)  $\Delta H$  واکنش منفی است.

۲) با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

۳) واکنش گرماده است و افزایش دما سبب کاهش سرعت آن می‌شود.

۴) انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت رفت کم‌تر از مقدار آن در جهت برگشت است.

۲۶) در یک ظرف  $2$  لیتری تعادل:  $2Cl(g) \rightleftharpoons Cl_2(g)$  برقرار است. اگر در لحظه‌ی تعادل  $71$  گرم گاز  $Cl_2$  در ظرف موجود باشد با توجه به اینکه ثابت تعادل برابر  $2$  می‌باشد. در لحظه‌ی تعادل چند گرم  $Cl$  در ظرف موجود بوده است؟ ( $Cl = 35.5$ )

- ۱)  $35.5$       ۲)  $0.5$       ۳)  $71$       ۴)  $1$

۲۷) درون ظرفی یک لیتری یک مول  $A$ ،  $0.8$  مول  $B$  و  $n$  مول  $C$  می‌ریزیم تا تعادل  
 $A + B \rightleftharpoons cC$  ;  $K = 24.3 mol \cdot L^{-1}$  برقرار شود. پس از برقراری تعادل، غلظت  $A$ ،  $0.6$  مول بر لیتر می‌شود.  $n$  چقدر بوده است؟

- ۱)  $0.6$       ۲)  $0.9$       ۳)  $1.2$       ۴)  $1.8$



۲۸) ۴ مول  $A$ ، ۲ مول  $B$  و ۱ مول  $C$  را وارد ظرفی در بسته می‌کنیم تا تعادل گازی  $۳A + B \rightleftharpoons ۲C + ۲D$  در آن برقرار شود. اگر در هنگام تعادل مول‌های  $B$  و  $D$  با هم برابر باشند، آن‌گاه ثابت تعادل این واکنش کدام است؟

- ۱)  $\frac{۴۹}{۲۷}$       ۲)  $\frac{۱۶}{۲۷}$       ۳)  $\frac{۴۹}{۵۴}$       ۴)  $\frac{۱۶}{۵۴}$

۲۹) با توجه به جدول مقابل ثابت تعادل واکنش موازنه نشده  $C \rightleftharpoons A + B$  کدام است؟

ماده	$C$	$B$	$A$
تغییر غلظت	$+۲x$	$-x$	$-x$
غلظت تعادلی	$۴y$	$۲y$	$y$

- ۱) ۸      ۲) ۰٫۱۲۵      ۳) ۰٫۲۵      ۴) ۴

۳۰) در دمای ثابت، مخلوط تعادلی از گازهای  $CO$ ،  $H_2$ ،  $H_2O$ ،  $CO_2$  را از یک ظرف ۲ لیتری به یک ظرف ۱ لیتری منتقل می‌کنیم. تغییر مطرح شده در کدام گزینه اثر مشابهی با این تغییر در جابه‌جایی تعادل دارد؟  
 $(CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2)$

- ۱) وارد کردن مقداری  $H_2$       ۲) خارج کردن مقداری  $CO_2$   
 ۳) افزایش غلظت  $CO$       ۴) انتقال از یک ظرف ۱ لیتری به یک ظرف ۲ لیتری

۳۱) کاتالیزورها با ..... موجب ..... سرعت واکنش‌ها می‌شوند و ثابت تعادل را .....

- ۱) افزایش دما - افزایش - افزایش می‌دهند.      ۲) کاهش  $E_a$  - افزایش - تغییر نمی‌دهند.  
 ۳) کاهش  $E_a$  - کاهش - تغییر نمی‌دهند.      ۴) کاهش دما - کاهش - کاهش می‌دهند.

۳۲) در ظرف سربسته‌ای یک لیتری مقداری  $COCl_2$  را تا رسیدن به تعادل گازی  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ ،  $K = ۰٫۲$  گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل مقدار  $COCl_2$  برابر ۰٫۴۵ مول باشد، مقدار  $CO$  چند مول است؟

- ۱) ۰٫۱۵      ۲) ۰٫۲۷      ۳) ۰٫۳      ۴) ۰٫۹

۳۳) اگر ۲٫۴ مول  $HI$  را در ظرف سربسته‌ای یک لیتری گرما دهیم و پس از تجزیه شدن ۰٫۴ مول از آن، تعادل گازی  $۲HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$  برقرار شود، ثابت تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟

- ۱) ۰٫۰۱      ۲) ۰٫۰۲      ۳) ۰٫۰۳      ۴) ۰٫۰۴

۳۴) در ظرف سربسته‌ای ۲ لیتری، مقداری  $COCl_2$  را تا برقراری تعادل گازی  $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ ،  $K = ۰٫۱$  گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل مقدار  $COCl_2$  برابر ۰٫۲ مول باشد، مقدار  $Cl_2$  چند مول است؟

- ۱) ۰٫۱      ۲) ۰٫۲      ۳) ۰٫۳      ۴) ۰٫۴



(۳۵)  $CO$  مول ۰٫۳ را با  $Cl_2$  مول ۰٫۳ در ظرفی به حجم  $V$  لیتر به دمای معین می‌رسانیم تا تعادل  $K = ۱۰$  و  $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$  برقرار شود. در صورتی که تعداد مول‌های  $COCl_2$  در حالت تعادل برابر ۰٫۲ باشد، حجم ظرف بر حسب لیتر کدام است؟

- ۱)  $\frac{۳}{۲}$  ۲)  $\frac{۱}{۲}$  ۳) ۱ ۴) ۲

(۳۶) ثابت تعادل واکنش:  $AB(s) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$  در دمای معین برابر با  $K = ۰٫۲۵$  است. با فرض این که غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در تعادل با هم مساوی باشد، غلظت هر گونه بر حسب  $mol \cdot L^{-1}$  در تعادل کدام است؟ (المپیاد شیمی - ۸۰)

- ۱) ۰٫۲۵ ۲) ۰٫۵ ۳) ۰٫۷۵ ۴) ۱

(۳۷) ۰٫۱ مول جسم گازی شکل  $AB$  را در یک ظرف ۱ لیتری در دمای مناسب قرار می‌دهیم تا تعادل  $AB(g) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$  در آن برقرار شود. اگر تعداد کل مول‌ها در ظرف در هنگام تعادل برابر ۰٫۱۸ مول باشد، ثابت تعادل واکنش ( $K$ ) کدام است؟ (المپیاد شیمی ۷۹)

- ۱) ۳٫۲ ۲) ۰٫۳۲ ۳) ۰٫۳۶ ۴) ۳٫۶

(۳۸) تعادل  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons AB(g)$  از قراردادن ۱ مول  $A$  و ۱ مول  $B$  در یک ظرف دربسته ۱۰ لیتری در دمای ثابت حاصل شده است. اگر تعداد کل مول‌های موجود در ظرف موقع تعادل برابر با ۱٫۱ باشد، ثابت تعادل ( $K$ ) واکنش کدام است؟ (المپیاد شیمی - ۷۶)

- ۱) ۹۰ ۲) ۱٫۱ ۳) ۰٫۱۱ ۴) ۹۰۰

(۳۹) در دمای  $55^\circ C$ ، ۱ مول  $N_2O_4(g)$  را در یک ظرف دربسته به حجم ۱۰ لیتر قرار می‌دهیم تا تعادل گازی  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  در آن برقرار شود. اگر تعداد کل مول‌های موجود در ظرف در موقع تعادل ۱٫۷۵ مول باشد، ثابت تعادل ( $K$ ) واکنش کدام است؟ (المپیاد شیمی - ۷۷)

- ۱) ۰٫۹ ۲) ۱٫۹ ۳) ۲٫۹ ۴) ۹

(۴۰) تعادل  $2A(g) \rightleftharpoons 3B(g)$  از قراردادن ۱ مول  $A$  در ظرفی به حجم یک لیتر در دمای ثابت حاصل شده است. در صورتی که تعداد مول‌های  $B$  در موقع تعادل ۶ برابر تعداد مول‌های  $A$  باقیمانده در تعادل باشد. آنگاه ثابت تعادل ( $K$ ) واکنش کدام است؟ (المپیاد شیمی - ۷۹)

- ۱) ۴۳۲ ۲) ۶ ۳) ۳۶ ۴) ۴۳٫۲

(۴۱) ترکیب جامد  $AB$  را در یک ظرف دربسته ۱۰ لیتری در یک دمای ثابت قرار می‌دهیم تا تعادل در آن برقرار شود:  $AB(s) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$  اگر برای این تعادل داشته باشیم  $K = ۰٫۰۱$  آنگاه تعداد مول‌های گاز در ظرف در موقع تعادل کدام است؟ (المپیاد شیمی - ۷۷)

- ۱) ۰٫۲ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۰٫۰۱



۴۲) کاتالیزگر، با ..... دادن مقدار انرژی فعالسازی در یک واکنش، سرعت آن واکنش را ..... می‌دهد و در واکنش‌های تعادلی سبب ..... می‌شود.

- ۱) افزایش - تغییر - کوتاه‌تر شدن زمان رسیدن به حالت تعادل ۲) افزایش - تغییر - بیشتر شدن غلظت فراورده‌ها  
۳) کاهش - افزایش - کوتاه‌تر شدن زمان رسیدن به حالت تعادل ۴) کاهش - افزایش - بزرگ‌تر شدن ثابت تعادل

۴۳) کدام مطلب در مورد اثر افزایش دما در واکنش‌های شیمیایی نادرست است؟

- ۱) زمان رسیدن به حالت تعادل را در واکنش‌های برگشت‌پذیر کوتاه می‌کند.  
۲) در تعادل‌های گرماده سبب بزرگ‌تر شدن ثابت تعادل می‌شود.  
۳) سرعت پیشرفت واکنش‌ها را افزایش می‌دهد.  
۴) سبب افزایش تعداد برخوردهای موثر مولکول‌ها به یکدیگر می‌شود.

۴۴) در واکنش تعادلی  $\Delta H < 0$  و  $2A \rightleftharpoons B$  اگر دما را بالا ببریم، ثابت تعادل و زمان رسیدن به حالت تعادل به ترتیب دستخوش کدام تغییر می‌شوند؟

- ۱) افزایش - کاهش ۲) افزایش - افزایش ۳) کاهش - کاهش ۴) کاهش - افزایش

۴۵) در دمای ثابت، تعادل:  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  از یک ظرف ۱٫۰۰ لیتری به یک ظرف ۲٫۰۰ لیتری منتقل می‌شود. بر اثر این انتقال، تعادل به چه سمتی جابجا و مقدار ثابت تعادل چه می‌شود؟

- ۱) برگشت، بزرگ‌تر می‌شود. ۲) برگشت، ثابت می‌ماند. ۳) رفت، ثابت می‌ماند. ۴) رفت، کوچک‌تر می‌شود.

۴۶) با توجه به این که در تعادل گازی:  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ,  $K = 10^{-4}$ ،  $\Delta H$  واکنش برگشت مثبت است، می‌توان نتیجه گرفت که:

- ۱) انرژی پیوندی مواد حاصل نسبت به مواد اولیه خیلی بیش‌تر است.  
۲) این تعادل در دمای بالا برقرار شده است.  
۳) این تعادل در دمای کم برقرار شده است.  
۴) میزان بی‌نظمی مواد حاصل نسبت به مواد اولیه خیلی بیش‌تر است.

۴۷) هرگاه در دمای ثابت، مخلوط گازی  $NO_2$  و  $N_2O_4$  در حال تعادل را از یک ظرف ۳ لیتری به یک ظرف ۲ لیتری منتقل کنیم:

- ۱) غلظت  $N_2O_4$  در اثر جابجایی تعادل بیشتر می‌شود. ۲) غلظت  $NO_2$  در اثر جابجایی تعادل کمتر می‌شود.  
۳) نسبت غلظت  $N_2O_4$  به غلظت  $NO_2$  برابر  $\frac{1}{3}$  می‌شود. ۴) غلظت  $N_2O_4$  با غلظت  $NO_2$  برابر می‌شود.

۴۸) کدام تغییر، غلظت تعادلی  $NO_2$  در تعادل گازی  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ ,  $\Delta H < 0$  را کاهش می‌دهد؟

- ۱) افزایش دما ۲) افزایش فشار ۳) کاهش حجم ظرف ۴) وارد کردن مقداری گاز اکسیژن





۴۹) اگر سامانه‌ی گازی:  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  را در سرنگی جمع کرده، دهانه‌ی سرنگ را با انگشت بسته، یک بار گاز را تحت فشار قرار دهیم، بار دیگر فشار آن را کم کنیم، گاز به ترتیب چه می‌شود؟

- ۱) پررنگ، کم‌رنگ - کم‌رنگ، پررنگ  
۲) پررنگ، پررنگ - کم‌رنگ، کم‌رنگ  
۳) کم‌رنگ، پررنگ - پررنگ، کم‌رنگ  
۴) کم‌رنگ، کم‌رنگ - پررنگ، پررنگ

۵۰) اگر افزایش دما و با کاهش فشار، تعادل گازی:  $aA \rightleftharpoons bB$  را به طرف راست جابجا کند، می‌توان نتیجه گرفت که واکنش رفت:

- ۱) گرماده بوده و  $a < b$  است. ۲) گرماده بوده و  $a > b$  است. ۳) گرماگیر بوده و  $a < b$  است. ۴) گرماگیر بوده و  $a > b$  است.

۵۱) هرگاه در دمای ثابت، مخلوط گازی  $NO_2$  و  $N_2O_4$  را از یک ظرف ۳ لیتری به یک ظرف ۲ لیتری منتقل کنیم:

- ۱) غلظت  $N_2O_4$  بیشتر شده و مقدار  $NO_2$  کمتر می‌شود. ۲) غلظت  $N_2O_4$  از غلظت  $NO_2$  کمتر می‌شود.  
۳) نسبت غلظت  $N_2O_4$  به غلظت  $NO_2$  برابر  $\frac{1}{2}$  می‌شود. ۴) غلظت  $N_2O_4$  با غلظت  $NO_2$  برابر می‌شود.

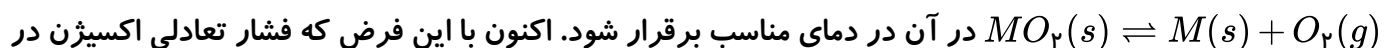
۵۲) در سامانه‌ی تعادلی:  $C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g)$ ,  $\Delta H < 0$  با دو برابر شدن مقدار کربن .....

- ۱) تغییری در مقدار  $CO_2$  روی نمی‌دهد. ۲) مقدار  $CO_2$  دو برابر می‌شود.  
۳) مقدار  $O_2$  به نصف می‌رسد. ۴) گرمای حاصل به دو برابر افزایش می‌یابد.

۵۳) اگر در واکنش تعادلی گازی:  $nA \rightleftharpoons mB$ ,  $\Delta H > 0$  ,  $n$  کوچکتر از  $m$  باشد، کدام عبارت همواره دربارهی آن درست است؟

- ۱) ثابت تعادل آن بزرگتر از واحد است.  
۲) سرعت رسیدن آن به حالت تعادل، زیاد است.  
۳) افزایش دما، سبب افزایش مقدار ثابت تعادل می‌شود.  
۴) با انتقال به ظرف کوچک‌تر در دمای ثابت، مقدار  $B$  افزایش می‌یابد.

۵۴) مقدار لازمی از اکسید فلزی  $MO_2$  را در یک ظرف دربسته‌ی کاملاً خالی شده از هوا قرار می‌دهیم تا تعادل



تعادل داده شده برابر با ۲۵٪ اتمسفر باشد، با باز نمودن در ظرف و قرار گرفتن تعادل در معرض هوای آزاد که فشار

اکسیژن در آن برابر با ۲٪ اتمسفر است، شرایط کدام گزینه در مورد آن درست است؟ (المپیاد شیمی - ۸۱)

- ۱) تعادل پس از جابجا شدن فوراً به تعادل مجدد می‌رسد.  
۲) تعادل در جهت تشکیل کامل  $MO_2$  جابجا خواهد شد.  
۳) تعادل به هم می‌خورد و در تعادل مجدد مقدار  $M$  بیشتر از  $MO_2$  می‌شود.  
۴) تعادل در جهت تجزیه‌ی کامل  $MO_2$  جابجا خواهد شد.





۵۵) تعادل  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$  گرما در داخل استوانه‌ای مجهز به یک پیستون روان و کیپ در دمای ثابت برقرار است. در دمای ثابت پیستون را پایین می‌آوریم، تا حجم در اختیار گازهای شرکت‌کننده در تعادل نصف شود. در ارتباط با این تغییر به جز ..... بقیه گزینه‌ها درست هستند. (المپیاد شیمی - ۷۷)

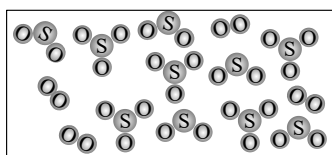
۱) تعادل جابجا می‌شود و تعداد کل مول‌ها کاهش می‌یابد.

۲) تعادل جابجا می‌شود، در تعادل جدید هر سرعت با سرعت نظیر آن در تعادل اولیه برابر است.

۳) ثابت تعادل ( $K$ )، در این تغییر ثابت می‌ماند.

۴) برای ثابت ماندن دما بایستی که مقداری گرما از محیط تعادل گرفته شود.

۵۶) با توجه به شکل زیر، که مخلوطی از گازهای  $SO_2$ ،  $O_2$  و  $SO_3$  را در ظرف سربسته‌ی یک لیتری در دمای  $827^\circ C$  به حالت تعادل:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ،  $\Delta H < 0$ ، نشان می‌دهد، کدام مطلب درست است؟ (هر ذره را معادل ۱/۲ مول گاز در نظر بگیرید).



۱) ثابت این تعادل، برابر  $2.25 \text{ mol}^{-1} \cdot L$  است.

۲) با بالاتر رفتن دما، ثابت این تعادل، بزرگ‌تر می‌شود.

۳) با افزایش دما، شمار مولکول‌های گاز در ظرف واکنش افزایش می‌یابد.

۴) با کاهش دما، نسبت شمار مولکول‌های گاز  $SO_3$  به شمار مولکول‌های گاز  $SO_2$ ، کاهش می‌یابد.

۵۷) از واکنش:  $C_2H_4(g) + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH(g)$ ،  $K = 2$ ، برای تهیه‌ی اتانول در صنعت استفاده می‌شود. اگر دو مول اتیلن و دو مول آب، در دمای معین در یک ظرف دو لیتری در بسته به تعادل برسند، بازده درصدی این فرایند کدام است؟

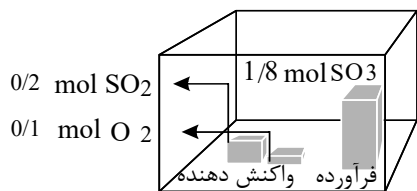
۴) ۸۵

۳) ۸۱

۲) ۵۰

۱) ۶۰

۵۸) با توجه به شکل روبه‌رو، که مخلوطی از گازهای  $SO_2$ ،  $O_2$  و  $SO_3$  را در ظرف سربسته‌ی یک لیتری در دمای معین به حالت تعادل گازی:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ،  $\Delta H < 0$  نشان می‌دهد. کدام مطلب، درست است؟



پس از برقراری تعادل

۱) ثابت این تعادل برابر  $1.0 \times 10^2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  است.

۲) مقدار اولیه‌ی گاز اکسیژن برابر ۱ مول بوده است.

۳) با بالا رفتن دما، ثابت این تعادل بزرگ‌تر می‌شود.

۴) با کاهش یافتن دما، نسبت شمار مول‌های  $SO_3$  به شمار مول‌های  $SO_2$  کاهش می‌یابد.

۵۹) اگر در تعادل گازی:  $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$ ؛  $K = 1.0 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$ ، که در دمای معین در یک ظرف سربسته برقرار است، ۱ مول گاز  $CO$  و ۳ مول گاز  $CH_4$  و ۱۰۰۰ مول بخار آب وجود داشته باشد، حجم ظرف واکنش چند لیتر است؟

۴) ۴

۳) ۳

۲) ۲

۱) ۱



۶۰) اگر تعادل گازی:  $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ ، در ظرفی با حجم ثابت روی دهد، جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، راست و راست، به ترتیب، بر اثر ..... گاز ..... ، ..... گاز ..... و ..... گاز ..... انجام می‌گیرد.

۱) افزایش -  $H_2$  - کاهش -  $I_2$  - افزایش -  $HI$

۲) افزایش -  $I_2$  - کاهش -  $H_2$  - کاهش -  $HI$

۳) کاهش -  $HI$  - افزایش -  $HI$  - کاهش -  $H_2$

۴) کاهش -  $I_2$  - افزایش -  $HI$  - کاهش -  $H_2$

۶۱) از دیدگاه نظری (تئوری)، در واکنش تعادلی گازی:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ ، دمای ..... و فشار ..... دو شرط لازم برای پیشرفت این واکنش‌اند.

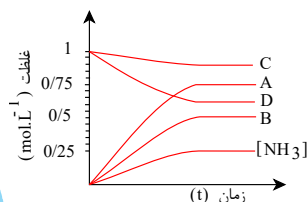
۱) پایین - پایین

۲) بالا - بالا

۳) پایین - بالا

۴) بالا - پایین

۶۲) اگر نمودار زیر، نشان دهنده تغییر غلظت آمونیاک در فرایند هابر باشد که در یک ظرف ۱۰ لیتری و با ۱۰ مول از هر یک از واکنش‌گرها آغاز شده است، کدام نمودار به تغییر غلظت هیدروژن مربوط است؟



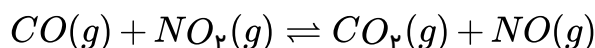
۱) A

۲) B

۳) C

۴) D

۶۳) مقداری از گازهای  $CO$  و  $NO_2$  را یک ظرف سربسته‌ی سه لیتری گرم می‌کنیم تا تعادل گازی:



برقرار شود اگر در شرایط آزمایش مقدار ۰٫۴۵ مول گاز  $CO_2$ ، ۰٫۹ مول گاز  $CO$  و ۰٫۱۵ مول گاز  $NO_2$  در مخلوط گازی به حال تعادل وجود داشته باشد، ثابت این تعادل، کدام است؟

۱) ۲٫۵

۲) ۱۵

۳) ۱٫۵

۴) ۲۵

۶۴) اگر واکنش  $Br_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2BrCl(g)$ ;  $K = 1.6 \times 10^{-3}$ ، در ظرفی سربسته با حجم ۲ لیتر در دمای معین انجام شود و مقدار ۴ مول از هر یک از گازهای کلر و برم در مخلوط تعادلی موجود باشد، مقدار  $BrCl(g)$  در حالت تعادل برابر چند مول است؟

۱) ۰٫۰۸

۲) ۰٫۱۸

۳) ۰٫۱۶

۴) ۰٫۰۹

۶۵) اگر بازده درصدی واکنش تعادلی فرضی:  $A(g) + D(g) \rightleftharpoons 2E(g) + G(g)$ ، که با یک مول از هر یک از واکنش‌دهنده‌ها در یک ظرف یک لیتری در بسته آغاز شده است، در دمای آزمایش، برابر ۶۰ درصد باشد، ثابت تعادل این واکنش، برابر چند  $mol \cdot L^{-1}$  است؟

۱) ۱٫۳۵

۲) ۲٫۲۵

۳) ۳٫۶

۴) ۵٫۴



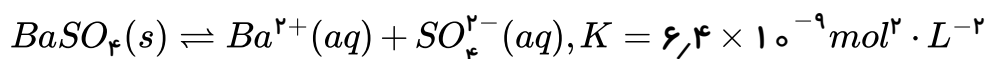
۶۶ در یک فرایند، مقدار ۱۰ مول  $N_2O_4(g)$  در یک ظرف ۵ لیتری وارد شده است. پس از گرم شدن و برقراری تعادل:  $K = 4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ،  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ، نسبت غلظت مولار  $NO_2$  به غلظت مولار  $N_2O_4$  و مجموع مول‌های گاز درون ظرف، کدام است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

- ۱۰،۴ (۱) ۱۵،۴ (۲) ۱۰،۲ (۳) ۱۵،۲ (۴)

۶۷ مخلوط ۱ مول  $H_2(g)$  و ۱ مول  $I_2(g)$  را در ظرفی یک لیتری گرم می‌کنیم. مقدار تقریبی  $HI(g)$  هنگام برقراری تعادل برابر چند گرم است؟ ( $H = 1$ ،  $I = 127 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ،  $K = 64$ )

- ۳۵۱ (۱) ۲۰۴٫۸ (۲) ۱۷۵ (۳) ۱۰۲٫۴ (۴)

۶۸ مقداری باریم سولفات ( $M = 233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )، مطابق واکنش تعادلی زیر در ۱۰۰۰ گرم آب در دمای معین حل می‌شود، غلظت این ماده در آب، در این دما به تقریب برابر چند  $\text{ppm}$  است؟ (چگالی محلول برابر  $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.)



- ۹٫۳۲ (۱) ۱۸٫۶۴ (۲) ۶۴ (۳) ۸۰ (۴)

۶۹ بر اساس واکنش تعادلی  $H_2O(g) + C(s) \rightleftharpoons H_2(g) + CO(g)$ ،  $K = 10$ ، در یک ظرف سربسته‌ی ۲ لیتری، مقدار ۰٫۴ مول زغال را با مقداری بخار آب مخلوط کرده، تا رسیدن به حالت تعادل گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل، ۰٫۲ مول  $CO(g)$  در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار اولیه‌ی بخار آب در مخلوط، به تقریب برابر چند گرم بوده است؟ ( $O = 16$ ،  $H = 1$  :  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

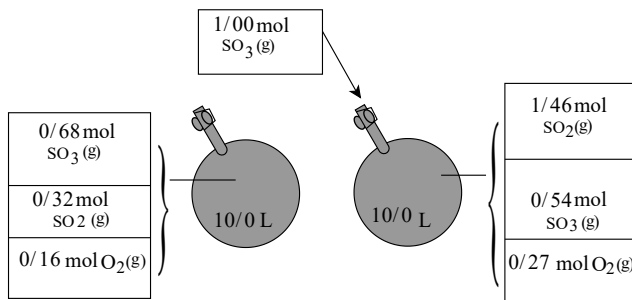
- ۳٫۶۴ (۱) ۴٫۹۶ (۲) ۴٫۲۵ (۳) ۳٫۲۵ (۴)

۷۰ تعادل گازی:  $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ ،  $K = 0.81 \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$ ، در دمای معین در ظرفی سربسته برقرار است. اگر در حالت تعادل مقدار ۰٫۱ مول گاز  $CO$  و ۰٫۰۰۳ مول گاز  $CH_4$  و ۰٫۱ مول گاز هیدروژن در ظرف وجود داشته باشد، حجم ظرف واکنش، چند لیتر است؟

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)



۷۱) باتوجه به شکل روبه‌رو، که به تعادل گازی:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ، مربوط است، کدام مطلب درباره‌ی آن درست است؟



۱

به بررسی اصل لوشاتلیه درباره‌ی اثر فشار بر جابه‌جا شدن تعادل مربوط است.

۲) به بررسی اصل لوشاتلیه درباره‌ی اثر غلظت بر جابه‌جا شدن تعادل مربوط است.

۳) برای نشان دادن بزرگ‌تر شدن ثابت تعادل بر اثر افزایش غلظت‌های تعادلی طرح شده است.

۴) برای نشان دادن تأثیر افزایش غلظت بر سرعت واکنش، طرح شده است.

۷۲) گاز هیدروژن حاصل از واکنش کامل ۳۶۰ گرم زغال چوب خالص و بخار آب داغ در دمای  $1000^\circ C$  را با ۸ مول گاز نیتروژن وارد ظرفی ۱۰۰ لیتری می‌کنیم اگر بعد از برقراری تعادل در دمای ثابت، ۲۶ مول گاز در ظرف وجود داشته باشد، ثابت تعادل فرایند هابر برحسب  $mol^{-2} \cdot L^2$  در این دما حدوداً چقدر است؟  
( $C = 12g \cdot mol^{-1}$ )

۱,۲ ۴

۴,۱۶ ۳

۴۱۶,۷ ۲

۲۲۰ ۱

۷۳) اگر ۱۰۰,۰۸ گرم گاز فسفر پنتاکلرید را در یک ظرف دو لیتری در بسته گرما دهیم و پس از تشکیل ۲۸,۴ گرم گاز کلر، تعادل گازی  $PCl_5(g) \rightleftharpoons Cl_2(g) + PCl_3(g)$  برقرار شود، مقدار ثابت این تعادل برابر چند  $mol \cdot L^{-1}$  است؟ ( $P = 31, Cl = 35,5g \cdot mol^{-1}$ )

۲,۲۵ ۴

۲ ۳

۱,۲۵ ۲

۱ ۱

۷۴) اگر در واکنش فرضی  $A(g) + 4B(g) \rightleftharpoons C(g) + 2D(g)$ ، که در یک ظرف یک لیتری در دمای معین از واکنش  $A$  با  $B$  به تعادل رسیده است، ۰,۲ مول گاز  $A$ ، ۰,۱ مول گاز  $B$  و ۰,۲ مول گاز  $C$  وجود داشته باشد، ثابت تعادل این واکنش برابر چند  $mol^{-2} \cdot L^2$  است؟

۱۸۰۰۰ ۴

۱۶۰۰ ۳

۹۰۰ ۲

۸۰۰ ۱

۷۵) ۲ مول گاز  $AB$  را در یک ظرف ۲ لیتری تا رسیدن به حالت تعادل  $2AB(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g)$ ، گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل، ۰,۵ مول گاز  $D$  در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار ثابت تعادل برابر چند مول بر لیتر است؟

۱,۵ ۴

۱,۲۵ ۳

۰,۵ ۲

۰,۲۵ ۱

۷۶) تعادل  $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$   $K = 4$ ، در یک ظرف سربسته ۴ لیتری، با ۲ مول گاز  $NO$  آغاز شده است. مقدار گاز  $NO$  در این مخلوط گازی در حالت تعادل کدام است؟

۰,۶ مول ۴

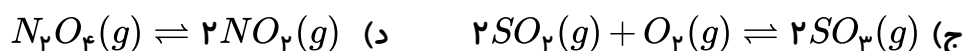
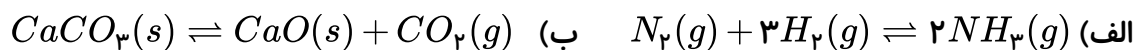
۰,۵ مول ۳

۰,۴ مول ۲

۰,۳ مول ۱



۷۷) یکای ثابت تعادل در کدام دو واکنش زیر عکس یکدیگر می‌باشند؟

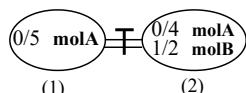


۱) الف - ج    ۲) ج - د    ۳) ب - د    ۴) الف - د

۷۸) در شکل مقابل، حجم هر محفظه برابر ۲ لیتر و دما و فشار آن‌ها باهم برابر است. پس از باز کردن شیر رابط بین

دو ظرف در دمای ثابت، تعادل  $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  برقرار می‌شود. در صورتی که در حالت تعادل، ۱ مول

B در مخلوط گازی وجود داشته باشد. مقدار ثابت تعادل در این دما بر حسب  $mol^{-1} \cdot L$  کدام است؟



۱) ۰٫۱    ۲) ۰٫۰۵

۳) ۰٫۲    ۴) ۰٫۴

۷۹) تعادل گازی  $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$  در ظرفی یک لیتری برقرار است. یک مول  $Cl_2$  را به ظرف اضافه

می‌کنیم، کدام تغییر زیر ایجاد نمی‌شود؟

۱) فشار تعادلی افزایش می‌یابد.

۲) سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه افزایش می‌یابند.

۳) نسبت به تعادل اولیه، غلظت‌های تعادلی  $PCl_5$  و  $Cl_2$  زیادتر شده و غلظت تعادلی  $PCl_3$  کم‌تر می‌شود.

۴) یک مول  $PCl_3$  مصرف می‌شود تا تعادل جدید برقرار شود.

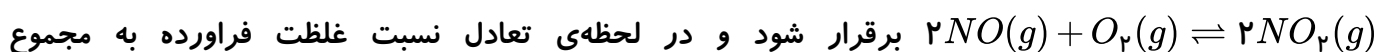
۸۰) با توجه به واکنش تعادلی  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g); K = 400$  که در یک ظرف ۴

لیتری در دمای معین برقرار است، اگر مقدار آغازی هر یک از واکنش‌دهنده‌ها برابر ۲٫۸ مول در نظر گرفته شود،

مقدار  $H_2(g)$  در مخلوط گازی به حالت تعادل، به تقریب، برابر چند مول است؟

۱) ۰٫۶۶    ۲) ۲٫۶۶    ۳) ۱٫۳۳    ۴) ۲٫۳۳

۸۱) اگر ۱٫۲ گرم  $NO$  را با ۰٫۶۴ گرم  $O_2$  در ظرفی سربسته به حجم  $V$  لیتر قرار دهیم تا تعادل



واکنش‌دهنده‌ها ۲ به ۳ باشد، حجم ظرف چند میلی‌لیتر است؟ (دما در طول آزمایش ثابت است.)

$(O = 16, N = 14 : g \cdot mol^{-1}, K = 200 \cdot mol^{-1} \cdot L)$

۱) ۳    ۲) ۴    ۳) ۲۰۰۰    ۴) ۴۰۰۰



## ۸۲ کدام گزینه نادرست است؟

۱ در تهیه‌ی صنعتی آمونیاک از آهن به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.

۲

در واکنش هابر در شرایط  $STP$ ، اگر در مدت ۲۵ دقیقه، ۳ مول آمونیاک تشکیل شود، سرعت متوسط مصرف گاز نیتروژن؛  $۲۲٫۴$  میلی‌لیتر بر ثانیه است.

۳

از نظر تئوری در واکنش تعادلی  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ؛ دمای بالا و فشار بالا، دو شرط لازم برای پیشرفت این واکنش است.

۴ از ویژگی‌های اصلی فرایند هابر، خارج کردن فرآورده‌ی واکنش از طریق مایع کردن فرآورده، در سامانه‌ی واکنش است.

## ۸۳ کدام مطلب در مورد واکنش تعادلی تجزیه کلسیم کربنات درست است؟ (با کمی تغییر)

۱ یکای ثابت تعادل برابر  $mol^{-1} \cdot L$  است.

۲ با افزایش فشار تعداد مول‌های  $CaO$  و  $CaCO_3$  ثابت می‌ماند.

۳ با افزایش حجم تعداد مول‌های  $CO_2$  افزایش می‌یابد ولی غلظت آن ثابت می‌ماند.

۴ با افزایش فشار سرعت واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد.

## ۸۴ کدام یک از عبارت‌های زیر درباره‌ی فرایند هابر (تولید آمونیاک) نادرست بیان شده است؟

۱ نیتروژن مورد نیاز را از تقطیر هوای مایع به دست می‌آورند.

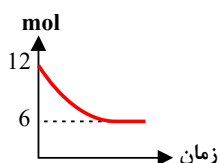
۲ یکای ثابت تعادل آن  $mol^2 \cdot L^{-2}$  است.

۳ افزودن آهن کمک می‌کند تا در دماهای به نسبت کم‌تری، آمونیاک سریع‌تر تشکیل شود.

۴ با افزایش دما، ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد.

## ۸۵ نمودار تغییرات مول‌های آمونیوم هیدروژن سولفید در واکنش داده شده در یک ظرف ۲ لیتری به صورت زیر

است، مقدار ثابت تعادل بر حسب  $mol^2 \cdot L^{-2}$  کدام است؟  $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$



۱٫۵ ۲

۳ ۴

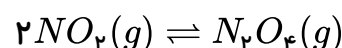
۹ ۱

۶ ۳

## ۸۶ تعداد مول‌های مساوی از نیتروژن دی‌اکسید و دی نیتروژن تترااکسید را در یک ظرف یک لیتری در دمای ثابت

قرار می‌دهیم تا به تعادل برسند. هرگاه مجموع مول‌های موجود در تعادل برابر ۹۰٪ مجموع مول‌هایی که در آغاز در

ظرف قرار می‌دهیم باشد، عبارت  $K$  بر حسب  $a$  تقریباً کدام گزینه است؟ ( $a$  تعداد مول‌های اولیه هر گونه است.)



$\frac{3,33}{a}$  ۴

$\frac{4,44}{a}$  ۳

$\frac{5,55}{a}$  ۲

$\frac{6,66}{a}$  ۱



۸۷) در یک ظرف سربسته‌ی یک لیتری در دمای ثابت ۲ مول از هر یک از گازهای  $C$ ,  $B$  به همراه ۳ مول از هر یک از گازهای  $A$ ,  $D$  وجود دارد. به صورت هم‌زمان، ۲ مول گاز  $D$  و ۱ مول گاز  $A$  را به این مخلوط اضافه می‌کنیم. پس از مدتی، تعادل  $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g)$  در ظرف برقرار می‌شود. در این حالت غلظت گاز  $B$  برابر  $3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  می‌باشد. ثابت تعادل واکنش تقریباً کدام است؟

۰/۱۱ (۴)

۰/۴۵ (۳)

۰/۱۸ (۲)

۰/۲۹ (۱)

۸۸) در دمای ثابت، با افزایش فشار، حجم ظرف ۱۰ لیتری که دارای تعادلی با ۰/۸ مول  $CO(g)$  و ۰/۸ مول  $CO_2(g)$  و ۰/۸۴ مول  $Ni(s)$  و ۰/۸۴ مول  $NiO(s)$  است، به ۵ لیتر می‌رسد. غلظت  $CO(g)$  و  $CO_2(g)$  در این حالت برابر چند مول بر لیتر است؟

(واکنش تعادلی:  $NiO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Ni(s) + CO_2(g)$ )

۰/۱۶ (۴)

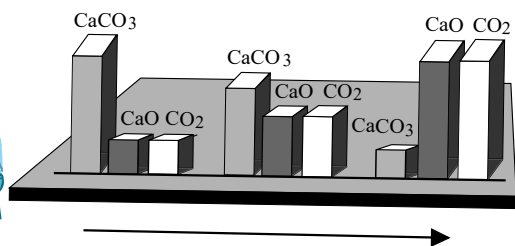
۰/۰۸ (۳)

۰/۰۴ (۲)

۰/۰۲ (۱)

۸۹) نمودار زیر اثر کدام تغییر را بر تعادل:  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$  در یک سامانه‌ی بسته

نشان می‌دهد و مقدار  $K$  چه تغییری می‌کند؟



۱) افزایش دما - افزایش

۲) کاهش دما - کاهش

۳) افزایش حجم - افزایش

۴) کاهش حجم - کاهش

۹۰) کدام گزینه درست است؟

۱)

با کاهش غلظت یکی از اجزای واکنش تعادلی  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه است.

۲) در واکنش تعادلی  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  افزایش فشار بر سرعت واکنش رفت تأثیر بیش‌تری دارد.

۳) در واکنش تجزیه‌ی  $N_2O_4$  هم جهت بودن دو عامل آنتالپی و آنتروپی باعث تعادلی شدن واکنش می‌شود.

۴) با سرد کردن یک واکنش گرماگیر تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار  $K$  افزایش می‌یابد.

۹۱) چند عبارت زیر درباره‌ی واکنش تعادلی  $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$  صحیح است؟

الف) افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش رفت و افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها می‌شود.

ب) کاهش حجم سیستم باعث افزایش غلظت مواد شرکت‌کننده در واکنش در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه می‌شود.

پ) افزایش فشار باعث افزایش سرعت واکنش در جهت رفت و کاهش سرعت در جهت برگشت می‌شود.

ت) کاتالیزور، ثابت سرعت واکنش رفت و برگشت را به یک میزان تغییر می‌دهد.

ث) کاهش فشار باعث بزرگ‌تر شدن خارج قسمت واکنش نسبت به ثابت تعادل می‌شود.

۱ (۴)

۴ (۳)

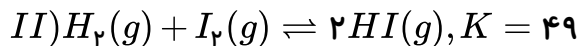
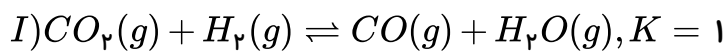
۳ (۲)

۲ (۱)





۹۲) واکنش‌های تعادلی زیر را در نظر بگیرید، واکنش (I) با یک مول  $CO_2(g)$  و ۴ مول  $H_2(g)$  و واکنش (II) با یک مول از هر دو واکنش دهنده شروع می‌شود. پس از برقراری تعادل در هر دو واکنش، نسبت بازده درصدی واکنش (I) به بازده درصدی واکنش (II) کدام است؟



۷۲  
۷۰ (۴)

۶۸  
۷۲ (۳)

۸۳  
۸۰ (۲)

۵۰  
۷۸ (۱)

۹۳) تعداد مول‌های مساوی از A و B را وارد ظرف یک لیتری کردیم تا واکنش انجام شده و تعادل گازی  $A + B \rightleftharpoons C + D$  برقرار شود اگر در هنگام تعادل تعداد مول‌های A، B و C به ترتیب برابر ۱٫۵، ۱٫۵ و ۱ مول باشد، چند مول ماده‌ی B باید به تعادل اضافه کنیم تا تعداد مول‌های C در تعادل جدید برابر ۱٫۶ مول باشد؟

۲٫۹۴ (۴)

۷٫۵ (۳)

۵٫۵ (۲)

۶٫۴ (۱)

۹۴) مقداری گاز  $NO_2$  را در یک ظرف سربسته‌ی ۲ لیتری حرارت می‌دهیم تا در آن تعادل گازی  $NO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + O_2(g)$  برقرار شود. اگر تا رسیدن به حالت تعادل ۴۰ درصد گاز  $NO_2$  تجزیه شده باشد و کل مول‌های گازی در ظرف واکنش برابر ۳ باشد، ثابت تعادل چند است؟ (واکنش موازنه نشده است.)

۹ (۴)

۱۰  
۴۵ (۳)

۱  
۱۸ (۲)

۱  
۹ (۱)

۹۵) مقداری A و ۱۳ مول B را در ظرف سربسته‌ی ۵ لیتری قرار می‌دهیم تا تعادل گازی  $A(g) + bB(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  ( $K = 0.5 \frac{L}{mol}$ ) برقرار شود. در صورتی که در لحظه‌ی تعادل ۳ مول C در ظرف واکنش موجود باشد، مقدار اولیه‌ی A چند مول بوده است؟

۲٫۴ (۴)

۱٫۸ (۳)

۲٫۱ (۲)

۰٫۹ (۱)

۹۶) در هنگام برقراری تعادل  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$  در یک ظرف سربسته‌ی یک لیتری، مقدار ۴ مول CO، ۵ مول  $H_2O$ ، ۶ مول  $CO_2$  و ۲ مول  $H_2$  را داریم. پس از اضافه شدن مقداری CO در دمای ثابت به مخلوط در حال تعادل و پس از برقراری تعادل جدید، ۱۰ مول فراورده در ظرف وجود دارد. چند مول CO به مخلوط افزوده شده است؟

۴٫۲۵ (۴)

۳٫۷۵ (۳)

۲٫۲۵ (۲)

۵٫۷۵ (۱)

۹۷) ۵ مول از هر ماده‌ی A، B و C را در یک ظرف ۱۰ لیتری وارد می‌کنیم تا تعادل گازی  $A + 2B \rightleftharpoons 2C$  برقرار شود. اگر در لحظه‌ی تعادل غلظت B، ۱٫۲ برابر غلظت A باشد، ثابت تعادل واکنش تجزیه C چند  $mol \cdot L^{-1}$  است.

۵٫۶۲۵ (۴)

۵٫۱۲۵ (۳)

۴٫۵ (۲)

۲٫۲۲۵ (۱)



۹۸) ۲۱g منیزیم کربنات در سامانه‌ای ۵ لیتری تحت دمای  $700^{\circ}C$  قرار می‌دهیم تا تعادل  $MgCO_3(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO_2(g)$  برقرار شود. در صورتی که بازده درصدی واکنش ۵۰٪ باشد،  $K_{eq}$  کدام است؟ ( $MgCO_3 = 84g \cdot mol^{-1}$ )

- ۱) ۰٫۰۵      ۲) ۰٫۰۲۵      ۳) ۰٫۵      ۴) ۰٫۲۵

۹۹) دو مول گاز دی‌نیتروژن پنتوکسید در ظرف دو لیتری به گاز اکسیژن و گاز نیتروژن دی‌اکسید در یک واکنش تعادلی تجزیه می‌شود. اگر پس از ۶۰ ثانیه، تعادل برقرار شود و نیم مول اکسیژن در ظرف وجود داشته باشد، مقدار عددی ثابت تعادل و سرعت متوسط واکنش تا رسیدن به تعادل، برحسب  $mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$  (به ترتیب از راست به چپ) کدام‌اند؟

- ۱) ۰٫۵ ، ۰٫۲۵      ۲) ۰٫۲۵ ، ۱      ۳) ۰٫۲۵ ، ۰٫۲۵      ۴) ۰٫۵ ، ۱

۱۰۰) بر اساس واکنش:  $N_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ، به ترتیب ۵ و ۱ مول از گازهای اکسیژن و نیتروژن در ظرف یک لیتری در بسته‌ای وارد و گرم شده‌اند. اگر این واکنش پس از تبدیل ۵۰٪ از گاز نیتروژن به فراورده، به تعادل برسد، مقدار  $K$  بر حسب  $L \cdot mol^{-1}$  کدام است؟

- ۱) ۰٫۱۲۵      ۲) ۰٫۲۵      ۳) ۱      ۴) ۴

۱۰۱) دو مول از اکسید فلز  $M$  و یک مول از  $CO(g)$  در ظرف یک لیتری در بسته وارد و گرما داده شده‌اند تا تعادل:  $CO(g) + MO(s) \rightleftharpoons M(s) + CO_2(g)$ ،  $K = ۰٫۲۵$ ،  $\frac{MO(s)}{M(s)}$ ، کدام است؟

- ۱) ۱۶      ۲) ۱۲      ۳) ۹      ۴) ۴

۱۰۲) یک مخلوط گازی که در مجموع شامل ۱٫۸ مول گاز است. برای رسیدن به تعادل زیر وارد یک محفظه‌ی یک لیتری شده است.  $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$  فشار اولیه ظرف، ۰٫۹ اتمسفر می‌باشد. در مخلوط اولیه، تعداد مول فراورده‌ها، ۱٫۲۵ برابر تعداد مول واکنش‌دهنده‌ها بوده و تعداد مول  $H_2O$  و  $CH_4$  با یکدیگر برابر می‌باشد. هم‌چنین ۵۰ درصد مولی فراورده‌ها را گاز  $H_2$  تشکیل می‌دهد. پس از مدتی، در دمای ثابت، تعادل در ظرف برقرار می‌شود و فشار ظرف به ۰٫۸ اتمسفر می‌رسد. مقدار ثابت تعادل در این دما کدام است؟

- ۱)  $7,26 \times 10^{-2}$       ۲)  $1,64 \times 10^{-2}$       ۳)  $1,28 \times 10^{-2}$       ۴)  $4,12 \times 10^{-3}$



۱۰۳ کدام موارد زیر در مورد واکنش تعادلی تجزیه‌ی کلسیم کربنات که در یک ظرف سربسته انجام می‌گیرد، صحیح هستند؟

الف- یکای ثابت تعادل آن،  $\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  است.

ب- فشار تعادلی  $\text{CO}_2(g)$  فقط به دما بستگی دارد.

پ- حضور و مقدار  $\text{CaO}(s)$  به ترتیب در برقراری تعادل و مقدار ثابت تعادل مؤثر است.

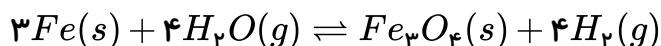
ت- با افزودن مقداری کلسیم کربنات به ظرف واکنش، مقدار  $\text{CO}_2$  تغییر نخواهد کرد.

۱) ب، پ و ت      ۲) ب و ت      ۳) الف و پ      ۴) الف، ب و پ

۱۰۴ مقدار یک مول ماده‌ی A را وارد محفظه‌ای به حجم ۵ لیتر می‌کنیم تا تعادل  $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$  برقرار شود. پیشرفت واکنش تا لحظه‌ی برقراری تعادل، چند درصد است؟ (ثابت تعادل واکنش را ۰٫۲۵ در نظر بگیرید.)

۱) ۲۵٪      ۲) ۳۰٪      ۳) ۵۰٪      ۴) ۸۰٪

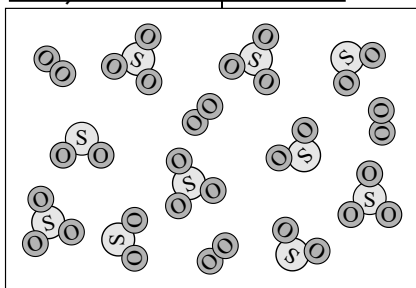
۱۰۵ مقدار زیادی گرد آهن را با ۰٫۶ مول بخار آب در ظرفی به حجم ۶ لیتر حرارت می‌دهیم تا واکنش زیر به تعادل برسد. اگر مقدار ثابت تعادل در دمای آزمایش برابر ۶۲۵ باشد. جرم  $\text{Fe}_3\text{O}_4(s)$  در حال تعادل چند گرم است؟ ( $\text{Fe} = ۵۶, \text{O} = ۱۶ : \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )



۱) ۲۹      ۲) ۷٫۲۵      ۳) ۵۸      ۴) ۳۴٫۸

۱۰۶ باتوجه به جدول داده شده، تعیین کنید که ظرف یک لیتری شکل زیر تقریباً در چه دمایی می‌تواند قرار داشته باشد؟ (در شکل، تعادل  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$  برقرار است و هر مولکول نشان‌دهنده‌ی  $4 \times 10^{-3}$  مول است.)

$K(\text{L} \cdot \text{mol}^{-1})$	دما (K)
$4.0 \times 10^{24}$	۲۵
$2.5 \times 10^{10}$	۲۲۷
$2.5 \times 10^2$	۴۳۶



۱) ۵۰۰ کلوین

۲) ۴۰۰ کلوین

۳) ۱۰۰ کلوین

۴) کم‌تر از ۲۵ کلوین



۱۰۷) چند مورد از مطالب زیر، نادرست است؟

الف- در واکنش تعادلی گرماگیر  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ ، افزایش دما موجب کوچک تر شدن ثابت تعادل می شود.

ب- مخلوط تعادلی  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ ، با کاهش دما کم رنگ تر می شود.

پ- تغییر دمای یک واکنش، مانند تغییر فشار می تواند سرعت و ثابت تعادل واکنش را تغییر دهد.

ت- در تعادل  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ، اثر افزایش دما روی سرعت واکنش رفت، مشابه اثر افزایش حجم ظرف بر روی سرعت آن است.

۴ (۴)

۳ (۳)

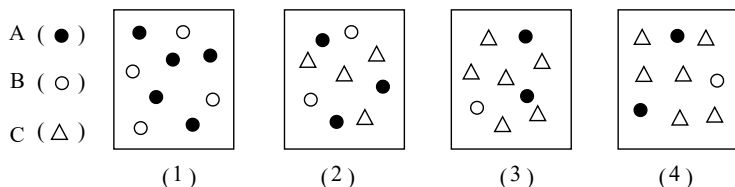
۲ (۲)

۱ (۱)

۱۰۸) گاز A و گاز B را وارد یک ظرف سربسته ی یک لیتری می کنیم. پس از تولید مقداری گاز C، در ظرف

تعادل برقرار می شود. باتوجه به شکل های زیر، مقدار ثابت تعادل واکنش کدام است؟ (هر ذره را معادل ۱/۲ مول در

نظر بگیرید.)



۹ (۴)

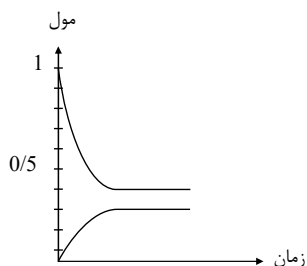
۱۸ (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)

۱۰۹) باتوجه به نمودار زیر، کدام گزینه برای تعادل گازی  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4 + q$  که در دمای ثابت و در ظرف

سربسته ی ۲ لیتری برقرار شده است، نادرست می باشد؟



۱) ثابت تعادل این واکنش در جهت برگشت در دمای مورد نظر تقریباً برابر  $۲۶۷ \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  است.

۲) با افزایش دما شدت رنگ قهوه ای افزایش می یابد.

۳) در مخلوط تعادلی، شمار مولکول های  $NO_2$ ، دو برابر شمار مولکول های  $N_2O_4$  است.

۴) با افزایش فشار در دمای ثابت، شدت رنگ قهوه ای افزایش یافته و ثابت تعادل تغییری نمی کند.

۱۱۰) در بین عبارات های زیر چند عبارت درست است؟

نیترژن در مقیاس صنعتی از تقطیر هوای مایع به دست می آید.

بیش ترین مصرف آمونیاک در کودهای شیمیایی و تزریق مستقیم به خاک کشاورزی است.

از نیترژن به دلیل واکنش پذیری کم در بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود.

دمای جوش خیلی پایین نیترژن باعث می شود تا در منجمد کردن نمونه های بیولوژیکی مانند خون استفاده شود.

فرایند هابر در دمای  $۲۵^\circ \text{C}$  از لحاظ ترمودینامیکی مساعد است، اما به طور سینتیکی کنترل می شود.

۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)



۱۱۱) ۲۵۵ گرم  $NH_4HS$  را در یک ظرف ۴ لیتری قرار می‌دهیم تا در دمای معین، تعادل  
 $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$  برقرار شود. اگر در هنگام تعادل، ۳۰٪ مول‌های موجود در ظرف متعلق  
 به واکنش‌دهنده باشد، مقدار ثابت تعادل تقریباً کدام است؟ ( $N = ۱۴, H = ۱, S = ۳۲ : g \cdot mol^{-1}$ )

۰٫۲۸ (۴)

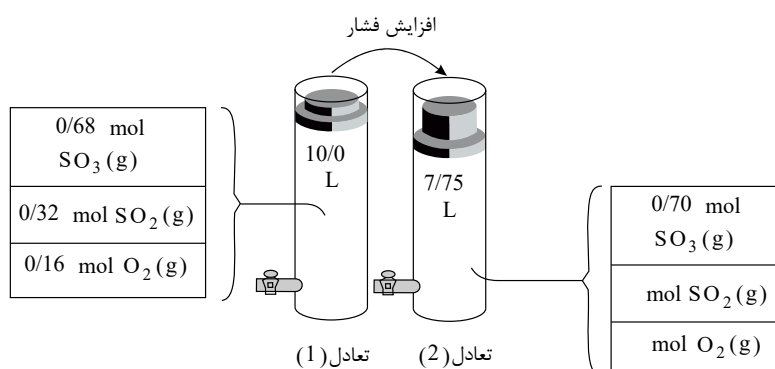
۰٫۷۹ (۳)

۰٫۴۶ (۲)

۷٫۳ (۱)

۱۱۲) باتوجه به شکل، شمار مول‌های  $SO_2$  در تعادل (۲) برابر ..... می‌باشد و با کاهش حجم ظرف در  
 دمای ثابت، خارج قسمت واکنش نسبت به  $K$  ..... می‌شود و نسبت مول‌های  $SO_2$  و  $O_2$  در دو تعادل  
 ..... .

(معادله‌ی واکنش انجام شده به صورت  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  است.)



۰٫۳۰، کوچک‌تر، یکسان است. (۱)

۰٫۳۴، بزرگ‌تر، متفاوت است. (۲)

۰٫۳۰، بزرگ‌تر، متفاوت است. (۳)

۰٫۳۴، کوچک‌تر، یکسان است. (۴)

۱۱۳) مقدار ۸٫۴ مول  $A$  را به همراه ۳۲۴ گرم  $B$  وارد ظرفی به حجم ۴ لیتر می‌کنیم. پس از برقراری تعادل  
 $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ ، غلظت  $A$ ، ۲۰ برابر غلظت  $C$  بوده و غلظت  $D$ ، ۰٫۰۴ برابر غلظت  $B$  می  
 باشد. جرم مولی گاز  $B$ ، چند گرم بر مول است؟

۴۵ (۴)

۲۰ (۳)

۳۰ (۲)

۱۰۸ (۱)

۱۱۴) در تعادل  $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ ،  $\Delta H > ۰$  است. کدام عبارت درست است؟

(۱) با افزایش دما تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار  $K$  و زمان برقراری دوباره تعادل افزایش می‌یابد.

(۲) با افزایش فشار تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و تعداد مول  $A$  و غلظت  $A$  و  $B$  افزایش می‌یابد.

(۳) با کاهش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار  $K$  کاهش و تعداد مول  $B$  افزایش می‌یابد.

(۴) با کاهش فشار تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و تعداد کل مول‌ها کاهش می‌یابد.



۱۱۵) باتوجه به واکنش:  $NiO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Ni(s) + CO_2(g)$ ,  $\Delta H < 0$ ، که در دمای معین به حالت تعادل است، چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

- رابطه‌ی ثابت تعادل آن، به صورت:  $K = \frac{[CO_2]}{[CO]}$  است.
- با کاهش دما، تعادلی جدید با ثابت  $K$  بزرگ‌تری برقرار می‌شود.
- با حذف مقداری از  $Ni(s)$  از سامانه‌ی واکنش، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.
- با انتقال به ظرف کوچک‌تر (در دمای ثابت)، تعادل جدیدی با ثابت  $K$  کوچک‌تری برقرار می‌شود.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۱۶) در یک آزمایش تولید آمونیاک در بهترین شرایط، ۲۵ درصد از گاز نیتروژن وارد شده در محفظه‌ی واکنش به فرآورده تبدیل شده است. اگر گازهای هیدروژن و نیتروژن به نسبت مولی ۳٫۷۵ به ۱، در محفظه‌ی واکنش یک لیتری وارد شده باشند. مقدار  $K$  با یکای  $L^2 \cdot mol^{-2}$ ، به تقریب کدام است؟

$3.7 \times 10^{-2}$  (۴)

$9.26 \times 10^{-3}$  (۳)

$1.23 \times 10^{-2}$  (۲)

۰٫۱۱ (۱)

۱۱۷) اگر یک مول گاز هیدروژن با دو مول گاز کربن دی‌اکسید در یک ظرف یک لیتری در بسته مخلوط شده، به گونه‌ی تعادلی با هم واکنش دهند و  $K$  برابر ۱٫۸ باشد، نسبت جرم  $H_2O(g)$  به جرم  $H_2(g)$  در مخلوط به حالت تعادل، کدام است؟ ( $H = 1, O = 16 : g \cdot mol^{-1}$ )

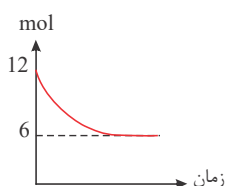
۲۷ (۴)

۹ (۳)

۵٫۲ (۲)

۳٫۶ (۱)

۱۱۸) نمودار تغییرات مول‌های آمونیوم هیدروژن سولفید در واکنش داده شده در یک ظرف ۲ لیتری به صورت زیر است. مقدار ثابت تعادل برحسب  $mol^2 \cdot L^{-2}$  کدام است؟  $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$



۱٫۵ (۲)

۹۹ (۱)

۳ (۴)

۳۶ (۳)

۱۱۹) در دمای معین ثابت تعادل واکنش  $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$  برابر با ۱۹۶ است،  $m$  گرم  $HBr$  را در محفظه‌ای ۲ لیتری وارد می‌کنیم اگر در هنگام تعادل ۰٫۰۴ مول  $Br_2$  در محفظه باشد، غلظت  $HBr$  در هنگام تعادل چند  $mol \cdot L^{-1}$  است؟ ( $H = 1$  و  $Br = 80 : g \cdot mol^{-1}$ )

۵۱٫۸۴ (۴)

۰٫۳۲ (۳)

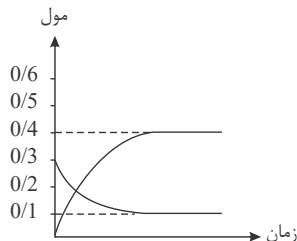
۰٫۲۸ (۲)

۰٫۰۴ (۱)



۱۲۰ در واکنش تعادلی موازنه نشده  $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ ، مطابق نمودار زیر، اگر مقدار عددی ثابت تعادل برابر با

۰٫۸ باشد، حجم ظرف چند لیتر است؟



۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

۳۰ (۴)

۲۵ (۳)

۱۲۱ گرم گوگرد دی‌اکسید را با ۰٫۴ مول گاز اکسیژن ترکیب می‌کنیم تا در ظرف سر بسته دو لیتری در

دمای مشخص، تعادل  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  برقرار شود. اگر در لحظه تعادل مجموع مول‌های گازی

برابر ۰٫۸ باشد، در این شرایط مقدار عددی ثابت تعادل چقدر است؟ ( $O = ۱۶, S = ۳۲ : g \cdot mol^{-1}$ )

۸۰ (۴)

۱۰ (۳)

۴۰ (۲)

۲۰ (۱)

۱۲۲ تعادل فرضی  $2A \rightleftharpoons 3B$  در یک ظرف ۵ لیتری برقرار است. با فرض اینکه مقدار ثابت تعادل برای این

واکنش برابر با  $۶۴ \frac{L^2}{mol^2}$  باشد، در لحظه برقراری تعادل، چند مول از ماده  $A$  در ظرف موجود است؟ (حالت فیزیکی

مواد یا جامد است یا گاز)

۰٫۶۲۵ (۴)

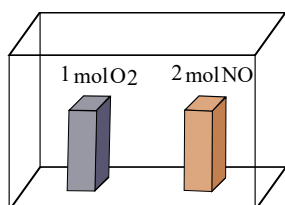
۲۰ (۳)

۴ (۲)

۰٫۱۲۵ (۱)

۱۲۳ مطابق شکل زیر در دمای معین مقداری  $O_2$  و  $NO$  در یک ظرف در بسته ۲ لیتری قرار داده می‌شود و پس

از گذشت مدت زمانی تعادل  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  برقرار می‌شود. کدام گزینه درست است؟



(۱) سرعت واکنش برگشت در ابتدا صفر بوده است و به تدریج زیاد شده تا تعادل برقرار شود.

(۲) بعد از برقراری تعادل، غلظت‌های  $N_2$  و  $O_2$  با هم برابر خواهد شد.

(۳) سرعت واکنش برگشت در ابتدا زیاد بوده و به تدریج به صفر می‌رسد.

(۴) بعد از برقراری تعادل در واکنش، غلظت  $O_2$  از غلظت  $NO$  بیشتر است.

۱۲۴ ۸ مول دی‌نیتروژن پنتوکسید در ظرفی سر بسته با حجم دو لیتر در دمای ثابت وارد واکنش تعادلی

$2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$  می‌شود. اگر در لحظه تعادل غلظت این ماده ۰٫۵ برابر غلظت نیتروژن

(IV) اکسید باشد، در این صورت مقدار عددی ثابت تعادل چقدر خواهد بود؟

۳۲ (۴)

۶۴ (۳)

۸ (۲)

۱۶ (۱)

۱۲۵ در صورت افزایش دما در تعادل گرماگیر  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ ، تعادل ..... که در این

صورت مقدار ثابت تعادل .....

(۲) جابه‌جا نمی‌شود - بدون تغییر می‌ماند.

(۱) به سمت راست جابه‌جا می‌شود - افزایش می‌یابد.

(۴) جابه‌جا نمی‌شود - به اندازه  $K$  تغییر می‌کند.

(۳) به سمت راست جابه‌جا می‌شود - کاهش می‌یابد.





۱۲۶) چند مورد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

(آ) افزایش میانگین انرژی جنبشی ذرات در واکنش تعادلی  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ ، مطابق اصل لوشاتلیه، موجب پررنگ‌تر شدن محلول می‌شود.

(ب) مطابق اصل لوشاتلیه اگر عاملی موجب بر هم زدن تعادل شود، سامانه در جهتی جابه‌جا می‌شود که اثر آن را به طور کامل از بین ببرد.

(پ) اگر با افزایش دما در یک واکنش تعادلی مقدار ثابت تعادل کاهش یابد، واکنش برگشت نمی‌تواند با افزایش آنتروپی همراه باشد.

(ت) در تعادل‌های گازی با کاهش فشار سامانه در دمای ثابت، غلظت همه گونه‌ها کاهش می‌یابد. (منظور از کاهش فشار افزایش حجم سامانه می‌باشد).

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

۱۲۷) کدام گزینه درست می‌باشد؟

(۱)

با افزودن مقداری آب خالص به  $2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \rightleftharpoons Al_2(SO_4)_3(aq) + 3Cu(s)$ ، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

(۲)

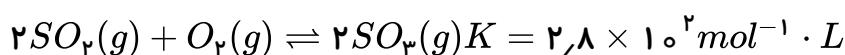
در واکنش تعادلی  $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightleftharpoons ZnSO_4(aq) + Cu(s)$ ،  $K = 5$ ، غلظت  $ZnSO_4(aq)$  از ابتدای واکنش تا هنگام تعادل، ۵ برابر غلظت  $CuSO_4(aq)$  می‌باشد.

(۳) با وارد کردن مقداری  $N_2O_4$  به سامانه در حال تعادل  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ، پس از مدتی دمای سامانه افزایش می‌یابد.

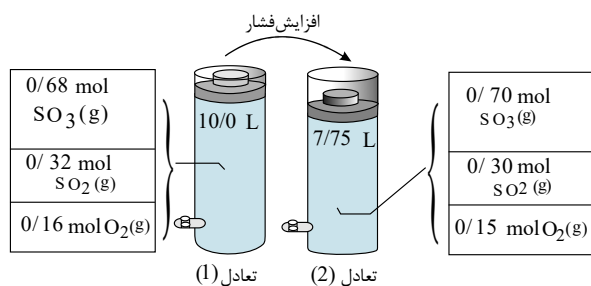
(۴)

با پیشرفت واکنش  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  تا برقراری تعادل در ظرفی با حجم ثابت، چگالی مخلوط گازها ثابت می‌ماند.

۱۲۸) باتوجه به شکل و فرایند تعادل گازی زیر در دمای  $727^\circ C$ ، کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟



(۱)



به خاطر اثر جزئی تغییر فشار بر مقدار ثابت تعادل، اختلاف مقدار ثابت تعادل حالت‌های ۱ و ۲، صفر نیست.

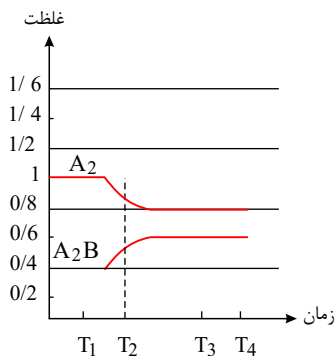
(۲) در اثر افزایش فشار، غلظت  $SO_3$  افزایش و غلظت  $SO_2$  و  $O_2$  کاهش پیدا کرده است.

(۳) اگر حجم سیلندر به  $15.0 L$  افزایش یابد، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و غلظت  $SO_3$  کاهش می‌یابد.

(۴) باتوجه به شکل، در اثر افزایش فشار، غلظت  $SO_3$  تقریباً ۹۴ برابر شده است.



۱۲۹) باتوجه به نمودار زیر، اگر بدانیم تغییر وارده بر تعادل  $2A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2A_2B(g)$ ، تغییر دما بوده



است، چند مورد از عبارت‌های زیر درست هستند؟ (تغییر غلظت  $B_2$  رسم نشده است).

آ) تغییر وارد شده به سامانه، کاهش دما بوده است.

ب) مقدار  $K$  واکنش در  $T_4$  کوچک‌تر از  $T_1$  می‌باشد.

پ) در لحظه  $T_2$  سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت بیش‌تر است.

ت) در صورتی که فشار سامانه افزایش می‌یافت نیز واکنش در همین جهت جابه‌جا

می‌شد.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

۱۳۰) بازده درصدی واکنش تعادلی زیر در دمای معین برابر ۶۰ درصد است. اگر ۶ مول گاز  $SO_3$  وارد ظرف

سربسته یک لیتری شود و واکنش پس از مدتی به تعادل برسد، مجموع مول‌های گازی در ظرف پس از تعادل چه قدر

است؟



۷٫۴ (۴)

۷٫۸ (۳)

۶٫۸ (۲)

۸٫۶ (۱)

۱۳۱) کدام گزینه نمی‌تواند منجر به پررنگ‌تر شدن مخلوط تعادلی  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  شود؟

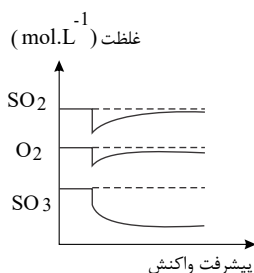
(۴) افزودن کاتالیزگر مناسب

(۲) افزایش فشار در دمای ثابت

(۳) افزودن  $N_2O_4$

(۱) افزودن  $NO_2$

۱۳۲) نمودار روبه‌رو مربوط به اعمال کدام تغییر در واکنش تعادلی  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  است؟



(۱) کاهش غلظت گوگرد (VI) اکسید

(۲) قرار دادن ظرف واکنش در حمام محتوی آب و یخ

(۳) اضافه کردن گاز حاصل از تجزیه سدیم نیترات به این واکنش

(۴) انجام واکنش در ظرفی با حجم بیش‌تر

۱۳۳) مقدار ۴ مول  $C$  و ۶ مول  $D$  و مقداری از  $A$  و  $B$  را وارد ظرفی به حجم یک لیتر می‌کنیم تا تعادل

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$  انجام پذیرد. اگر از همان ابتدا واکنش در تعادل باشد و بدانیم تعداد مول  $B$ ،

$\frac{1}{3}$  برابر تعداد مول  $D$  و تعداد مول  $A$ ، نصف تعداد مول  $C$  است، چند مول  $D$  به ظرف واکنش اضافه کنیم تا مقدار

$C$  در تعادل جدید، به ۷۵٪ مقدار اولیه آن برسد؟

۱۴ (۴)

۱۲ (۳)

۱۱ (۲)

۱۳ (۱)



۱۳۴ واکنش تعادلی  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  را در دمای ثابت در نظر بگیرید. اگر در ابتدای کار، هیچ مولکول فراورده‌ای در ظرف واکنش موجود نباشد و غلظت  $N_2$  چهار برابر غلظت  $O_2$  باشد و پس از برقراری تعادل، غلظت تعادلی  $O_2$  چهار برابر غلظت تعادلی  $NO$  باشد، مقدار ثابت تعادل این واکنش چه قدر خواهد شد؟

- ۱  $\frac{1}{490}$  ۲  $\frac{1}{70}$  ۳  $\frac{4}{70}$  ۴  $\frac{9}{70}$

۱۳۵ اگر واکنش تعادلی  $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ ،  $K = 4$  با مقدار ۱ مول  $A$  آغاز شود و در یک ظرف ۲ لیتری به تعادل برسد، حداکثر درصد پیشرفت این واکنش چند برابر حداکثر درصد پیشرفت در حالتی است که واکنش با ۳ مول از ماده  $A$  در یک ظرف ۴ لیتری آغاز شده و به تعادل رسیده باشد؟

- ۱ ۲ ۲  $\frac{2}{3}$  ۳  $\frac{1}{3}$  ۴  $\frac{2}{3}$

۱۳۶ براساس واکنش  $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$  ۲ مول از هر یک از مواد شرکت‌کننده در واکنش، در ظرف ۳ لیتری در بسته‌ای در حال تعادل وجود دارند. اگر در دمای ثابت به طور همزمان به این تعادل ۳ مول  $A$  و ۶ مول  $B$  و ۶ مول  $C$  اضافه کنیم، پس از برقراری تعادل، مجموع مول‌های مواد شرکت‌کننده در تعادل کدام است؟

- ۱ ۸ ۲ ۲۵ ۳ ۲۳ ۴ ۲۴

۱۳۷ با توجه به واکنش تعادلی  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$   $\Delta H = -57 kJ$ ، کدام عبارت درست است؟

- ۱ با افزایش دما یا کاهش حجم مقدار  $N_2O_4$  کاهش می‌یابد.  
۲ با کاهش دما یا افزایش حجم مقدار  $NO_2$  افزایش می‌یابد.  
۳ با قرار دادن مخلوط گازی در آب و یخ، مقدار  $K$  کاهش یافته و مخلوط در حال تعادل پُررنگ‌تر می‌شود.  
۴ با قرار دادن مخلوط گازی در آب گرم مقدار  $K$  کاهش یافته و مقدار کل مول‌های مخلوط در تعادل جدید بیش‌تر می‌شود.

۱۳۸ چند مورد از عبارتهای زیر، جاهای خالی را به درستی تکمیل می‌کنند؟

«می‌توان گفت همواره هنگامی تعادل برقرار می‌شود که ..... و ..... ، ..... شوند.»

- (آ) سرعت واکنش رفت - سرعت واکنش برگشت - برابر  
(ب) غلظت واکنش‌دهنده‌ها - غلظت فراورده‌ها - برابر  
(پ) سرعت واکنش رفت - سرعت واکنش برگشت - صفر  
(ت) غلظت واکنش‌دهنده‌ها - غلظت فراورده‌ها - ثابت

- ۱ ۴ ۲ ۳ ۳ ۱ ۴ ۲

۱۳۹ ۳۸٫۴ گرم گوگرد دی‌اکسید را با ۰٫۴ مول گاز اکسیژن ترکیب می‌کنیم تا در ظرف سربسته دو لیتری در

دمای مشخص، تعادل  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  برقرار شود. اگر در لحظه تعادل مجموع مول‌های گازی برابر ۰٫۸ باشد، در این شرایط مقدار عددی ثابت تعادل چقدر است؟ ( $O = 16$ ،  $S = 32$  :  $g \cdot mol^{-1}$ )

- ۱ ۴۰ ۲ ۸۰ ۳ ۲۰ ۴ ۱۰



۱۴۰ در صورت افزایش دما در تعادل گرماگیر  $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$  تعادل ..... که در این صورت مقدار ثابت تعادل ..... .

- ۱ به سمت راست جابه‌جا می‌شود - افزایش می‌یابد. ۲ جابه‌جا نمی‌شود - به اندازه  $K$  تغییر می‌کند.  
۳ جابه‌جا نمی‌شود - بدون تغییر می‌ماند. ۴ به سمت راست جابه‌جا می‌شود - کاهش می‌یابد.

۱۴۱ اگر در واکنش فرضی  $aA(g) \rightleftharpoons bB(g) + cC(g)$  با افزایش فشار واکنش در جهت رفت جابه‌جا شود، کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- ۱  $a < b + c$  ۲ با انتقال واکنش به ظرف بزرگ‌تر، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.  
۳  $\Delta H < 0$  ۴  $\frac{[A]^a}{K} = [B]^b [C]^c$

۱۴۲ واکنش  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$  با مقداری از واکنش‌دهنده‌ها در ظرفی ۲ لیتری شروع می‌شود و در لحظه تعادل ۲ مول  $CO$  و ۸ مول  $H_2O$  در ظرف واکنش وجود دارد. اگر ثابت تعادل واکنش ۴ باشد، با افزودن ۶ مول  $CO(g)$  به ظرف واکنش و برقراری مجدد تعادل، غلظت  $H_2$  و  $CO$  به ترتیب از راست به چپ تقریباً چند مول بر لیتر خواهد بود؟

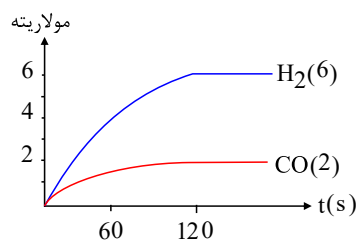
- ۱  $5,33 - 2,67$  ۲  $10,67 - 5,33$  ۳  $5,33 - 10,67$  ۴  $2,67 - 5,33$

۱۴۳ در یک واکنش تعادلی گازی در مای معین ( $K = 81 \text{ mol}^{-1} \cdot L$ ) است، .....

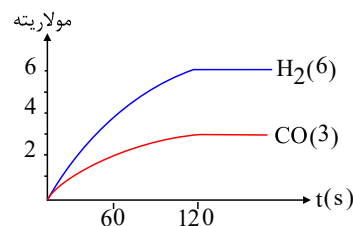
- ۱ با افزایش فشار، تعادل به سمت راست (در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود.  
۲ با افزایش حجم ظرف، تعادل به سمت راست (در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود.  
۳ کاهش فشار تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد.  
۴ با کاهش حجم ظرف، تعادل ابتدا در جهت رفت و سپس در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.



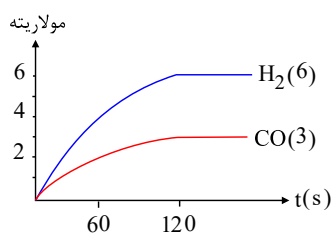
۱۴۴) ۴ مول متان و ۲٫۲ مول بخار آب را در یک ظرف یک لیتری وارد کرده، گرم می‌کنیم تا در یک واکنش تعادلی به گازهای هیدروژن و کربن مونو اکسید مبدل شوند. اگر در لحظه تعادل، مقدار گاز متان برابر ۲ مول باشد، کدام نمودار برای تغییر غلظت فراورده‌های این واکنش درست و ثابت تعادل، به تقریب، کدام است؟



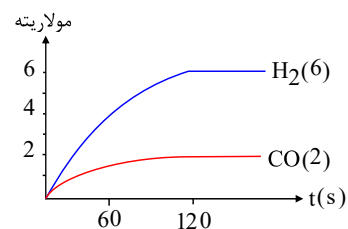
۲



۱



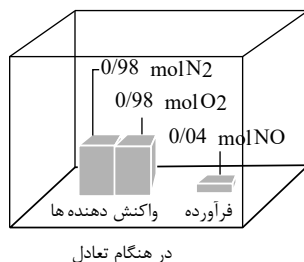
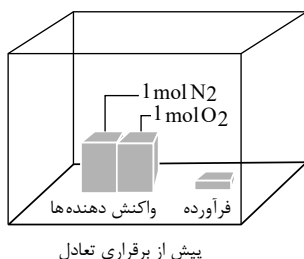
۴



۳

۱۴۵) با توجه به شکل روبه‌رو، که به واکنش تعادلی گازی:  $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$ ، در ظرف سربسته

یک لیتری مربوط است، کدام مطلب درست است؟



۱) تعادل در سمت راست (سمت فراورده) قرار دارد.

۲

ثابت تعادل این واکنش در شرایط آزمایش، برابر  $1.67 \times 10^{-4}$  است.

۳) ثابت این تعادل، کوچک و زمان رسیدن حالت تعادل بسیار کوتاه است.

۴) تعادل، زمانی برقرار شده است که واکنش به میزان ۲ درصد پیشرفت کرده است.

۴

۱۴۶) واکنش  $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  با ۴ مول از ماده A و ۱۰ مول از ماده B در ظرف ۲ لیتری شروع

می‌شود. اگر واکنش پس از ۸۰ درصد پیشرفت به تعادل برسد، مقدار تقریبی ثابت تعادل چند لیتر بر مول است؟

۰٫۲۵ ۴

۳٫۹۵ ۳

۴۰ ۲

۷٫۹ ۱

۱۴۷) واکنش  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$  را با قرار دادن ۴ مول از هر یک از گازهای  $H_2$  و

$CO_2$  و ۲ مول از هر یک از گازهای  $CO$  و  $H_2O$  در ظرفی به حجم یک لیتر آغاز می‌کنیم. در صورتی که بدانیم

ثابت تعادل واکنش ۹ است، هنگام برقراری تعادل، چند لیتر گاز در شرایطی که حجم مولی گازها  $18.5 L \cdot mol^{-1}$  است، خواهیم داشت؟

۱۳۴٫۴ ۴

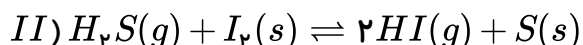
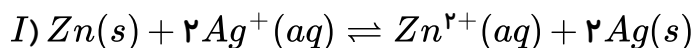
۲۶۸٫۸ ۳

۲۲۲ ۲

۱۱۱ ۱



۱۴۸) باتوجه به واکنش‌های  $I$  و  $II$  عبارات ..... و ..... نادرست‌اند.



آ) با افزودن  $NaCl(s)$  به محلول واکنش  $(I)$ ، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

ب) با انتقال واکنش  $(II)$  به ظرف بزرگتر غلظت  $HI$  کاهش یافته و برای برابر شدن دوباره  $Q$  و  $K$ ، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

پ) یکای ثابت تعادل واکنش‌های  $(I)$  و  $(II)$  عکس یکدیگرند.

ت) افزودن کاتالیزگر و افزایش دما، هر دو، ثابت تعادل واکنش  $(II)$  را افزایش می‌دهند.

- ۱) «آ» و «ب»      ۲) «ب» و «پ»      ۳) «پ» و «ت»      ۴) «آ» و «ت»

۱۴۹) اگر برای یک تعادل گازی، مقدار ثابت تعادل برابر  $10^{-2} \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$  باشد، کدام نتیجه‌گیری

نادرست است؟

- ۱) پیشرفت واکنش زیاد است.      ۲) با افزایش فشار، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود.  
۳) با کاهش دما، مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد.      ۴) سرعت واکنش رفت بیش‌تر از سرعت واکنش برگشت است.

۱۵۰) کدام مطلب، صحیح است؟

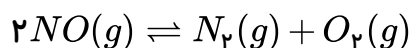
- ۱) با افزوده شدن  $SO_3(g)$  به تعادل  $2SO_3(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g)$ ، غلظت  $SO_3(g)$  در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه می‌باشد.  
۲) افزایش حجم ظرف در دمای ثابت در واکنش تعادلی  $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$  موجب جابه‌جایی تعادل به سمت چپ می‌شود.  
۳) در واکنش تجزیه کلسیم کربنات، افزودن مقداری  $CaCO_3$  به تعادل اثری همانند کاهش فشار دارد.  
۴) در واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ، با افزایش دما ثابت تعادل نیز افزایش می‌یابد.

۱۵۱) کدام مطلب در مورد اثر افزایش دما در واکنش‌های شیمیایی درست است؟

- ۱) در تعادل‌های گرماگیر سبب کوچک‌تر شدن ثابت تعادل می‌شود.  
۲) در تعادل‌های گرماگیر سرعت واکنش رفت را افزایش و سرعت واکنش برگشت را کاهش می‌دهد.  
۳) زمان رسیدن به حالت تعادل را در واکنش‌های برگشت‌پذیر کوتاه می‌کند.  
۴) در تعادل‌های گرماده باتوجه به افزایش مقدار  $K$ ، واکنش را تا حد کامل شدن پیش می‌برد.

۱۵۲) واکنش تعادلی زیر را در نظر بگیرید. اگر به سامانه بسته‌ای با حجم ۲ لیتر در دمای معین، مقدار ۰٫۶ مول

$NO$  وارد شود، غلظت تعادلی  $N_2$  چند مول بر لیتر خواهد بود؟ ( $K = 4$ )



- ۱) ۰٫۲۴      ۲) ۰٫۱۲      ۳) ۰٫۲      ۴) ۰٫۴



۱۵۳ در یک ظرف سرباز، ۴۰ گرم کلسیم کربنات مطابق واکنش  $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$  تجزیه می‌شود. اگر سرعت متوسط واکنش برابر  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$  باشد، پس از گذشت ۶۰ ثانیه از آغاز واکنش، جرم مخلوط واکنش چند درصد کاهش می‌یابد؟

( $Ca = 40, O = 16, C = 12 : g \cdot \text{mol}^{-1}$ )

- ۱) ۳۲٫۵%      ۲) ۲۷٫۵%      ۳) ۲۰%      ۴) ۱۸٫۵%

۱۵۴ ۵ مول گاز اکسیژن و ۱ مول گاز نیتروژن در ظرف یک لیتری سربسته‌ای وارد و تا رسیدن به تعادل  $N_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  گرم شده‌اند. اگر مجموع مول‌های گازی در تعادل برابر ۵٫۵ باشد، به ترتیب از راست به چپ، ثابت تعادل این واکنش برحسب  $L \cdot \text{mol}^{-1}$  کدام است و بازده درصدی واکنش در شرایط آزمایش چقدر است؟

- ۱) ۵۰ - ۰٫۲۵      ۲) ۵۰ - ۰٫۱۲۵      ۳) ۷۵ - ۰٫۲۵      ۴) ۷۵ - ۰٫۱۲۵

۱۵۵ اگر به تعادل  $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$  مقداری آب اضافه کنیم، چند مورد از عبارتهای زیر در مورد آن درست است؟

- تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.
- سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد.
- غلظت  $NH_3$  و  $OH^-$  در تعادل جدید کم‌تر از تعادل اولیه می‌شود.
- در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه سرعت واکنش‌های رفت و برگشت بیشتر است.

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۱۵۶ ۲۰۰ گرم کلسیم کربنات را در ظرف سربسته ۵ لیتری حرارت می‌دهیم تا به تعادل برسد. چنانچه پس از برقراری تعادل ۱٫۷۶ گرم گاز کربن دی‌اکسید در ظرف داشته باشیم، مقدار ثابت تعادل کدام است؟

- ۱) ۰٫۰۰۱      ۲) ۰٫۰۰۲      ۳) ۰٫۰۰۴      ۴) ۰٫۰۰۸

۱۵۷ بازده درصدی واکنش تعادلی زیر در دمای معین برابر ۶۰ درصد است. اگر ۶ مول گاز  $SO_3$  وارد ظرف سربسته یک لیتری شود و واکنش پس از مدتی به تعادل برسد، مجموع مول‌های گازی در ظرف پس از تعادل چه قدر است؟  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$

- ۱) ۶٫۸      ۲) ۷٫۴      ۳) ۸٫۶      ۴) ۷٫۸

۱۵۸ در سامانه بسته‌ای به حجم ۲ لیتر در دمای  $425^\circ C$ ، مقدار ۳ مول از هر یک از گازهای  $CO_2$  و  $H_2$ ، به همراه ۱ مول از هر یک از گازهای  $CO$  و بخار آب در تعادل‌اند. اگر در این دما مقدار ۰٫۵ مول گاز  $CO$  و ۰٫۵ مول از بخار آب را از تعادل خارج کنیم، در تعادل جدید غلظت‌های تعادلی  $H_2$  و  $CO$  به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$

- ۱) ۱٫۳۱۲۵ - ۰٫۴۳۷۵      ۲) ۰٫۴۳۷۵ - ۱٫۳۱۲۵      ۳) ۰٫۸۷۵ - ۲٫۶۲۵      ۴) ۲٫۶۲۵ - ۰٫۸۷۵

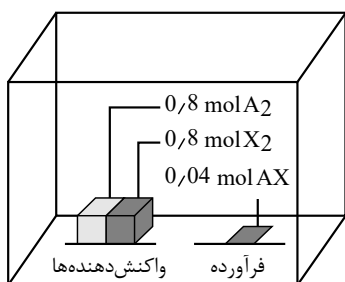




۱۵۹) ۵ مول  $CO(g)$  با  $۱۶g$  از  $H_2(g)$  در یک ظرف پنج لیتری در بسته، مطابق معادله:  
 $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$   
 واکنش به تعادل برسد، سرعت متوسط مصرف  $H_2(g)$  چند  $mol.L^{-1} \cdot s^{-1}$  و مقدار  $K$  با یکای  $L^2 \cdot mol^{-2}$  کدام است؟  
 ( $H = 1, C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$ )

- ۱)  $۹,۳۷۵,۰۶,۶۷ \times ۱۰^{-۴}$  ۲)  $۳,۷۵,۰۲,۷۸ \times ۱۰^{-۴}$  ۳)  $۹,۳۷۵,۰۲,۷۸ \times ۱۰^{-۴}$  ۴)  $۳,۷۵,۰۶,۶۷ \times ۱۰^{-۴}$

۱۶۰) با توجه به داده‌های شکل زیر که مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها را در حالت تعادل در یک ظرف دو لیتری در بسته در دمای معین نشان می‌دهد، ثابت تعادل کدام است و اگر بتوانیم حجم ظرف را در دمای ثابت، به نصف کاهش دهیم، چه روی خواهد داد؟ (همه مواد گازی شکل‌اند.)



- ۱)  $۲,۵ \times ۱۰^{-۳}$  وضعیت تعادل حفظ می‌شود.  
 ۲)  $۱,۶۶ \times ۱۰^{-۳}$  وضعیت تعادل حفظ می‌شود.  
 ۳)  $۲,۵ \times ۱۰^{-۳}$  تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.  
 ۴)  $۱,۶۶ \times ۱۰^{-۳}$  تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

۱۶۱) یکای ثابت تعادل در واکنش تجزیه کلسیم کربنات، با یکای ثابت تعادل در کدام واکنش یکسان است؟

- ۱)  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$  ۲)  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   
 ۳)  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  ۴)  $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$

۱۶۲) انحلال‌پذیری کلسیم سولفات در دمای معین، برابر  $۰,۲۷۲g$  گرم در  $۱۰۰g$  آب است. ثابت تعادل:

- $CaSO_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$  برابر چند  $mol^2 \cdot L^{-2}$  است؟  
 ( $d_{mah} \approx 1g \cdot mL^{-1}, O = 16, S = 32, Ca = 40 : g \cdot mol^{-1}$ )  
 ۱)  $۴ \times ۱۰^{-۴}$  ۲)  $۴ \times ۱۰^{-۶}$  ۳)  $۲ \times ۱۰^{-۴}$  ۴)  $۲ \times ۱۰^{-۶}$

۱۶۳) در یک ظرف ۵ لیتری در بسته، سه مول  $SO_2(g)$  و دو مول  $NO_2(g)$  وارد واکنش تعادلی:  
 $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$   
 شده‌اند. اگر در لحظه تعادل، ۱۰ درصد از گاز  $NO_2(g)$  باقی‌مانده باشد، مقدار  $K$  کدام است و درصد جرمی کدام گاز در مخلوط تعادلی، بیش‌تر است؟

- ( $N = 14, O = 16, S = 32 : g \cdot mol^{-1}$ )  
 ۱)  $SO_3, ۰,۹$  ۲)  $NO, ۰,۹$  ۳)  $SO_3, ۰,۱۳,۵$  ۴)  $NO, ۰,۱۳,۵$

۱۶۴) یک مول  $H_2(g)$  و سه مول  $CuO(g)$  در یک ظرف یک لیتری در بسته در واکنش تعادلی:

$CuO(s) + H_2(g) \rightleftharpoons Cu(s) + H_2O(g), K = ۴$  وارد شده‌اند. اگر پس از برقراری تعادل، یک مول گاز  $H_2$  اضافی در دمای ثابت وارد ظرف شود، پس از برقراری دوباره تعادل، غلظت  $H_2(g)$  برابر چند مول بر لیتر، خواهد شد؟

- ۱)  $۰,۴$  ۲)  $۰,۶$  ۳)  $۱,۴$  ۴)  $۱,۶$



۱۶۵ اگر در یک واکنش گاه به حجم ۱۵۰ لیتر، ۵ کیلوگرم  $SnO_2$  به همراه ۵٫۶ کیلوگرم گاز  $CO$  وارد شده و پس از واکنش و برقراری تعادل:  $SnO_2(s) + 2CO(g) \rightleftharpoons Sn(s) + 2CO_2(g)$ ، ۲٫۴ کیلوگرم فلز قلع به دست آید، ثابت تعادل، کدام است؟ ( $C = 12, O = 16, Sn \approx 120 : g \cdot mol^{-1}$  : سامانه واکنش بسته فرض شود).

- ۱) ۰٫۰۶۲۵      ۲) ۰٫۰۲۵      ۳) ۰٫۶۲۵      ۴) ۰٫۲۵

۱۶۶ به محلول یک باز ضعیف در آب، نمک کلرید آن را اضافه می‌کنیم، در این صورت  $pH$  محلول باز اولیه

.....

- ۱) افزایش می‌یابد.      ۲) تغییری نمی‌کند.  
۳) کاهش می‌یابد.      ۴) بسته به غلظت نمک می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.

۱۶۷ این جمله که «استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند» اشاره به کدامیک از فناوری‌های علم شیمی دارد؟

- ۱) کاهش آلودگی هوا با مبدل‌های کاتالیستی      ۲) فناوری تولید بنزین  
۳) فناوری شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک‌ها      ۴) فناوری تولید سلاح‌های شیمیایی

۱۶۸ کدام یک از گزینه‌های زیر، ترتیب زمانی درستی از فناوری‌های به دست آمده در گذر زمان را به درستی نشان می‌دهد؟

- ۱) مواد عایق گرما → ویتامین آ → آمونیاک → اوره      ۲) ویتامین آ → آمونیاک → اوره → مواد عایق گرما  
۳) ویتامین آ → مواد عایق → اوره → آمونیاک      ۴) مواد عایق گرما → ویتامین آ → اوره → آمونیاک

۱۶۹ چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح می‌باشند؟

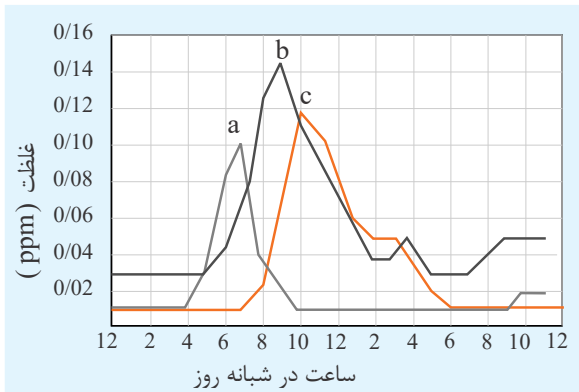
- کاهش آلودگی هوا تنها با بهینه کردن و اصلاح سوخت‌های فسیلی موجود ممکن است.
- فناوری تولید بنزین به حمل و نقل سرعت بخشید و مبدل‌های کاتالیستی آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.
- فناوری شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب نقش چشمگیری در تأمین غذای جمعیت جهان دارد.
- گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیک، مدیون دانش الکترونیک است.

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴



۱۷۰ با توجه به نمودار زیر کدام یک از عبارات های زیر صحیح می باشد؟

۱

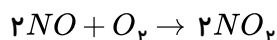


b گازی قهوه‌ای رنگ است و در ساختار الکترون نقطه‌ای آن اتم مرکزی یک جفت الکترون ناپیوندی دارد.

۲ a گاز NO است و واکنش تشکیل آن در دمای بالای  $1000^{\circ}C$  در موتور خودروها انجام می شود.

۳ c گاز  $O_3$  است و واکنش تشکیل آن در تروپوسفر به صورت  $O_2 + O \rightarrow O_3$  است.

۴ a گاز  $NO_2$  است و واکنش تشکیل آن به صورت زیر است:



۱۷۱ فرض کنید خودروی شما به طور میانگین در سال ۱۰,۰۰۰ کیلومتر مسافت می پیماید. با توجه به جدول زیر

میزان CO و NO آزاد شده را بر حسب کیلوگرم محاسبه کنید.

مقدار آلاینده به ازای یک کیلومتر (گرم)	فرمول شیمیایی آلاینده
۵,۹۹	CO
۱,۶۷	$C_xY_y$
۱,۰۴	NO

۱ ۵۹,۹ - ۱۰,۴ ۲ ۵۹۹۰۰ - ۱۰۴۰۰ ۳ ۵۹۹ - ۱۰۴ ۴ ۵,۹ - ۱,۰۴

۱۷۲ با توجه به اطلاعات زیر با حذف خودروهای تک سرنشین چند درصد از میزان CO کاسته می شود و این

میزان چند تن است؟

- حدوداً چهار میلیون خودرو در تهران شماره گذاری شده است.
- فرض کنید تنها نیمی از خودروها در هر روز در تهران تردد کنند. «به طور میانگین هر خودرو ۲۰ کیلومتر»
- به طور میانگین ۶۰ درصد از خودروهایی که در تهران تردد می کنند، تک سرنشین هستند.
- میزان CO آزاد شده طی یک کیلومتر را حدوداً ۶ گرم در نظر بگیرید.

۱ ۶۰٪ - ۷۲ ۲ ۴۰٪ - ۷۲ ۳ ۶۰٪ - ۱۴۴ ۴ ۴۰٪ - ۱۴۴

۱۷۳ میزان آلاینده ها در نیمه ..... شبانه روز ..... است.

۱ اول - کمتر ۲ اول - بیشتر ۳ دوم - بیشتر ۴ اول و دوم - یکسان



۱۷۴) هریک از عبارت‌های زیر معرف کدام یک از گازهای ذکر شده است؟

الف) گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سمی که حاصل سوختن ناقص سوخت‌های فسیلی است.

ب) از دگر شکل‌های اکسیژن است و واکنش‌پذیری آن بیشتر از  $O_2$  است.

ج) از ترکیب نیتروژن موجود در هوا با اکسیژن در دمای بالای  $1000^\circ C$  در موتور خودروها تولید می‌شود.

۲) الف:  $C$  ب:  $O_3$  ج:  $NO$

۱) الف:  $C$  ب:  $O$  ج:  $NO_2$

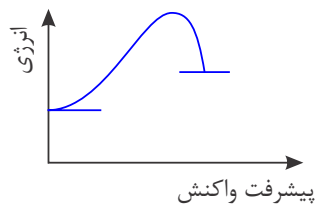
۴) الف:  $CO$  ب:  $O_3$  ج:  $NO$

۳) الف:  $CO$  ب:  $O$  ج:  $NO_2$

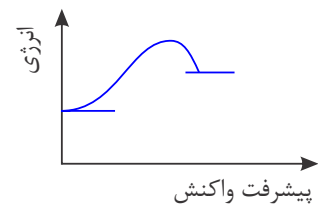
۱۷۵) فسفر سفید ..... گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد و  $\Delta H$  آن مقداری ..... است.

۱) مانند - منفی ۲) برخلاف - منفی ۳) مانند - مثبت ۴) برخلاف - مثبت

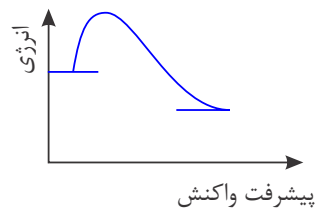
۱۷۶) کدام یک از نمودارهای زیر، مربوط به واکنش گرماده‌ای است که با سرعتی بیشتر انجام می‌شود؟



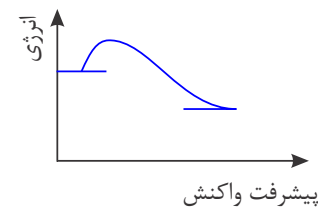
۲



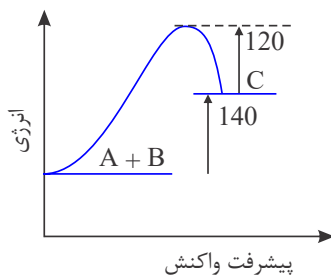
۱



۴



۳



۱۷۷) با توجه به نمودار زیر کدام عبارت صحیح نمی‌باشد؟

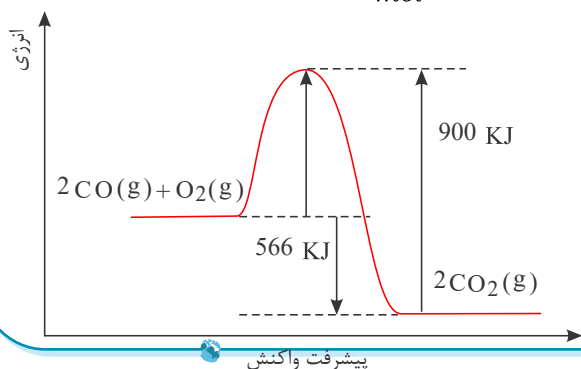
۲)  $\Delta H$  این واکنش  $140 \text{ KJ}$  است.

۱) انرژی فعال‌سازی این واکنش برابر  $260 \text{ KJ}$  است.

۴) فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند.

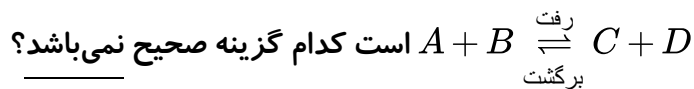
۳) واکنش گرماگیر است و  $\Delta H$  آن مقداری مثبت است.

۱۷۸) کدام گزینه در رابطه با نمودار زیر صحیح نمی‌باشد؟ « $O = 16 \text{ g/mol}$ ,  $C = 12 \text{ g/mol}$ »





۱۸۰ با توجه به نمودار زیر که مربوط به واکنش

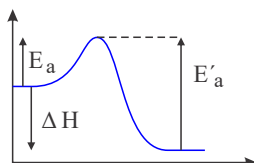


۱  $\Delta H = E_a - E'_a$  رفت

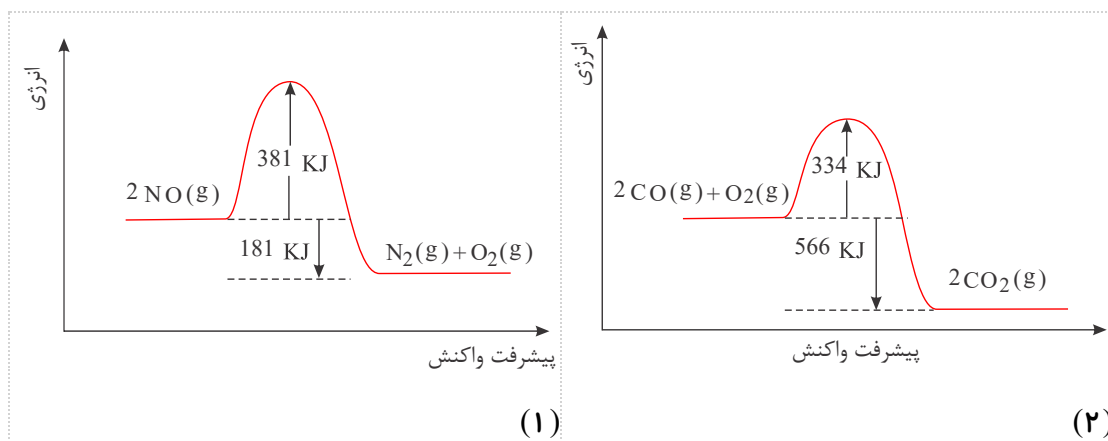
۲  $\Delta H$  واکنش  $C + D \rightarrow A + B$  از رابطه  $E'_a - E_a$  به دست می‌آید.

۳ در شرایط یکسان  $R > R'$  است. برگشت رفت

۴ در شرایط یکسان سرعت واکنش رفت و برگشت تفاوتی ندارد.



۱۸۱ با توجه به نمودارهای زیر کدام گزینه صحیح نمی‌باشد؟



۱ هر دو واکنش گرماده می‌باشد و علامت  $\Delta H$  در هر دو منفی است.

۲ این واکنش‌ها در دماهای پایین انجام نمی‌شوند.

۳ در شرایط یکسان سرعت واکنش ۲  $>$  سرعت واکنش ۱

۴ گرمای آزاد شده واکنش ۱  $>$  گرمای آزاد شده از واکنش ۲

۱۸۲ اگر واکنش  $A \rightarrow B$  برگشت پذیر باشد، با توجه به واکنش  $A(g) \xrightleftharpoons[\text{برگشت}]{\text{رفت}} B(g)$  و اطلاعات زیر کدام مطلب درست می‌باشد؟

«انرژی فعال سازی واکنش رفت  $40 \text{ kJ}$  و انرژی واکنش برگشت را  $60 \text{ kJ}$  در نظر بگیرید»

۱  $\Delta H$  واکنش رفت  $20 \text{ kJ}$  است. ۲  $\Delta H$  واکنش برگشت  $20 \text{ kJ}$  است.

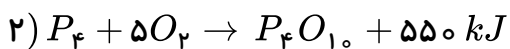
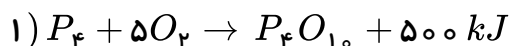
۳ سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است. ۴ واکنش دهنده‌ها سطح انرژی کمتری نسبت به فرآورده‌ها دارند.

۱۸۳ اگر در واکنش برگشت پذیر  $A \xrightleftharpoons[\text{برگشت}]{\text{رفت}} B$  در جهت برگشت گرماگیر باشد، کدام رابطه در مورد واکنش رفت صحیح است؟

«انرژی فعال سازی  $A \rightarrow B$  را  $E_{a1}$  و انرژی فعال سازی  $B \rightarrow A$  را با  $E_{a2}$  نشان می‌دهیم»



۱۸۴) با توجه به واکنش‌های زیر که مربوط به سوختن فسفر سفید «۱» و فسفر قرمز «۲» است؛ کدام مطلب صحیح می‌باشد؟



۱) پایداری فسفر سفید کمتر از فسفر قرمز است.

۲) تبدیل فسفر سفید به فسفر قرمز گرماگیر است.

۳)  $\Delta H$  واکنش تبدیل فسفر سفید به فسفر قرمز  $50 \text{ kJ}$  - است.

۴) سطح انرژی فسفر سفید بیشتر از فسفر قرمز است.

۱۸۵) کاتالیزورها در هر واکنش شیمیایی با ..... انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را ..... می‌دهند و آنتالپی واکنش ..... .

۱) کاهش - کاهش - را نیز کاهش می‌دهند.

۲) افزایش - کاهش - را نیز کاهش می‌دهند.

۳) کاهش - افزایش - ثابت می‌ماند.

۴) افزایش - افزایش - ثابت می‌ماند.

۱۸۶) چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح می‌باشد؟

• کاتالیزورها سرعت واکنش‌ها را افزایش می‌دهند.

• کاتالیزورها زمان انجام واکنش را افزایش می‌دهند.

• فقط در واکنش‌های گرماگیر سرعت را افزایش می‌دهند.

• بر آنتالپی واکنش بی‌تأثیراند.

۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۱۸۷) انرژی فعال‌سازی واکنش را می‌توان با استفاد از گرما ..... کرد و با استفاده از کاتالیزگر ..... داد تا واکنش با سرعت دلخواه انجام شود.

۱) تأمین - کاهش      ۲) افزایش - افزایش      ۳) کاهش - کاهش      ۴) تأمین - افزایش

۱۸۸) انرژی فعال‌سازی را با ..... نشان می‌دهند و اغلب با گرما ..... می‌شود و با کاتالیزگر ..... می‌یابد.

۱)  $\Delta H$  - تأمین - کاهش      ۲)  $E_a$  - کاهش - تأمین      ۳)  $\Delta H$  - کاهش - تأمین      ۴)  $E_a$  - تأمین - کاهش

۱۸۹) اغلب کاتالیزگرهای جامه به صورت پودر یا توری استفاده می‌شود؛ زیرا ..... .

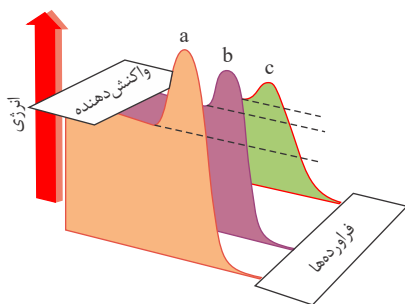
۱) در صورتی که کاتالیزگر جامد بزرگ باشد؛ واکنش انجام نمی‌شود.

۲) انرژی فعال‌سازی کاهش بیشتری دارد.

۳) هرچه کاتالیزگر کوچک‌تر باشد  $\Delta H$  واکنش کاهش بیشتری دارد.

۴) با افزایش سطح تماس سرعت واکنش بیشتر می‌شود.





۱۹۰ با توجه به نمودار زیر کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

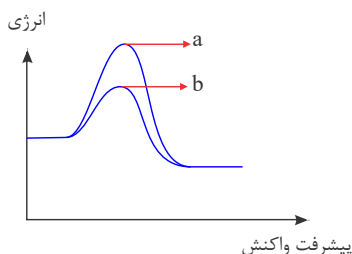
نمودار مربوط به واکنش  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  است.

- ۱) مربوط به شرایط انجام واکنش بدون کاتالیزگر است.
- ۲) بهترین کاتالیزگر برای این واکنش پودر روی است و نمودار آن c است.
- ۳) نمودار واکنش در حضور کاتالیزگر پودر روی است.
- ۴) نمودار a می‌تواند مربوط به واکنش در حضور جرقه باشد.

۱۹۱ کاتالیزگرها با کاهش ..... سرعت واکنش را افزایش می‌دهند و هرچه این کاهش ..... باشد،

کاتالیزگر مناسب‌تر است.

- ۱) سطح انرژی واکنش دهنده‌ها - کمتر
- ۲) انرژی فعال‌سازی - بیشتر
- ۳) انرژی فعال‌سازی - کمتر
- ۴) سطح انرژی واکنش دهنده‌ها - بیشتر

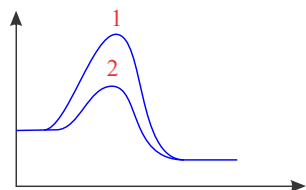


۱۹۲ با توجه به نمودار مقابل کدام گزینه صحیح نمی‌باشد؟

- ۱) مسیر انجام واکنش b راحت‌تر از مسیر انجام واکنش a است.
- ۲) عبور از سد انرژی در a دشوارتر است.
- ۳) زمان انجام واکنش در مسیر a کوتاه‌تر است.
- ۴) سرعت واکنش در مسیر b بیشتر از مسیر a است.

۱۹۳ کدام گزینه درباره کاتالیزگر صحیح نمی‌باشد؟

- ۱) به صورت یکی از واکنش دهنده‌ها در واکنش مصرف می‌شود.
- ۲) سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها را تغییر نمی‌دهد.
- ۳) با کاهش انرژی فعال‌سازی سرعت را افزایش می‌دهد.
- ۴) زمان اتمام واکنش را کاهش می‌دهد.



۱۹۴ با توجه به نمودار «انرژی - پیشرفت» زیر کدام عبارت نادرست است؟

- ۱) واکنش در مسیر ۱ گرماگیر است و در مسیر ۲ گرماده است.
- ۲) سرعت واکنش در مسیر ۱ کمتر است.
- ۳) مقدار  $\Delta H$  در هر دو حالت یکسان است.
- ۴) واکنش در مسیر ۲ در حضور کاتالیزگر است.

۱۹۵ کدام یک از موارد زیر دلیل استفاده از کاتالیزگرها نیست؟

- ۱) کمک به کاهش آلودگی‌های محیط زیست
- ۲) کاهش هزینه‌ها و به صرفه بودن تولید محصولات
- ۳) پیدا کردن شرایط بهینه «دما و فشار» برای انجام واکنش
- ۴) انجام پذیر شدن واکنش‌های انجام ناپذیر

۱۹۶  $\Delta H$  واکنش برگشت  $A_{(g)} \rightarrow B_{(g)}$  برابر  $50 \text{ kJ}$  است. اگر انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت

$200 \text{ kJ}$  باشد و پس از استفاده از کاتالیز به میزان ۵۰ درصد کاهش یابد، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت را در حضور کاتالیزگر بیابید و انرژی فعال‌سازی رفت چند درصد کاهش یافته است؟

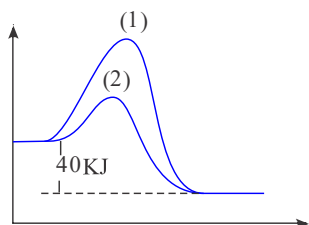
- ۱) ۱۵۰ - ۵۰٪
- ۲) ۱۵۰ - ۶۶٫۶۶٪
- ۳) ۵۰ - ۵۰٪
- ۴) ۵۰ - ۶۶٫۶۶٪





۱۹۷) با توجه به نمودار و جدول زیر، مقدار  $x$  و  $y$  و  $z$  را بیابید؟ « $x + y = 280$ »

مسیر	رفت $E_a$	برگشت $E_a$
۱	$x$	۱۸۰
۲	$z$	$y$



۱)  $z = 100, y = 140, x = 140$

۲)  $z = 20, y = 60, x = 220$

۳)  $z = 120, y = 160, x = 120$

۴)  $z = 120, y = 160, x = 140$

۱۹۸) کاتالیزگرها انرژی فعال سازی واکنش رفت و انرژی فعال سازی واکنش برگشت را به یک ..... می دهند.

- ۱) اندازه - یک نسبت کاهش  
۲) نسبت - یک اندازه افزایش  
۳) نسبت - نه یک اندازه افزایش  
۴) اندازه - نه یک نسبت کاهش

۱۹۹) کاتالیزگرها میزان نهایی فرآورده را .....

- ۱) کاهش می دهند.  
۲) افزایش می دهند.  
۳) بستگی به نوع واکنش دارد.  
۴) تغییری نمی دهند.

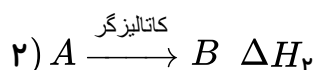
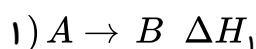
۲۰۰) واکنش  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  در دمای اتاق ..... و در حضور ..... با سرعت بالا و انفجاری انجام می شود.

- ۱) تقریباً انجام ناپذیر است - کاتالیزگر یا جرقه  
۲) انجام پذیر است - کاتالیزگر یا جرقه  
۳) انجام پذیر است - کاتالیزگر  
۴) تقریباً انجام ناپذیر است - کاتالیزگر

۲۰۱) با افزایش دما سرعت ..... واکنش ها ..... می یابد؛ اما در برخی از آن ها با افزایش دما - فرآورده از بین می رود، برای این واکنش ها بهترین گزینه ..... است.

- ۱) همه - افزایش - کاتالیزگر  
۲) اغلب - افزایش - کاتالیزگر  
۳) همه - کاهش - کاهش دما  
۴) اغلب - کاهش - کاهش دما

۲۰۲) اگر انرژی فعال سازی واکنش در جهت رفت را با  $E_a$  و انرژی فعال سازی واکنش در جهت برگشت را با  $E'_a$  نشان دهیم، کدام گزینه برای واکنش زیر درست می باشد؟



۲)  $E_{a_1} < E_{a_2}$

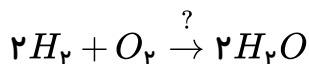
۴)  $E'_{a_2} > E'_{a_1}$

۱)  $\Delta H_1 < \Delta H_2$

۳)  $E_{a_1} - E'_{a_1} = E_{a_2} - E'_{a_2}$



۲۰۳ کاتالیز گر واکنش زیر کدام است؟

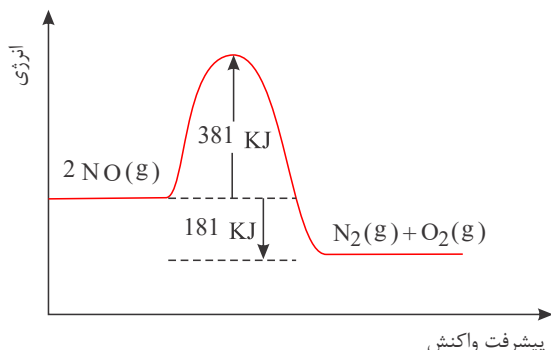


۴ جرقه

۳ Zn و Pt

۲ Zn

۱ Pt



۲۰۴ با توجه به نمودار زیر کدام گزینه صحیح می باشد؟

۱  $\Delta H$  این واکنش  $181 KJ$  است.

۲ انرژی فعال سازی این واکنش  $181 KJ$  است.

۳ واکنش دهنده ها پایدارتر از فرآورده ها هستند.

۴ این واکنش گرمازا است و  $\Delta H$  آن مقداری منفی است.

۲۰۵ استفاده از کاتالیز گر چه تعداد از موارد زیر را تغییر نمی دهد؟

$\Delta H$

• سرعت

• زمان انجام واکنش

• سطح انرژی واکنش دهنده ها و فرآورده ها

• انجام پذیر بودن یا نبودن واکنش

• مسیر انجام واکنش

• پایداری واکنش دهنده ها و فرآورده ها

۴ ۴

۳ ۵

۲ ۲

۱ ۳

۲۰۶ یکای ثابت تعادل واکنش  $2A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons xC(g) + yD(s)$   $mol^{-2} \cdot L^{+2}$  است، مقدار  $x$  را

بیابید؟

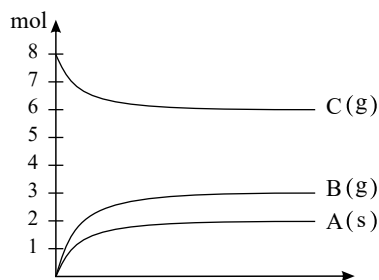
۴ قابل محاسبه نیست.

۳ ۳

۲ ۷

۱ ۲

۲۰۷ با توجه به نمودار مقابل مقدار  $K$  را در شرایط تعادل محاسبه کنید. «حجم ظرف ۲۵۰ میلی لیتر - دما



$200^\circ C$

۱ ۳,۷۵

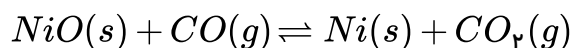
۲ ۰,۳۷۵

۳ ۰,۷۵

۴ ۳



۲۰۸) چه تعداد از تغییرات زیر سبب افزایش غلظت  $CO_2$  در تعادل می‌شود؟



• افزایش حجم ظرف

• افزایش مقدار  $NiO$

• کاهش غلظت  $CO_2$

• افزایش مقدار  $CO$

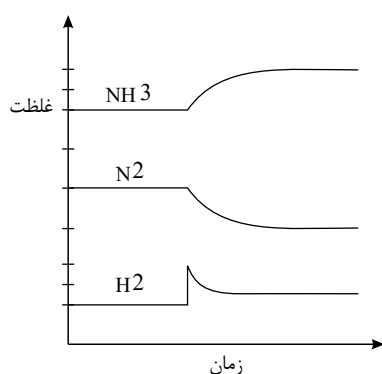
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۲۰۹) در اثر کدام تغییر در حال تعادل  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   $\Delta H < 0$  نمودار آن به گونه زیر



تغییر می‌کند؟

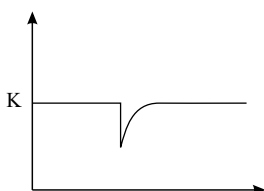
۱) افزایش  $H_2$

۲) اضافه کردن  $N_2$

۳) کاهش میزان  $NH_3$

۴) کاهش دما

۲۱۰) نمودار زیر کدام تغییر را در تعادل  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$   $\Delta H < 0$  نشان می‌دهد؟



۱) افزایش دما

۲) اضافه کردن  $SO_2$

۳) کاهش دما

۴) اضافه کردن  $SO_3$

۲۱۱) با افزایش حجم سامانه تعادلی کدام گزینه رخ نمی‌دهد؟

۱) تعادل به سمت مول‌های گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود.

۲) مقدار عددی  $K$  تغییر نمی‌کند.

۳) غلظت مواد شرکت‌کننده در واکنش تغییری نمی‌کند.

۴) غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند.

۲۱۲) چه تعداد از عبارات زیر صحیح نمی‌باشد؟

• کاهش حجم در سامانه تعادلی  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  سبب افزایش غلظت بیشتر واکنش‌دهنده‌ها می‌شود.

• حضور  $CaCO_3$  در تعادل  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$  بی‌تأثیر است.

• اثر دما بر سرعت همه واکنش‌های شیمیایی یکسان است؛ اما بر ثابت تعادل متفاوت است.

• بنابر اصل لوشاتلیه اگر تغییری سبب برهم خوردن تعادل شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن را جبران کند.

۴ (۴)

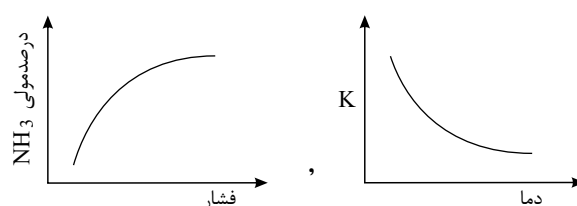
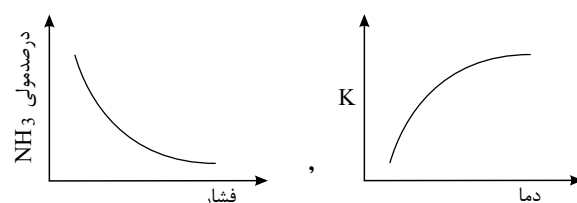
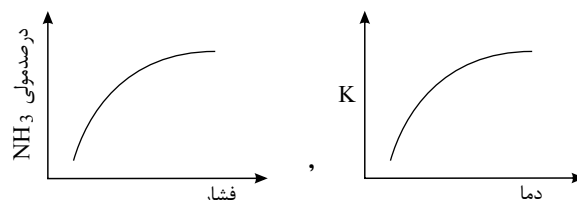
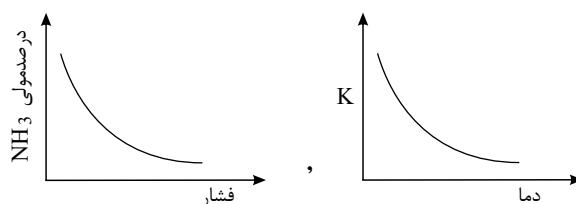
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



۲۱۳ کدام گزینه نمودارهای صحیحی را برای فرآیند هابر نشان می‌دهد؟



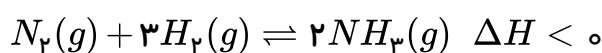
۲۱۴ کدام گزینه دربارهٔ تعادل  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   $\Delta H = -92 kJ$  «فرآیند هابر» صحیح می‌باشد؟

- ① این واکنش در دمای اتاق و حضور کاتالیزگر و جرقه انجام می‌شود.
- ② نیتروژن لازم برای تولید آمونیاک را می‌توان از تقطیر هوا به دست آورد.
- ③ نقطهٔ جوش آمونیاک از دو گاز هیدروژن و نیتروژن پایین‌تر است و جداسازی آن براساس همین اختلاف نقطهٔ جوش است.
- ④ استفاده از آهن به عنوان کاتالیزگر، سبب افزایش سرعت واکنش و افزایش درصد مولی آمونیاک می‌شود.

۲۱۵ اگر در فرآیند هابر  $\{N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)\}$  که در شرایط بهینه به تعادل رسیده است، سه مول هیدروژن و ۲٫۲ مول نیتروژن وجود داشته باشد، مقدار تعادلی آمونیاک را بیابید؟

- ① ۴٫۱۲      ② ۲      ③ ۲٫۲۳      ④ ۴

۲۱۶ علت اصلی استفاده از گرم کن در فرآیند هابر، برای بالا بردن دما کدام گزینه است؟



- ① افزایش سرعت واکنش
- ② افزایش درصد مولی آمونیاک
- ③ افزایش مقدار  $K$
- ④ تبدیل واکنش دهنده‌های مایع به گاز



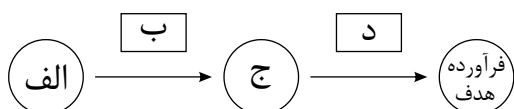
۲۱۷ کدام یک از موارد زیر صحیح نمی باشد؟

- الف) مواد خام و اولیه، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام، مس و هوا هستند که فرآوری نشده‌اند.  
 ب) پلی اتن، بنزین، اتانول، متانول و اتیلن گلیکول موادی هستند که از فرآوری نفت به دست آمده‌اند.  
 ج) قیمت فلز مس با خلوص ۹۹٫۹ درصد بسیار بالاتر از قیمت فلز مس با خلوص ۹۶ درصد است.  
 د) خام فروشی فقط برای فروش نفت خام استفاده می شود.

۱ الف و د ۲ الف و ب ۳ ب و ج ۴ ج و د

۲۱۸ باتوجه به شکل زیر که روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی را نشان می‌دهد، کدام

گزینه صحیح نمی باشد؟



- ۱ الف) مواد خام (ج) مواد اولیه مهم و پر کاربرد در صنایع دیگر ۲ الف) پلی اتن را می توان مثالی از (ج) دانست  
 ۳ (ب و د) انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی ۴ (ب) انرژی، آب، نیروی انسانی و فناوری شیمیایی

۲۱۹ کدام یک از گزینه‌های زیر از جمله واکنش‌های انجام شده در مبدل‌های کاتالیستی که برای حذف آلاینده‌ها

استفاده می شود نیست؟

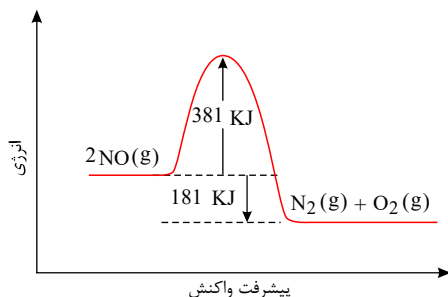


۲۲۰ جاهای خالی را با گزینه مناسب کامل کنید.

ماده‌ای با خاصیت ضد عفونی کنندگی  $CH_3 = CH_2 + \text{الف} \xrightarrow{\text{ب}}$

- ۱ الف:  $HCl$  ب:  $CH_3COOH$  ۲ الف:  $H_2O$  ب:  $CH_3COOH$   
 ۳ الف:  $H_2O$  ب:  $H_2SO_4$  ۴ الف:  $HCl$  ب:  $H_2SO_4$

۲۲۱ با توجه به نمودار مقابل چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟



- الف) انرژی فعال سازی این واکنش بالا است و در دمای اتاق انجام نمی شود.  
 ب) واکنش  $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(s)$  در دمای اتاق انجام نمی شود.  
 پ) این واکنش، مناسب برای حذف آلاینده  $NO$  خروجی از اگزوز خودروها است.  
 ت)  $\Delta H$  این واکنش  $181 KJ +$  است و گرماگیر است و به همین دلیل تنها در حضور کاتالیز گر انجام می شود.

۱ مورد ۲ مورد ۳ مورد ۴ مورد

۲۲۲ مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن گلیکول با کدام یک از ترکیبات زیر برابر است؟

- ۱ بنزن ۲ استیلن ۳ اتن ۴ نفتالن



۲۲۳) چه تعداد از عبارت های زیر در مورد  $NO$  صحیح می باشد؟

(الف) در ساختار الکترون نقطه ای آن ۴ الکترون پیوندی و ۸ الکترون ناپیوندی وجود دارد.

(ب) با استفاده از مبدل های کاتالیستی می توان آن را به  $NO_2$  که کم خطر تر است تبدیل کرد.

(ج) گاز  $NO$  خارج شده از آگزوز خودروها فعالیت شیمیایی بالایی دارد و به سرعت با اکسیژن هوا واکنش می دهد.

(د) نیتروژن هوا با اکسیژن در موتور خودروها در دمای بالا واکنش می دهند و  $NO$  تولید می شود.

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۲۲۴) در ساختن مبدل های کاتالیستی از ..... استفاده می شود؟

- ۱ (۱)  $Pt$  ۲ (۲)  $Pd$  ۳ (۳)  $Rh$  ۴ (۴) همه موارد

۲۲۵) چه تعداد از عبارت های زیر صحیح نمی باشد؟

(الف) در سطح سرامیک ها درون مبدل کاتالیستی، توده های فلزی با قطر ۲ نانومتر وجود دارند.

(ب) برای افزایش کارایی مبدل های کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل دانه های «مش» ریز در می آورند.

(ج) مبدل های کاتالیستی کارایی خود را از دست نمی دهند و برای مدت بسیار طولانی قابل استفاده می باشند.

(د) در روزهای سرد زمستانی کارایی مبدل های کاتالیستی کاهش می یابد.

- ۱ (۱) الف و د ۲ (۲) الف و ج ۳ (۳) ب و ج ۴ (۴) ب و د

۲۲۶) کدام یک از گزینه های زیر صحیح نمی باشد؟

۱ (۱) کاتالیز گر ها اغلب اختصاصی عمل می کنند.

۲ (۲) کاتالیز گر ها در همه دماها کارایی یکسانی دارند.

۳ (۳) کاتالیز گر ها در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشند.

۴ (۴) در حضور کاتالیز گر نباید واکنش های ناخواسته دیگری انجام شود.

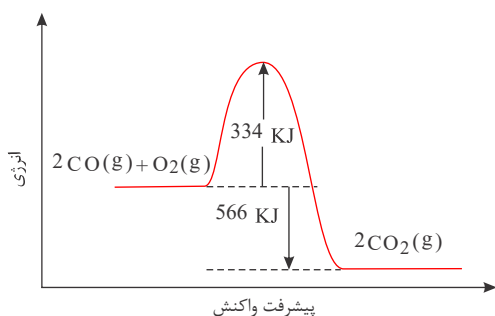
۲۲۷) با توجه به نمودار روبه رو کدام گزینه نادرست است؟

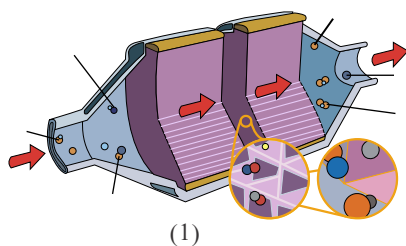
۱ (۱) واکنش دهنده ها ناپایدارتر از فرآورده ها هستند.

۲ (۲) این واکنش گرماده است و انرژی فعال سازی آن  $334 KJ$  است.

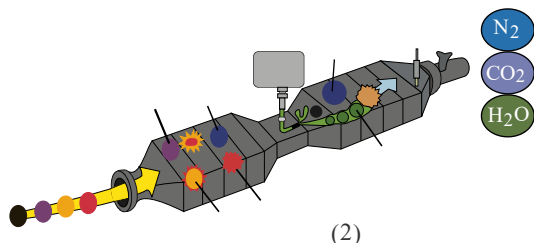
۳ (۳)  $\Delta H$  این واکنش  $-566 KJ$  است و در دمای اتاق خود به خود انجام نمی شود.

۴ (۴) این واکنش فقط در مبدل های کاتالیستی بنزینی انجام می شود.

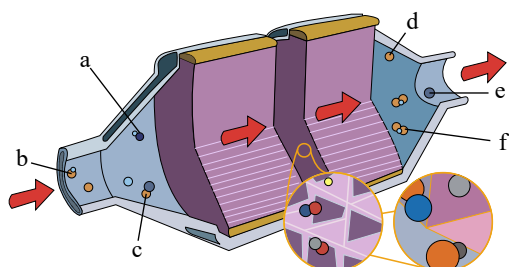




(1)



(2)



۲۲۸ با توجه به شکل‌های زیر چه تعداد از موارد زیر صحیح

است؟ الف) شکل (۱) مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی و شکل (۲) مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی است.

ب) برای حذف آلاینده‌های  $NO$  و  $NO_2$  به شکل (۱) باید  $NH_3$  اضافه شود.

ج) اکسیژن فقط از مبدل کاتالیستی ۲ خارج می‌شود.

د)  $CxHy$  فقط در شکل (۱) وارد می‌شود.

۲ (۲)

۴ (۴)

۱ (۱)

۳ (۳)

۲۲۹ با توجه به شکل زیر کدام گزینه صحیح نمی‌باشد؟

۱) ورودی این مبدل کاتالیستی  $CO$ ،  $CxHy$  و  $NO$  است.

۲) گازهای خروجی از این مبدل کاتالیستی فقط  $CO_2$ ،  $N_2$ ،  $H_2O$  است.

۳ (۳)

در این مبدل توده‌های فلزی با فلز ۲ تا ۱۰ نانومتر روی دانه‌های ریز سرامیک قرار دارد.

۴) مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی است.

۲۳۰ با توجه به جدول زیر اگر خودرو شما در یک سال ۱۰۰۰ کیلومتر کار کرده باشد، حضور کاتالیزگر مانع از

ورود چند کیلوگرم آلاینده به محیط زیست می‌شود؟

فرمول شیمیایی آلاینده				
$NO$	$CxHy$	$CO$	در غیاب قطعه A	مقدار آلاینده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۱٫۰۴	۱٫۶۷	۵٫۹۹	در حضور قطعه A	
۰٫۰۴	۰٫۰۷	۰٫۶۱		

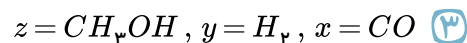
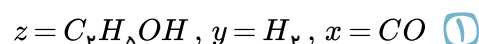
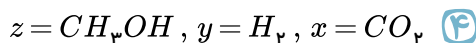
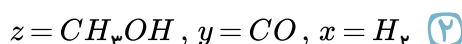
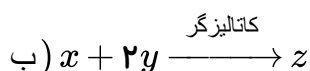
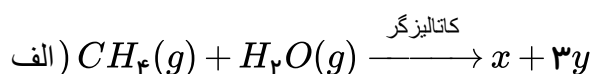
۷۹۸۰ (۴)

۵٫۳۸ (۳)

۷٫۹۸ (۲)

۵۳۸۰ (۱)

۲۳۱ با توجه به واکنش‌های زیر گزینه صحیح را انتخاب کنید؟





۲۳۲ کدام یک از عبارت‌ها در رابطه با واکنش  $CO + 2H_2 \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} \text{دما و فشار مناسب}$  صحیح نمی‌باشد؟

- ۱ محصول این واکنش دارای گروه عاملی کربوکسیل است.
- ۲ از واکنش محصول این واکنش با  $PET$  مواد سودمندی حاصل می‌شود.
- ۳ مواد واکنش دهنده این واکنش در دسترس نیستند.
- ۴ محصول این واکنش ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است.

۲۳۳ کدام گزینه در رابطه با گاز اصلی سازنده گاز طبیعی صحیح نمی‌باشد؟

- ۱ در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود و فرمول آن  $CH_4$  است.
- ۲ ترکیب آلی سیر شده است و واکنش پذیری اندکی دارد.
- ۳ این گاز متان نام دارد و ارزان است.
- ۴ از واکنش بخار آب با این گاز در حضور کاتالیزگر می‌توان متانول تولید کرد.

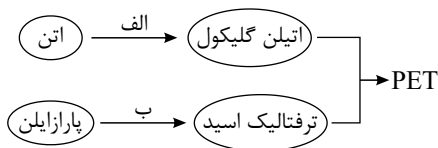
۲۳۴ کدام گزینه عبارت ثابت تعادل واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  را به درستی نشان می‌دهد؟

۱  $K = [NH_3]^2$     ۲  $K = [N_2][H_2]^3$     ۳  $K = \frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2}$     ۴  $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

۲۳۵ کدام گزینه درباره ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها صحیح نمی‌باشد؟

- ۱ مایعی بی‌رنگ و بسیار سمی است.
- ۲ کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد و می‌توان آن را از چوب تهیه کرد.
- ۳ می‌توان آن را از واکنش  $CH_4 + H_2O \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}}$  تهیه کرد.
- ۴ به هر نسبتی در آب حل می‌شود؛ اما محلول آن نارسا است.

۲۳۶ باتوجه به واکنش‌های زیر گزینه صحیح را انتخاب کنید؟



- ۱ (الف)  $KMnO_4$  رقیق (ب)  $KMnO_4$  غلیظ
- ۲ (الف)  $H_2SO_4$  رقیق (ب)  $H_2SO_4$  غلیظ
- ۳ (الف)  $KMnO_4$  غلیظ (ب)  $KMnO_4$  رقیق
- ۴ (الف)  $H_2SO_4$  غلیظ (ب)  $H_2SO_4$  رقیق

۲۳۷ چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده خود نیستند.
- سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی تعیین‌کننده راه بازیافت پلاستیک‌ها است.
- پرک تکه‌های کوچک و خرد شده پلاستیک‌ها است که می‌توان از آن برای تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد.
- سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن پلاستیک در جهان تولید می‌شود.





۲۳۸) چه تعداد از موارد زیر را می توان به متانول نسبت داد؟

- مایعی بی رنگ • الکترولیت ضعیف • بسیار سمی است • ساده ترین عضو خانواده الکل ها است • معروف به الکل میوه است • به هر نسبتی در آب حل می شود

۱) ۳      ۲) ۵      ۳) ۲      ۴) ۴

۲۳۹) واحد ثابت تعادل واکنش  $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$  کدام است؟

۱)  $\frac{Mol}{L}$       ۲)  $(\frac{mol}{L})^2$       ۳)  $L^2 \cdot mol^{-2}$       ۴) واحد ندارد

۲۴۰) چه تعداد از عبارت های زیر در رابطه با ترفتالیک اسید صحیح می باشد؟

- از مونومرهای سازنده پلی اتیلن ترفتالات است.
- فرمول آن  $C_8H_6O_4$  است.
- در ساختار آن ۲۳ پیوند کووالانسی و ۱۶ الکترون ناپیوندی وجود دارد.
- مجموع اعداد اکسایش اتم های کربن در آن ۲- است.
- به طور مستقیم از نفت خام به دست نمی آید و از اکسایش پارازایلن تهیه می شود.

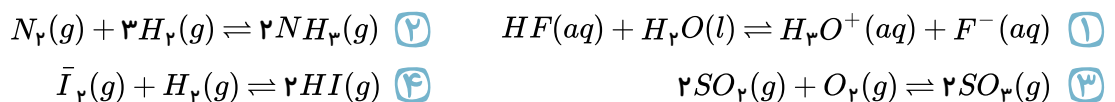
۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۲۴۱) چه تعداد از عبارت های زیر در مورد پارازایلن صحیح است؟

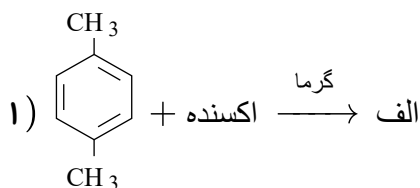
- فرمول مولکولی آن  $C_{10}H_8$  است.
- آن را نمی توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد.
- مجموع اعداد اکسایش اتم های کربن در آن برابر ۱۰- است.
- از واکنش آن با اکسیژن در حضور کاتالیزگری مناسب می توان ترفتالیک اسید تهیه کرد.

۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۲۴۲) واحد ثابت تعادل کدام یک از واکنش های زیر  $L \cdot mol^{-1}$  است؟



۲۴۳) با توجه به واکنش های زیر گزینه صحیح را انتخاب کنید.



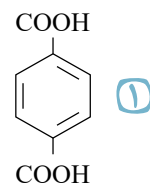
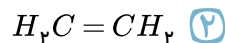
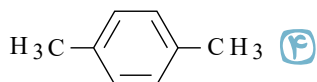
۲) الف + اتیلن گلیکول  $\rightarrow$  ب

۱) ترفتالیک اسید: الف - تولوئن: ب      ۲) پلی اتیلن ترفتالات: الف - ترفتالیک اسید: ب

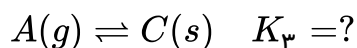
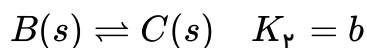
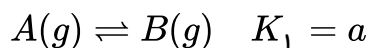
۳) تولوئن: الف - پلی اتیلن ترفتالات: ب      ۴) ترفتالیک اسید: الف - PET: ب



۲۴۴ کدام یک از مواد زیر را نمی توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد؟



۲۴۵ کدام گزینه نشان دهنده ثابت تعادل واکنش سوم است؟



$a + b$  (۴)

$\frac{a+b}{2}$  (۳)

$ab$  (۲)

$\frac{ab}{2}$  (۱)

۲۴۶ اگر در تولید پلی اتیلن ترفتلات واحد تکرار شونده ۱۰۰۰ باشد، چند درصد جرمی فرآورده ها ماده ای غیر آلی

است؟ «بازده واکنش را ۱۰۰ در نظر بگیرید، و  $O = ۱۶, H = ۱, C = ۱۲$ »

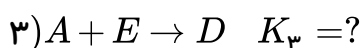
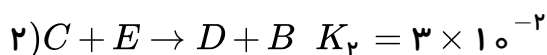
۲۰٫۷۵ (۴)

۱۸٫۷۵ (۳)

۱۵٫۸ (۲)

۲۲٫۵ (۱)

۲۴۷ با توجه به ثابت تعادل معادله های ۱ و ۲ مقدار عددی ثابت تعادل واکنش سوم را بیابید؟



$۴٫۵ \times ۱۰^{-۲}$  (۴)

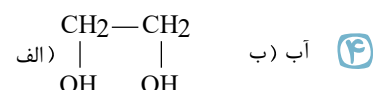
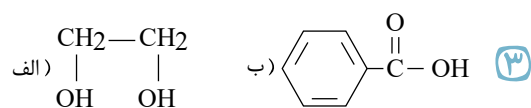
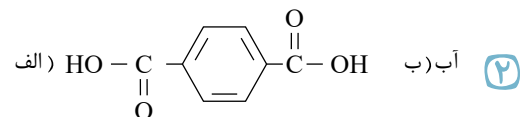
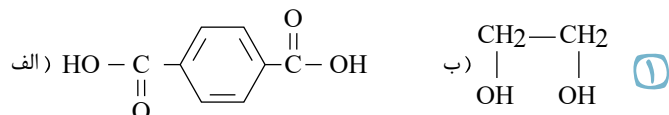
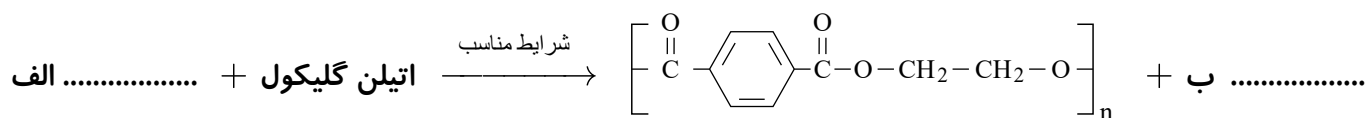
$۴٫۵ \times ۱۰^{-۴}$  (۳)

$۲٫۵ \times ۱۰^{-۴}$  (۲)

$۲٫۵ \times ۱۰^{-۲}$  (۱)



۲۴۸ کدام گزینه ترکیبات مورد نظر برای واکنش زیر را نشان می‌دهد؟

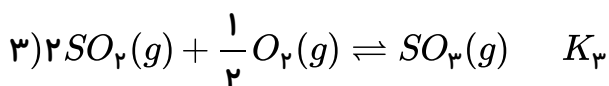
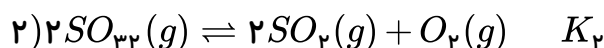
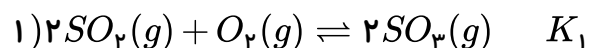


۲۴۹ چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

- بطری آب از پلی اتیلن ترفتلات خالص ساخته می‌شود.
- از واکنش  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  و ترفتالیک اسید در شرایط مناسب می‌توان پلی اتیلن ترفتلات را سنتز کرد.
- پلی اتیلن ترفتلات پلیمری از خانواده پلی آمیدها است.
- اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود دارد.

۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۲۵۰ با توجه به واکنش‌های زیر چه رابطه‌ای بین ثابت‌های تعادلی آن‌ها وجود دارد؟



۱)  $K_3 = \sqrt{K_1}$       ۲)  $K_3 = \frac{1}{2}K_1$       ۳)  $K_1 = -K_2$       ۴)  $K_1 = \frac{K_3}{2}$



۲۵۱) چه تعداد از عبارت‌های زیر در رابطه با واکنش  $nC_2H_4(g) \xrightarrow{\text{دما و فشار}} \dots\dots\dots$  صحیح است؟

• محصول این واکنش سازنده اصلی برخی پلاستیک‌ها است.

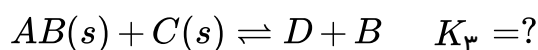
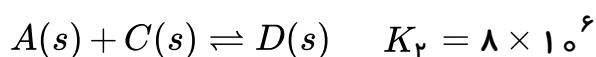
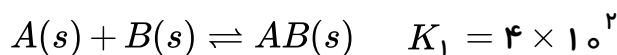
• حالت فیزیکی محصول این واکنش با واکنش دهنده یکسان است.

• محصول این واکنش را می‌توان به صورت  $\left[ \begin{array}{cc} H & H \\ | & | \\ -C & -C- \\ | & | \\ H & H \end{array} \right]_n$  نشان داد.

• جرم محصول این واکنش را می‌توان از رابطه  $28n$  به دست آورد. ( $H = 1, C = 12$ )

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

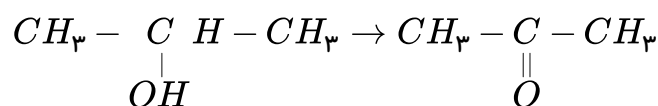
۲۵۲) با توجه به واکنش‌های اول و دو ثابت تعادل واکنش سوم را بیابید؟



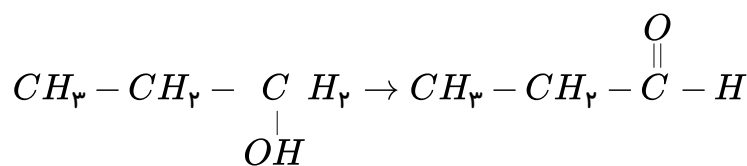
- ۱ (۱)  $32 \times 10^8$       ۲ (۲)  $32 \times 10^4$       ۳ (۳)  $2 \times 10^8$       ۴ (۴)  $2 \times 10^4$

۲۵۳) چه تعداد از واکنش‌های زیر در صورت شرایط مناسب انجام پذیر است؟

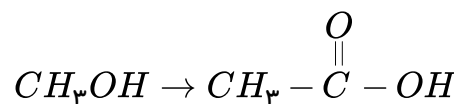
(الف)



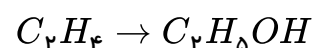
(ب)



(ج)



(د)



- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

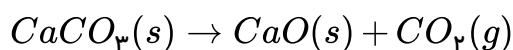


۲۵۴ با توجه به جدول زیر مقدار عددی ثابت تعادل واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  را به دست بیاورید؟

مقادیر تعادلی		
$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$
۰٫۰۲	۰٫۵	۰٫۴

- ۱  $۰٫۸ mol^{-2} \cdot L^2$  ۲  $۰٫۰۰۸ mol^2 \cdot L^2$  ۳  $۰٫۰۰۸ mol^{-2} \cdot L^2$  ۴  $۰٫۸ mol^2 \cdot L^{-2}$

۲۵۵ در ظرف در بسته‌ای ۲ لیتری در دمای معین سامانه تعادلی زیر قرار دارد. با توجه به معادله واکنش و جدول ارائه شده  $K$  را بیابید؟



	$CaCO_3$	$CaO$	$CO_2$
مقادیر تعادلی	۰٫۵ mol	۱ mol	۰٫۱ mol
mol			

- ۱  $۰٫۰۲ \frac{mol}{L}$  ۲  $۰٫۱ \frac{mol}{L}$  ۳  $۰٫۲ \frac{mol}{L}$  ۴  $۰٫۰۵ \frac{mol}{L}$

۲۵۶ چه تعداد از موارد زیر را می‌توان با واکنش مستقیم از اتن «اتیلن» تهیه کرد؟

- اتانویک اسید • اتان • اتیل استات • اتانول
- کلرواتان • پلی‌اتن • سرکه • آمین

- ۱ ۸ ۲ ۶ ۳ ۵ ۴ ۴

۲۵۷ ۱۰۰ گرم کلسیم کربنات را مطابق واکنش زیر در ظرفی ۴ لیتری تا رسیدن به تعادل حرارت می‌دهیم. در صورتی که تا رسیدن به تعادل تنها ۲۰ درصد آن تجزیه شده باشد، مقدار عددی ثابت تعادل را بیابید؟  
( $C = ۱۲, Ca = ۴۰, O = ۱۶$ )



- ۱  $۰٫۰۵$  ۲  $۵۰۰$  ۳  $۰٫۰۲$  ۴  $۲۰۰$



۲۵۸) یک مول  $PCl_5$  را مطابق واکنش زیر در یک ظرف ۱۰ لیتری گرم می‌کنیم تا به تعادل برسد. اگر در هنگام تعادل ۰٫۳ مول  $PCl_5$  در ظرف باشد، مقدار عددی ثابت تعادل کدام گزینه است؟

- ۱)  $۴۳٫۵ \times ۱۰^{-۲}$  ۲)  $۱۶٫۳ \times ۱۰^{-۲}$  ۳)  $۳۳٫۳ \times ۱۰^{-۳}$  ۴)  $۲۶٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

۲۵۹) اگر در تعادل  $۲HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$  غلظت  $H_2$  و  $I_2$  یکسان و برابر ۰٫۲۵ غلظت  $HI$  باشد، تعادل این واکنش کدام است؟

- ۱)  $۶٫۲۵ \times ۱۰^{-۲}$  ۲)  $۵٫۲ \times ۱۰^{-۲}$  ۳)  $۲٫۵ \times ۱۰^{-۲}$  ۴) ۱

۲۶۰) اگر در واکنش  $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s)$  در هنگام تعادل ۰٫۲۲ گرم  $CO_2$  و ۵۰ گرم  $CaCO_3$  در ظرف ۱۰ لیتری وجود داشته باشد، ثابت تعادل این واکنش کدام است؟ ( $Ca = ۴۰, O = ۱۶, C = ۱۲$ )

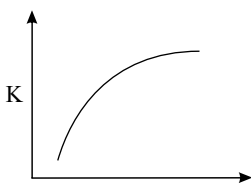
- ۱) ۲۵۰۰ ۲)  $۲۵ \times ۱۰^{-۴}$  ۳) ۵۰۰ ۴)  $۵ \times ۱۰^{-۴}$

۲۶۱) اگر سامانه تعادلی  $۲SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons ۲SO_3(g)$ ،  $\Delta H < ۰$  را از یک ظرف ۱۰ لیتری به ظرفی ۲ لیتری منتقل کنیم، چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

- غلظت  $SO_3$  افزایش و غلظت  $O_2$  و  $SO_2$  کاهش می‌یابد.
- تعادل به سمت رفت جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل افزایش می‌یابد.
- غلظت همه مواد موجود در واکنش افزایش می‌یابد.
- مقدار مول  $SO_3$  افزایش می‌یابد و مقادیر « $mol$ »  $O_2$  و  $SO_2$  کاهش می‌یابد.

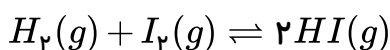
- ۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲۶۲) نمودار زیر حاصل کدام تغییر در تعادل  $۲A(g) + B(g) \rightarrow BA_2(g)$   $\Delta H > ۰$  است؟



- ۱) افزایش مقدار  $A$   
۲) کاهش حجم  
۳) استفاده از کاتالیزگر  
۴) کاهش دما

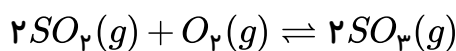
۲۶۳) دو مول  $H_2$  و ۴ مول  $H_2$  را مطابق واکنش زیر در یک ظرف ۲ لیتری حرارت می‌دهیم تا به تعادل برسند؛ اگر در هنگام تعادل ۲ مول  $HI$  در ظرف موجود باشد مقدار عددی  $K$  کدام است؟



- ۱) ۳ ۲)  $\frac{۴}{۳}$  ۳)  $\frac{۱}{۳}$  ۴)  $\frac{۳}{۴}$



۲۶۴) اگر در دمای  $300^{\circ}C$  در هنگام تعادل ۴۸ گرم از اکسیژن در ظرف به حجم ۵۰۰ میلی لیتر مطابق واکنش زیر وجود داشته باشد. مقدار عددی ثابت تعادل را بیابید؟ (در هنگام تعادل غلظت  $SO_2$ ,  $SO_3$  برابر است؟) ( $O = 16$ )



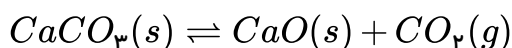
۱) ۰٫۲۹

۲)  $\frac{1}{3}$

۳) ۳

۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۲۶۵) ۱۰۰ گرم  $CaCO_3$  را در ظرف ۲ لیتری مطابق واکنش زیر گرم می کنیم. اگر هنگام تعادل جرم جامد در ظرف ۷۸ گرم باشد، ثابت تعادل را در این دما بیابید. ( $C = 12, O = 16, Ca = 40$ )



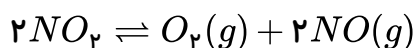
۱) ۰٫۲۵

۲) ۰٫۱۲۵

۳) ۰٫۵

۴) اطلاعات کافی نیست.

۲۶۶) ۱۱۵ گرم  $NO_2$  وارد ظرف یک لیتری می شود، اگر پس از رسیدن به تعادل ۳۲ گرم گاز اکسیژن در ظرف وجود داشته باشد، مقدار عددی ثابت تعادل را بیابید؟



۱) ۱۶

۲) ۸

۳) ۴

۴) ۱

۲۶۷) ۲ مول  $O_2$  و ۲ مول  $NO$  را در ظرفی به حجم ۲۵۰ میلی لیتر وارد می کنیم تا تعادل گازی  $2NO(g) + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  برقرار شود، چنانچه بازده درصدی این واکنش ۵۰ درصد باشد مقدار عددی ثابت تعادل کدام است؟

۱)  $\frac{3}{4}$

۲) ۱٫۵

۳)  $\frac{1}{6}$

۴) ۰٫۵۵

۲۶۸) ۳ مول گاز  $N_2O_4$  در ظرفی به حجم یک لیتر وارد می شود تا طبق معادله  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  به تعادل برسد. اگر ثابت تعادل این واکنش برابر ۲ باشد، بازده درصدی این واکنش را به دست بیاورید؟

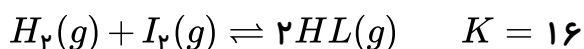
۱) ۴۵

۲) ۳۳٫۳

۳) ۸۰

۴) ۲۰

۲۶۹) واکنش زیر با ۱ مول از هر یک از واکنش دهنده ها آغاز می شود، اگر پس از مدتی در دمای  $180^{\circ}C$  به تعادل برسد، غلظت های تعادلی را در این دما حساب کنید. (حجم ظرف را ۱ لیتر در نظر بگیرید)



$$[H_2] = \frac{2}{3}, [I_2] = \frac{1}{3}, [HI] = \frac{2}{3} \quad (2)$$

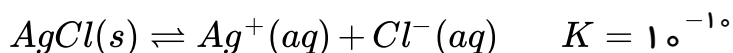
$$[H_2] = \frac{1}{3}, [I_2] = \frac{1}{3}, [HI] = \frac{4}{3} \quad (1)$$

$$[H_2] = \frac{1}{3}, [I_2] = \frac{2}{3}, [HI] = \frac{2}{3} \quad (4)$$

$$[H_2] = \frac{1}{3}, [I_2] = \frac{1}{3}, [HI] = \frac{2}{3} \quad (3)$$



۲۷۰) با توجه به معادله زیر تعداد ذرات باردار موجود در محلول کدام است؟ (حجم ظرف محلول را ۱۰ لیتر در نظر بگیرید.)



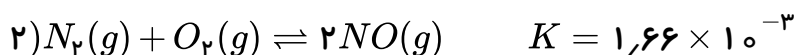
۱۰<sup>-۴</sup> mol (۴)

۱۰<sup>-۱۰</sup> mol (۳)

۲ × ۱۰<sup>-۴</sup> mol (۲)

۲ × ۱۰<sup>-۵</sup> mol (۱)

۲۷۱) با توجه به واکنش های زیر کدام گزینه صحیح می باشد؟



۱) سرعت واکنش اول بیشتر از واکنش دوم است.

۲) واکنش اول پیشرفت بهتری نسبت به واکنش دوم دارد.

۳) مقدار NO در واکنش دوم با مقدار N<sub>۲</sub> در حال تعادل برابر است.

۴) میزان اکسیژن در واکنش اول بیشتر از SO<sub>۲</sub> است.

۲۷۲) تعادل  $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) + q$  در یک سیلندر در بسته در جریان است، اگر سیلندر را در حوضچه آب گرم قرار دهیم، کدام تغییر اتفاق می افتد؟

۲) K بدون تغییر باقی می ماند.

۱) ذرات NO<sub>۲</sub> افزایش می یابد.

۴) مقدار K افزایش می یابد.

۳) حجم سیلندر افزایش می یابد.

۲۷۳) اگر سامانه در حال تعادل  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$  را سرد کنیم کدام تغییر اتفاق نمی افتد؟

( $\Delta H < 0$ ، NO<sub>۲</sub> گازی قهوه ای رنگ است و N<sub>۲</sub>O<sub>۴</sub> گازی بی رنگ)

۲) افزایش مقدار N<sub>۲</sub>O<sub>۴</sub>

۱) کاهش تعداد ذرات گازی ظرف

۴) افزایش مقدار ثابت تعادل

۳) پر رنگ تر شدن مخلوط

۲۷۴) در سامانه ای افزایش دما سبب افزایش مقدار عددی ثابت تعادل شده است. کدام گزینه در مورد این سامانه صحیح است؟

۱) این واکنش گرماگیر است و واکنش دهنده ها پایدارتر از فرآورده ها هستند.

۲) تعداد مول های گازی فرآورده ها بیشتر از سمت واکنش دهنده ها است.

۳) این واکنش پیش از افزایش دما نیز پیشرفت چشمگیری داشته است.

۴) تعداد مول های گازی واکنش دهنده ها بیشتر از سمت فرآورده ها است.

۲۷۵) چه تعداد از عبارت های زیر صحیح می باشد؟

الف) افزایش دما سبب افزایش سرعت و K در همه واکنش ها می شود.

ب) افزایش دما فقط سرعت واکنش های گرماگیر را افزایش می دهد.

ج) افزایش دما فقط K واکنش های گرماگیر را افزایش می دهد.

د) افزایش دما فقط K واکنش های گرماگیر را تغییر می دهد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

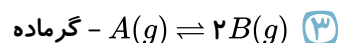
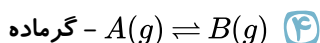
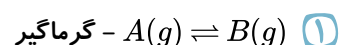
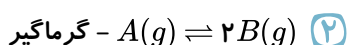
۱ (۱)





۲۷۶ با توجه به جدول مقابل، واکنش آن ..... است و ..... است.

دما $[^{\circ}C]$	تعادلی $[A]$	تعادلی $[B]$
۳۰۰	۰٫۰۱	۰٫۹۵
۴۰۰	۰٫۰۶	۰٫۸۵
۵۰۰	۰٫۱۱	۰٫۷۵



۲۷۷ تعادل  $A(g) + B(l) \rightleftharpoons C(aq) + D(s)$  در سامانه در بسته ۱ لیتری قرار دارد. چه تعداد از موارد زیر

صحیح می باشد؟

الف) افزایش  $B$  باعث جابه جایی تعادل به سمت رفت می شود.

ب) خارج کردن  $C$  از ظرف سبب جابه جایی تعادل به سمت رفت می شود.

ج) خارج کردن  $A$  از ظرف واکنش سبب جابه جایی تعادل به سمت رفت می شود.

د) افزایش  $D$  باعث جابه جایی تعادل به سمت برگشت می شود.

۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۲۷۸ هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در سامانه تعادلی ..... یابد، واکنش در

جهت ..... آن تا حد امکان پیش می رود تا به تعادل ..... برسد.

۱) کاهش - مصرف - آغازی      ۲) افزایش - مصرف - جدید      ۳) کاهش - تولید - آغازی      ۴) افزایش - تولید - آغازی

۲۷۹ چه تعداد از عبارت های زیر صحیح است؟

الف) گیاهان نیتروژن مورد نیاز خود را از ۷۸٪ نیتروژن موجود در هوا جذب می کنند.

ب) گیاهان برای رشد علاوه بر کربن دی اکسید و آب به عنصرهایی مانند  $S, N, P, K$  و ... نیاز دارند.

ج) در برخی از کشورها برای افزایش بازده فرآورده های کشاورزی، آمونیاک جامد را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک وارد می کنند.

د) واکنش  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  در دمای اتاق انجام نمی شود؛ اما در حضور کاتالیز گر یا جرقه انجام می شود.

۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴



۲۸۰ با توجه به جدول زیر جاهای خالی را پر کنید.

این واکنش ..... است و در دمای ..... پیشرفت بیشتری دارد.

۴۳۵	۲۲۵	۲۵	دما ( $^{\circ}C$ )
$4 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-11}$	$2.5 \times 10^{-25}$	$K$

۴۳۵ - گرماده (۴)

۲۵ - گرماده (۳)

۴۳۵ - گرماگیر (۲)

۲۵ - گرماگیر (۱)

۲۸۱ چند مورد از مطالب زیر عبارت را به درستی تکمیل می کند؟

با استفاده از کاتالیز گر .....

(آ) مسیر انجام واکنش ها را تغییر می دهند.

(ب) شکل نمودار انرژی - پیشرفت واکنش را تغییر می دهند.

(ث) مقدار فرآورده ها را افزایش می دهند.

(پ) پایداری فرآورده ها را افزایش می دهند.

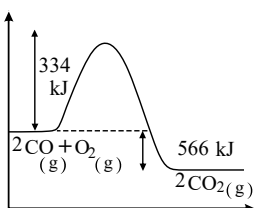
۴۴ - مورد (۴)

۳۳ - مورد (۳)

۲۲ - مورد (۲)

۱۱ - مورد (۱)

۲۸۲ با توجه به نمودار مقابل کدام مطلب درست است؟



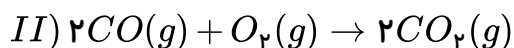
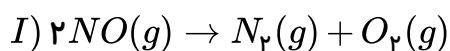
(۱) انرژی فعال سازی واکنش  $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$  برابر ۳۳۴ کیلوژول بر مول است.

(۲) آنتالپی واکنش  $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$  ۵۵۶ کیلوژول است.

(۳) برای تبدیل یک مول گاز  $CO$  به گازهای  $CO$  و  $O_2$  ۵۶۶ کیلوژول انرژی لازم است.

(۴) انرژی لازم برای شکستن پیوندهای  $CO$  و  $O_2$  بیش از ۳۳۴ کیلوژول است.

۲۸۳ کدام یک از مطالب داده شده در مورد واکنش های زیر نادرست است؟



(۱) هر دو واکنش گرماده است.

(۲) مقدار گرمای مبادله شده در واکنش II بیشتر از مقدار گرمای مبادله شده در واکنش I است.

(۳) هر دو واکنش در دماهای پایین انجام نمی شوند یا بسیار کند هستند.

(۴) در شرایط یکسان، سرعت واکنش I از سرعت واکنش II بیشتر است.



۲۸۴ چند مورد از مطالب زیر به درستی ارائه شده است؟

- (آ) در واکنش‌های گرماده سطح انرژی فرآورده‌ها نسبت به واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.  
 (ب) در واکنش‌های گرماگیر فرآورده‌ها از فعالیت شیمیایی بیشتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها برخوردار است.  
 (پ) در واکنش‌های گرماگیر  $E_a$  همواره از  $\Delta H$  بزرگ‌تر است.  
 (ت) واکنش‌های گرماده همواره نسبت به واکنش‌های گرماگیر از سرعت بیشتری برخوردارند.

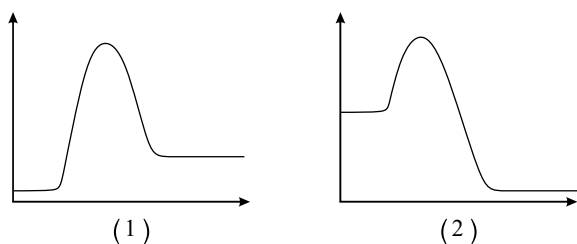
۴ مورد (۴)

۳ مورد (۳)

۲ مورد (۲)

۱ مورد (۱)

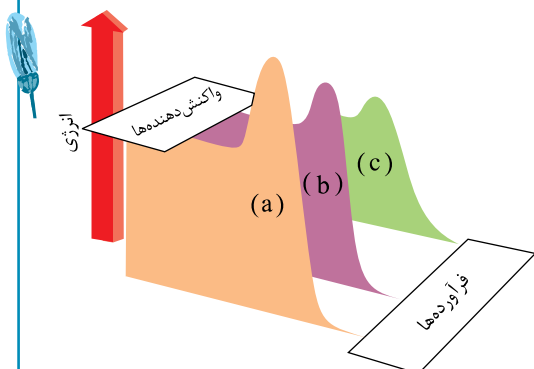
۲۸۵ با توجه به نمودارهای داده شده، کدام یک از مطالب زیر درست است؟



- (۱) سرعت واکنش (۲) همواره از سرعت واکنش (۱) بیشتر است  
 (۲) فرآورده‌های واکنش (۱) از فرآورده‌های واکنش (۲) پایدارترند.  
 (۳) واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (۱) از فعالیت شیمیایی کمتری برخوردارند.  
 (۴) آنتالپی دو واکنش به تقریب باهم برابر است.

۲۸۶ واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط مختلف انجام داده‌ایم، کدام یک از آزمایش‌ها و شرایط

مشخص شده به نمودارهای زیر به درستی مربوط می‌باشد؟



آزمایش (۲) ایجاد جرقه در مخلوط

آزمایش (۴) در حضور توری پلاتینی

آزمایش (۱) بدون حضور کاتالیزگر

آزمایش (۳) در حضور پودر روی

- (۱) آزمایش (۱) ← نمودار c (۲) آزمایش (۲) ← نمودار c (۳) آزمایش (۳) ← نمودار b (۴) آزمایش (۴) ← نمودار a

۲۸۷ اطلاعات مربوط به کدام یک از واکنش‌های نشان داده شده در جدول نادرست است؟

واکنش	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
$\Delta H(kJ)$	-۵۱	۵۹	-۷۸	۳۷
$E_a(kJ)$	۷۳	۳۹	۴۳	۹۳

۴ واکنش (۴)

۳ واکنش (۳)

۲ واکنش (۲)

۱ واکنش (۱)



۲۸۸ اگر در واکنش  $2ClO(g) \rightarrow Cl_2(g) + O_2(g)$  مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها به میزان ۱۵ کیلوژول از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است و تفاوت سطح انرژی قله نمودار انرژی - پیشرفت واکنش با فرآورده‌ها برابر ۲۹ کیلوژول بر مول باشد، کدام مطلب درست است؟

۱) انرژی فعال‌سازی واکنش برابر ۲۹ کیلوژول بر مول است.

۲) آنتالپی واکنش برابر ۱۵ کیلوژول است.

۳) واکنش‌دهنده‌ها نسبت به فرآورده‌ها از پایداری کمتری برخوردارند.

۴) برای تشکیل یک مول  $ClO$  به ۱۵ کیلوژول انرژی نیاز است.

۲۸۹ کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد مقایسهٔ مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای بنزینی و دیزلی به درستی بیان شده است؟

۱) تنوع گازهای ورودی به مبدل‌ها در خودروهای بنزینی بیشتر از خودروهای دیزلی است.

۲) تنوع گازهای خروجی از مبدل‌ها در هر نوع خودرو باهم برابر است.

۳) در هر دو نوع مبدل گاز  $NO$  در نهایت به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود.

۴) کاتالیزگرهای استفاده‌شده در هر دو نوع مبدل کاملاً یکسان هستند.

۲۹۰ چند مورد از مطالب زیر نادرست‌اند؟

الف) فناوری تصفیهٔ آب، مانع گسترش بیماری‌هایی از جمله وبا در جهان شده است.

ب) از بین آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها، مقدار گاز  $CO$  از بقیه بیشتر است.

پ) در برخی از ساعات روز با کاهش مقدار گاز  $NO_2$  در هوا، مقدار گاز  $O_3$  افزایش می‌یابد و اوزون تروپوسفری تشکیل می‌شود.

ت) همهٔ واکنش‌های گرماده سرعت بیشتری نسبت به واکنش‌های گرماگیر دارند.

ث) اغلب واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فرآورده‌ها در آن‌ها صرفهٔ اقتصادی ندارد.

۱) ۱ مورد      ۲) ۲ مورد      ۳) ۳ مورد      ۴) ۴ مورد

۲۹۱ چند مورد از مطالب زیر در مورد مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی نادرست است؟

الف) بر روی سطح این قطعهٔ سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم ( $Ru$ )، پالادیوم ( $Pd$ ) و پلاتین ( $Pt$ ) نشانده شده است.

ب) در سطح سرامیک‌ها درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با شعاع ۱ تا ۵ نانومتر وجود دارند.

پ) ورود گاز آمونیاک به این مبدل‌ها، برای کاهش آلاینده‌های نیتروژن‌دار ضروری است.

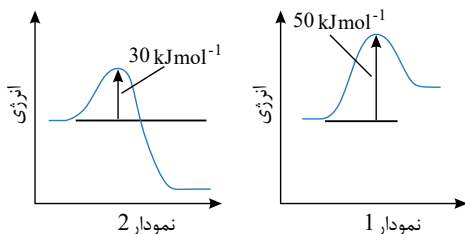
ت) برای عملکرد هرچه بهتر این قطعه، پس از مدت معینی باید آن را جایگزین کرد.

۱) ۱ مورد      ۲) ۲ مورد      ۳) ۳ مورد      ۴) ۴ مورد

۲۹۲ کدام مورد از مطالب زیر درست است؟

- ۱) مبدل کاتالیستی در آگزوز خودروها، گاز آلایندۀ  $NO$  را ابتدا به  $NO_2$  و سپس به  $N_2$  تبدیل می‌کند.
- ۲) هر یک از کاتالیزگرهای درون مبدل کاتالیستی این توانایی را دارد که به همه واکنش‌های درون آن سرعت ببخشد.
- ۳) در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی در مقابل مصرف هر مول آمونیاک، یک مول گاز نیتروژن تولید می‌شود.
- ۴) در سطح سرامیکی مبدل‌های کاتالیستی از فلزات رنیم ( $Rn$ )، پالادیم ( $Pd$ ) و پلاتین ( $Pt$ ) استفاده می‌شود.

۲۹۳ با توجه به نمودارهای زیر کدام گزینه صحیح است؟ (مقیاس و شرایط دو نمودار یکسان است.)



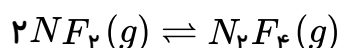
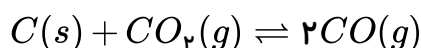
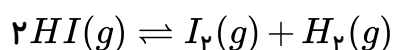
- ۱) نمودار ۱ می‌تواند مربوط به واکنش سوختن متان باشد.
- ۲) اگر در واکنش ۲ از کاتالیزگر مناسب استفاده شود،  $\Delta H$  واکنش کاهش می‌یابد.
- ۳) گرمای مبادله شده در نمودار ۱ بیشتر از گرمای مبادله شده در نمودار ۲ است.
- ۴) در شرایط یکسان، سرعت واکنش نمودار ۱ کمتر از سرعت واکنش نمودار ۲ است.

۲۹۴ چند مورد از گزاره‌های زیر نادرست‌اند؟

- الف) واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای  $25^\circ C$  در حضور پودر روی به شکل انفجاری انجام می‌شود.
- ب) مبدل کاتالیستی قطعه سرامیکی است که به شکل توری به کار می‌رود و فلزهای پلاتین، پالادیم و رادیم روی آن نشانده می‌شود.
- ج) برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی کاتالیزگر را به شکل مش‌های ریز درمی‌آورند.
- د) مبدل کاتالیستی برای خودروهای دیزلی دارای آمونیاک است که با گازهای  $NO$  و  $NO_2$  واکنش می‌دهد و بخار آب و گاز نیتروژن تولید می‌شود.

- ۱) ۱ مورد      ۲) ۲ مورد      ۳) ۳ مورد      ۴) ۴ مورد

۲۹۵ اگر هریک از واکنش‌های تعادلی زیر به ظرف سربسته بزرگ‌تر در دمای ثابت انتقال یابند، کدام موارد نادرست هستند؟



- آ - در یکی از واکنش‌های بالا، تعادل به سمت چپ جابه‌جا خواهد شد.
- ب - در واکنش دوم، تعادل در جهت خاصی جابه‌جا نخواهد شد.
- پ - در واکنش سوم، نسبت غلظت تعادلی فرآورده‌ها به واکنش‌دهنده‌ها و ثابت تعادل بزرگ‌تر خواهد شد.

ت - در واکنش اول، با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت فرآورده‌ها افزایش پیدا می‌کند.

ث - در واکنش چهارم، مقدار و غلظت  $NF_3$  در تعادل جدید به ترتیب افزایش و کاهش پیدا می‌کند.

- ۱) آ و ب      ۲) پ و ت      ۳) ب و ث      ۴) آ و ت



۲۹۶) در یک ظرف ۳ لیتری با پیستون روان، غلظت هر یک از مواد شرکت‌کننده در تعادل گازی  $AB_2(g) \rightleftharpoons A(g) + B_2(g)$  برابر یک مولار است. اگر حجم ظرف را در دمای ثابت به یک لیتر کاهش دهیم، غلظت تعادلی  $B_2$  چند مول بر لیتر می‌شود؟

۴ (۴)

۱ (۳)

۲ (۲)

۳ (۱)

۲۹۷) چند مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

الف) واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های  $CO$ ،  $C_xH_y$  و  $NO$ ، هر سه از نوع اکسایش - کاهش و گرماده می‌باشند.

ب) فسفر سفید همانند گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد و اکسیدی اسیدی تولید می‌نماید.  
پ) کاتالیزگر سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها را نسبت به قله نمودار «انرژی - پیشرفت واکنش» به یک مقدار کاهش می‌دهد.

ث) در سطح سرامیک‌ها درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ میلی‌متر وجود دارند.

۳ مورد (۴)

۲ مورد (۳)

۱ مورد (۲)

صفر مورد (۱)

۲۹۸) کدام مطلب صحیح می‌باشد؟ ( $N = 14, H = 1 : g \cdot mol^{-1}$ )

الف) با وجود گرماده بودن واکنش  $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ ، این واکنش در دماهای پایین انجام نمی‌شود یا بسیار کند است.

ب) مبدل‌های کاتالیستی سرامیک‌های توری‌شکل هستند که بر روی سطح آنها فلزهای  $Pt$  و  $Pb, Rh$  نشانده شده است.

پ) اگر در مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی مقدار  $34g$  گاز آمونیاک استفاده شود، مقدار  $1.5L$  گاز در شرایطی که حجم مولی گازها برابر با  $30$  لیتر بر مول است، تولید می‌شود.

ت) شرایط بهینه فرآیند هابر شامل دمای  $200^\circ C$ ، فشار  $45 atm$  و کاتالیزگر  $Fe$  می‌باشد.

ب، پ و ت (۴)

الف، ب و پ (۳)

ب و پ (۲)

الف و پ (۱)

۲۹۹) تعادل گازی  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  در یک سامانه با دما و حجم ثابت قرار دارد. اگر مقداری

گاز هیدروژن به سامانه در حال تعادل افزوده شود، همه اتفاقات زیر رخ می‌دهند، به جز .....

۱) تغییر غلظت آمونیاک دو برابر نیتروژن خواهد بود.

۲) غلظت تعادلی گاز هیدروژن همانند گاز آمونیاک نسبت به تعادل اولیه افزایش می‌یابد.

۳) جهت پیشرفت واکنش همانند جهت پیشرفت واکنش در حالتی است که حجم سامانه را افزایش دهیم.

۴) مقدار ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد.



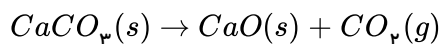
### ۳۰۰ کدام مطلب نادرست است؟

- ۱ از کاربردهای کلرواتان و اتیل استات به ترتیب می توان به افشانه بی حس کننده موضعی و حلال چسب اشاره کرد.
- ۲ هر واکنشی که در آن ترکیب آلی اکسیژن دار از یک هیدروکربن تولید می شود، واکنش اکسایش - کاهش است.
- ۳ متانول مایعی بی رنگ، بسیار سمی و ساده ترین عضو خانواده الکل ها است که می توان آن را از چوب تهیه کرد.
- ۴ با این که گاز متان واکنش پذیری خوبی دارد، تبدیل آن به متانول فرآیندی دشوار است.



## پاسخنامه تشریحی

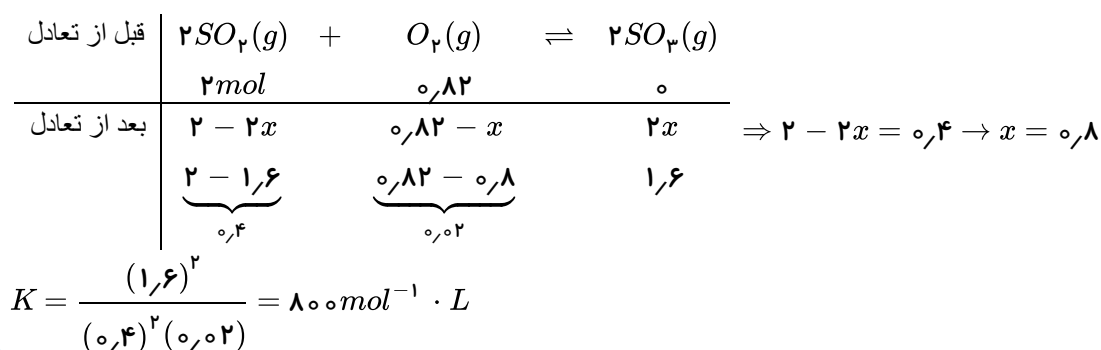
۱ ۲ ۳ ۴ ۱



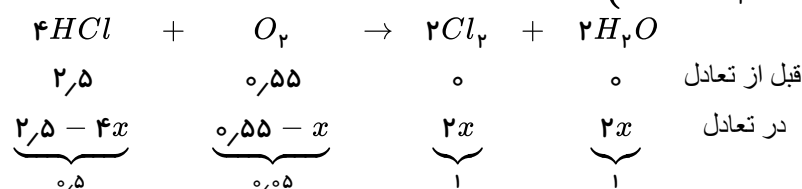
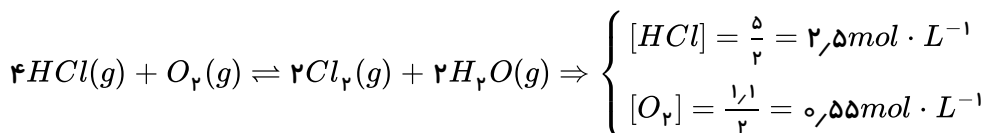
$$K = [CO_2] \Rightarrow 10^{-2} = [CO_2] = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 3L = 0,03 \text{ mol} \Rightarrow 0,03 \times 6,022 \times 10^{23} \simeq 1,8 \times 10^{22}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۲



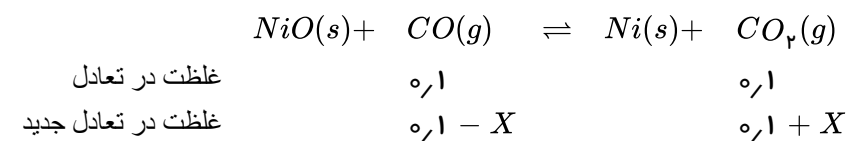
۱ ۲ ۳ ۴ ۳



$$4x = [HCl] = 2,5 \times \frac{10}{100} = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Rightarrow x = 0,5$$

$$K = \frac{[Cl_2]^2 [H_2O]^2}{[HCl]^4 [O_2]} = \frac{(1)^2 (1)^2}{(0,5)^4 (0,05)} = 3,2 \times 10^2$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۴



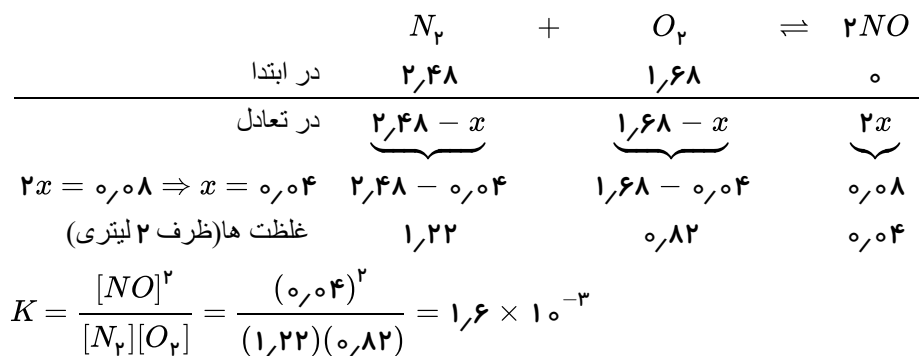
$$K = \frac{[CO_2]}{[CO]} \Rightarrow 99 = \frac{0,1 + x}{0,1 - x} \Rightarrow x = 0,098$$

$$[CO_2] \text{ غلظت تعادلی جدید} = 0,1 + 0,098 = 0,198 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

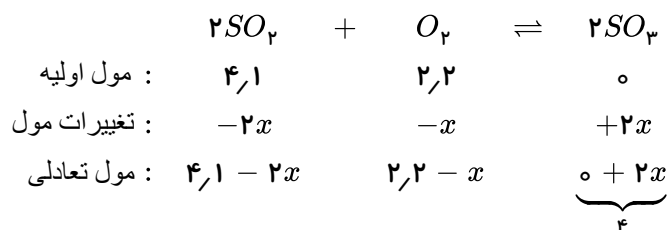




۱ ۲ ۳ ۴ ۵



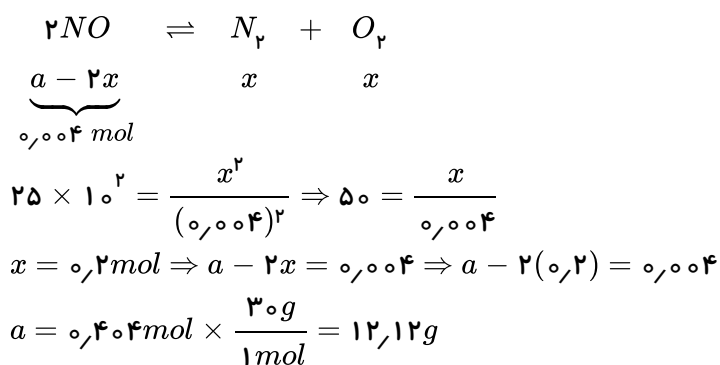
۱ ۲ ۳ ۴ ۶



$\underbrace{\quad\quad\quad}_4$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 + 2x = 4 \Rightarrow x = 2 \\ [SO_3] = \frac{4}{2L} \\ [O_2] = \frac{0,2}{2L} \\ [SO_2] = \frac{0,1}{2L} \end{array} \right. \Rightarrow K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \Rightarrow K = \frac{\left(\frac{4}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,1}{2}\right)^2 \times \left(\frac{0,2}{2}\right)} = \frac{(2)^2}{(0,05)^2 \times (0,1)} = 1,6 \times 10^4$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۷



واکنش گرماده است در نتیجه با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل کاهش می‌یابد. ۱ ۲ ۳ ۴ ۸



۱ ۲ ۳ ۴ ۹

$$[Cl_2] = \frac{2 \text{ mol}}{4 L} = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [Br_2] = \frac{2 \text{ mol}}{4 L} = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[BrCl]^2}{[Br_2][Cl_2]} \Rightarrow \frac{1.6 \times 10^{-3}}{0.5 \times 0.5} = \frac{[BrCl]^2}{0.5 \times 0.5} \Rightarrow [BrCl] = 0.02 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\text{mol BrCl} = 0.02 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 4 L = 0.08 \text{ mol}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۰

$$K_{\text{رفت}} = 4 \times 10^{30} \Rightarrow K_{\text{برگشت}} = \frac{1}{4 \times 10^{30}} \Rightarrow K = 2.5 \times 10^{-31}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

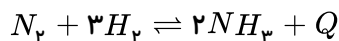
(۱) کاهش فشار باعث کاهش غلظت  $CO_2$  می‌شود.

(۲) با افزایش فشار تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود ولی غلظت  $O_2$  بیشتر از حالت اول است.

(۳)  $K$  بسیار بزرگ است بنابراین پیشرفت واکنش رفت خیلی زیاد است نه برگشت.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۱

فرایند هابر گرماده است و کاهش دما واکنش را در جهت تولید آمونیاک جابه‌جا می‌کند اما کاهش دما باعث کاهش سرعت واکنش چه رفت و چه برگشت می‌گردد به همین دلیل این واکنش را در دماهای بالاتر انجام می‌دهند.



۱ ۲ ۳ ۴ ۱۲

$$0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \div 10 = 0.06 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\text{در تعادل} \begin{cases} CO & + & H_2O & \rightleftharpoons & CO_2 & + & H_2 \\ 0.1 & & 0.1 & & 0 & & 0 \\ 0.1 - x & & 0.1 - x & & x & & x \\ 0.1 - 0.06 & & 0.1 - 0.06 & & 0.06 & & 0.06 \end{cases}$$

$$K = \frac{(0.06)^2}{(0.04)^2} = 2.25$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۳

$$400 \text{ cm}^3 \div 1000 = 0.4 L \quad [NO] = \frac{0.404}{0.4} = 0.101 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\begin{array}{ccccc} 2NO_2 & \rightleftharpoons & N_2 & + & O_2 \\ 0.101 - 2x & & x & & x \end{array}$$



$$\begin{cases} 2,5 \times 10^3 = \frac{x^2}{(0,101 - 2x)^2} \Rightarrow x = 0,05 \\ [NO_2] = 0,101 - 2(0,05) = 0,001 \text{ mol} \cdot L^{-1} \\ x = [O_2] = [N_2] = 0,05 \text{ mol} \cdot L^{-1} \end{cases}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۴

$$[A_2] = [B_2] = \frac{0,03}{3} = 0,01 M$$

$$2AB \rightleftharpoons A_2 + B_2 \quad K = \frac{[A_2][B_2]}{[AB]^2}$$

$$\Rightarrow 0,01 = \frac{0,01 \times 0,01}{[AB]^2} \Rightarrow [AB] = 0,1 M \quad 0,1 \times 3 = 0,3 \text{ (مول)} \text{ با ۳ لیتری برابر است}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۵ فشار در گازها اثرگذار است بنابراین باعث جابه‌جایی تعادل می‌شود.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۶

$$\begin{array}{lcl} 2NOCl & \rightleftharpoons & 2NO + Cl_2 \\ \text{غلظت اولیه :} & 1,09 & 0 \quad 0 \\ \text{تغییر غلظت :} & -2x & +2x \quad +x \\ \text{غلظت تعادلی :} & 1,09 - 2x & 0 + 2x \quad 0 + x \\ & \underbrace{\quad}_{0,09} & \underbrace{\quad}_{0,09} \quad \underbrace{\quad}_{0,045} \end{array}$$

$$K = \frac{(0,09)^2 (0,045)}{(1)^2} = 3,645 \times 10^{-4}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷ زیرا تعداد مول گاز دو طرف با هم برابر است و تغییر فشار اثر بر جابجایی تعادل ندارد.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۸

چون مقدار  $I_2$  در ظرف ۵ لیتر داده شده پس:

$$[I_2] = [H_2] = \frac{0,1}{5} = \frac{1}{500}$$

$$K = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} \Rightarrow 0,1 = \frac{\frac{1}{500} \times \frac{1}{500}}{[HI]^2} \Rightarrow [HI] = 0,02 \text{ مول بر لیتر}$$

مقدار  $HI$  در ۵ لیتر =  $0,02 \times 5 = 0,1 \text{ mol}$

باید توجه داشت مقدار مول  $HI$  را خواسته است پس:

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۹

$$[N_2] = [O_2] = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2} \Rightarrow 2,5 \times 10^3 = \frac{(0,1)^2}{[NO]^2}$$

از طرفین جذر می‌گیریم:

$$50 = \frac{0,1}{[NO]} \Rightarrow [NO] = \frac{1}{500} = 0,002 \frac{\text{mol}}{L}$$



۲۰ چون نماد  $q$  درست است تعادل قرار دارد، با افزایش دما تعادل به سمت چپ (برگشت) جابه‌جا می‌شود.

در گزینه ی ۲ هم سرعت رفت زیاد می‌شود، هم سرعت برگشت.

۲۱ ۱ ۲ ۳ ۴

$$[A] = \frac{0.4}{2} = 0.2M \quad [B] = \frac{1.2}{2} = 0.6M$$

$$2A \rightleftharpoons 3B \quad K = \frac{[B]^3}{[A]^2} = \frac{(0.6)^3}{(0.2)^2} = 5.4$$

۲۲ ۱ ۲ ۳ ۴



مول اولیه :  $0.5$   $0$   $0$   
 مول تعادلی :  $0.5 - x$   $x$   $x$

$$x = \frac{6}{100} \times 0.5 = 0.03$$

$$K = [NH_3][H_2S] = 0.03 \times 0.03 = 9 \times 10^{-4} \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$$

۲۳ ۱ ۲ ۳ ۴

$$[N_2] \text{ اولیه} = \frac{1 \text{ mol}}{2L} = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$H_2 \text{ اولیه} = 3.2g H_2 \times \frac{1 \text{ mol}}{2g} = 1.6 \text{ mol} H_2 \rightarrow [H_2] \text{ اولیه} = \frac{1.6 \text{ mol}}{2L} = 0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$NH_3 \text{ تعادلی} = 6.8g NH_3 \times \frac{1 \text{ mol}}{17g} = 0.4 \text{ mol} NH_3 \rightarrow [NH_3] \text{ تعادلی} = \frac{0.4 \text{ mol}}{2L} = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ماده	$N_2$	$3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
غلظت اولیه	$0.5$	$0.8$		$0$
تغییر غلظت	$-x$	$-3x$		$+2x$
غلظت تعادلی	$0.5 - x$	$0.8 - 3x$		$0.2$

$$NH_3 \text{ ستون} \Rightarrow 0 + 2x = 0.2 \Rightarrow x = 0.1$$

$$[N_2] \text{ تعادلی} = 0.5 - x = 0.5 - 0.1 = 0.4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[H_2] \text{ تعادلی} = 0.8 - 3x = 0.8 - 3(0.1) = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0.2)^2}{(0.4)(0.5)^3} = 0.8 \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$$

۲۴ ۱ ۲ ۳ ۴ تعداد مول های گازی دو طرف معادله برابر است، پس حجم ظرف در رابطه‌ی ثابت تعادل بی‌تأثیر است. زیرا حجم

ظرف از صورت و مخرج عبارت ثابت تعادل ساده می‌شود. تعداد مول های گزارش شده را در جدول را در جدول زیر وارد می‌کنیم.



ماده	$CO$	$H_2O \rightleftharpoons CO_2$	$H_2$
مول اولیه	۰٫۶	$n$	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+x$
مول تعادلی	$۰٫۶ - x$	$n - x$	$۰٫۳$

به کمک اطلاعات مربوط به  $CO_2$  مقدار  $x$  را به دست می آوریم.

$$CO_2 \rightarrow ۰ + x = ۰٫۳ \rightarrow x = ۰٫۳ mol$$

$$CO \text{ تعادلی} = ۰٫۶ - x = ۰٫۶ - ۰٫۳ = ۰٫۳ mol$$

$$H_2O \text{ تعادلی} = n - x = (n - ۰٫۳) mol$$

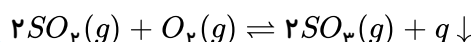
$$H_2 \text{ تعادلی} = x = ۰٫۳ mol$$

با قراردادن مول های تعادلی در رابطه ی ثابت تعادل، مقدار  $n$  را پیدا می کنیم.

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \rightarrow ۱۰ = \frac{(۰٫۳)(۰٫۳)}{(۰٫۳)(n - ۰٫۳)} \rightarrow ۱۰n - ۳ = ۰٫۳ \rightarrow n = ۰٫۳۳ mol$$

$$\text{مقدار بخار آب در مخلوط اولیه} = n = ۰٫۳۳ mol H_2O$$

۲۵ (۱) (۲) (۳) (۴) با توجه به جدول ارائه شده در صورت تست، با کاهش دما مقدار عددی  $K$  افزایش می یابد. پس تعادل گرماده ( $\Delta H < ۰$ ) است، به طوری که با کاهش دما، تعادل به سمت راست و تولید فراورده ی بیشتر جابه جا می شود.



۲) با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف  $q$  یعنی در جهت برگشت جابه جا می شود.

۳) واکنش، چه گرماگیر باشد و چه گرماده، همواره افزایش دما سبب افزایش سرعت آن می شود.

۴) در واکنش گرماده، سطح انرژی پیچیده ی فعال به واکنش دهنده ها نزدیک تر است. از این رو انرژی فعال سازی رفت کم تر از انرژی فعال سازی برگشت است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) < E_a(\text{برگشت}) \xrightarrow{\Delta H < ۰} E_a(\text{رفت}) < E_a(\text{برگشت})$$

۲۶ (۱) (۲) (۳) (۴)

چون در لحظه ی تعادل ۷۱ گرم  $Cl_2$  در ظرف داریم می توانیم بنویسیم:

$$n_{Cl_2} = \frac{m}{M} = \frac{۷۱}{۷۱} = ۱ mol, [Cl_2] = \frac{n}{V(L)} = \frac{۱}{۲} mol \cdot L^{-1}$$

حالا از روی ثابت تعادل غلظت  $Cl$  را بدست

$$K = \frac{[Cl_2]}{[Cl]^2} \Rightarrow ۲ = \frac{\frac{۱}{۲}}{[Cl]^2} \Rightarrow [Cl]^2 = \frac{۱}{۴} \Rightarrow [Cl] = \frac{۱}{۲} mol \cdot L^{-1}$$

می آوریم:

چون گرم  $Cl$  خواسته شده، ابتدا مول و سپس گرم را محاسبه می کنیم.

$$[Cl] = \frac{n}{V(L)} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{n}{۲} \Rightarrow n = ۱ mol, n_{Cl} = \frac{m}{M} \Rightarrow ۱ = \frac{m}{۳۵٫۵} \Rightarrow m = ۳۵٫۵ g$$

۲۷ (۱) (۲) (۳) (۴) دقت کنید که چون واحد  $K$  برابر  $mol \cdot L^{-1}$  است. قطعاً ضریب استوکیومتری  $C$  برابر ۳ است.

سوال گفته پس از برقراری تعادل غلظت  $A$  برابر ۰٫۶ مول بر لیتر است چون ظرف یک لیتری است مول با غلظت فرقی ندارد. وقتی تعداد مول  $A$  از یک مول به ۰٫۶ مول رسیده نشان می دهد که واکنش برای رسیدن به تعادل به سمت راست پیشرفت می کند.



$$A + B \rightleftharpoons 3C$$

$$1 \quad 0.8 \quad n$$

$$1-x \quad 0.8-x \quad n-x \Rightarrow 1-x=0.6 \Rightarrow x=0.4$$

با توجه به رابطه ی  $K$  می‌توانیم  $n$  را بدست آوریم:

$$K = \frac{(n+3x)^3}{(1-x)(0.8-x)} \Rightarrow 24.3 = \frac{(n+1.2)^3}{(0.6)(0.4)}$$

$$\Rightarrow 2^3 \times 9^3 \times 10^{-3} = (n+1.2)^3 \Rightarrow 1.8 = n+1.2 \Rightarrow n=0.6$$

جدول را رسم می‌کنیم دقت کنید که چون مول‌های گازی دو طرف با هم برابر است می‌توانیم در رابطه‌ی ثابت تعادل از حجم ظرف صرف نظر کرده، از مول استفاده کنیم. (زیرا حجم ظرف از صورت و مخرج حذف می‌شود).

چون  $B$  با  $D$  برابر است پس:

$$n_p B = n_p D$$

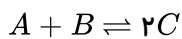
$$2-x=2x \Rightarrow 2x+x=2 \Rightarrow x=\frac{2}{3}$$

	$3A$	$B$	$2C$	$2D$
$n_1$	4	2	2	0
$\Delta n$	$-3x$	$-x$	$+2x$	$+2x$
$n_p$	$4-3x$	$2-x$	$1+2x$	$2x$

حالا می‌توانیم  $K$  را محاسبه کنیم:

$$K = \frac{[D]^2[C]^2}{[B][A]^3} = \frac{(2x)^2(1+2x)^2}{(2-x)(4-3x)} \Rightarrow K = \frac{\left(\frac{4}{3}\right)^2 \left(\frac{7}{3}\right)^2}{\left(\frac{2}{3}\right)(1)} \Rightarrow K = \frac{49}{54}$$

با توجه به ردیف تغییر غلظت متوجه می‌شویم که ضرایب استوکیومتری و معادله‌ی واکنش مربوط به جدول به فرم زیر است:



اما چون ثابت تعادل واکنش  $2C \rightleftharpoons A + B$  خواسته شده است باید ثابت تعادل محاسبه شده از جدول را معکوس نمود.

$$K' = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(4y)^2}{(y)(2y)} = \frac{16y^2}{2y^2} = 8 \Rightarrow K = \frac{1}{K'} = \frac{1}{8} = 0.125$$

باتوجه به اینکه تعداد مول گازی دو طرف برابر است، وقتی حجم را کم می‌کنیم هیچ تأثیری روی تعادل ایجاد نمی‌شود پس در گزینه‌ها باید به دنبال گزینه‌هایی بگردیم که هیچ تأثیری روی ثابت تعادل نداشته باشد که در گزینه‌ی ۴ می‌توانیم آن‌را بیابیم.

کاتالیزور با کاهش دادن انرژی فعال‌سازی سرعت را افزایش می‌دهد بدون اینکه ثابت تعادل تغییر کند.

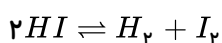
از آن‌جاکه حجم ظرف یک لیتر است، غلظت مواد برابر با مقدار آن‌هاست.

$$[COCl_2] = 0.45 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[CO] = [Cl_2] = x$$

$$K = \frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]} \Rightarrow 0.2 = \frac{x^2}{0.45} \Rightarrow x = 0.3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری به ازای تجزیه‌ی  $HI$  به مقدار  $0.4$  مول  $HI$  به مقدار  $0.2$  مول  $H_2$  و  $I_2$  تولید می‌شود (حجم ظرف ۱ لیتر است):





$$0.4 \text{ mol HI} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol HI}} = 0.2 \text{ mol H}_2 \Rightarrow \text{در هنگام تعادل}$$

$$[H_2] = [I_2] = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ و } [HI] = 2.4 - 0.4 = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{(0.2) \times (0.2)}{2^2} = 0.01$$

۳۴ از آنجایی که در رابطه‌ی ثابت تعادل باید غلظت مواد را بگذاریم و با توجه به اینکه حجم ظرف ۲ لیتر است، مقدار مواد را به ۲ تقسیم می‌کنیم تا غلظت آن‌ها را به دست آوریم:

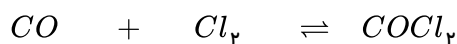


$$\text{غلظت در هنگام تعادل: } \begin{array}{ccc} \frac{0.2}{2} & \frac{x}{2} & \frac{x}{2} \end{array}$$

$$K = \frac{[Cl_2][CO]}{[COCl_2]} \Rightarrow 0.1 = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)\left(\frac{x}{2}\right)}{\left(\frac{0.2}{2}\right)} \Rightarrow \frac{x^2}{4} = 0.01 \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol}$$

خوب توجه کنید که  $(x)$  مقدار  $Cl_2$  و  $\left(\frac{x}{2}\right)$  غلظت آن است. صورت سوال از ما مقدار  $(x)$  را خواسته است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۳۵



$$\begin{array}{lll} \text{مول اولیه:} & 0.3 & 0.3 & 0 \\ \text{تغییرات مول:} & -x & -x & +x \\ \text{مول تعادلی:} & \underbrace{0.3 - x}_{0.1} & \underbrace{0.3 - x}_{0.1} & \underbrace{+x}_{0.2} \end{array}$$

مقادیر در صورت سؤال همه برحسب مول داده شده لذا با تقسیم کردن این مقادیر به حجم ظرف، غلظت بدست می‌آید که در رابطه‌ی ثابت تعادل قرار می‌دهیم تا حجم را بدست آوریم.

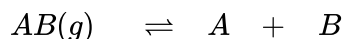
$$K = \frac{[COCl_2]}{[CO] \cdot [Cl_2]} \Rightarrow 10 = \frac{\frac{0.2}{V}}{\left(\frac{0.1}{V}\right) \cdot \left(\frac{0.1}{V}\right)} \Rightarrow V = \frac{1}{2} L$$

۳۶  $AB$  جامد است و غلظت مواد جامد را در رابطه‌ی ثابت تعادل نمی‌نویسیم: ۱ ۲ ۳ ۴

$$[A] = [B] = x$$

$$K = [A][B] \Rightarrow 0.25 = (x) \times (x) \Rightarrow 0.25 = x^2 \Rightarrow x = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۳۷



$$\text{تعداد مول ها در هنگام تعادل: } \begin{array}{ccc} (0.1 - x) & x & x \end{array}$$

$$\text{تعداد کل مول ها در هنگام تعادل: } 0.1 - x + x + x = 0.18 \Rightarrow x = 0.08 \text{ mol}$$

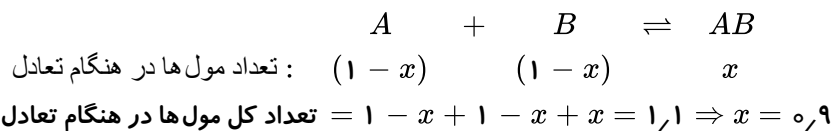
حجم ظرف ۱ لیتر است یعنی غلظت و مقدار مواد با هم برابر است.



$$K = \frac{[A][B]}{[AB]} = \frac{(0,08)^2}{0,02} = \frac{64 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-2}} = 32 \times 10^{-2} = 0,32$$

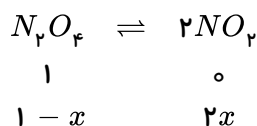
۱ ۲ ۳ ۴ ۳۸

حجم ظرف را فراموش نکنید.



$$K = \frac{[AB]}{[A][B]} = \frac{\left(\frac{0,9}{1,1}\right)}{\left(\frac{0,1}{1,1}\right) \times \left(\frac{0,1}{1,1}\right)} = 900$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۳۹

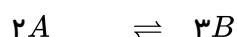


تعداد کل مول‌ها در هنگام تعادل  $= 1-x + 2x = 1,75 \Rightarrow x = 0,75$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{2x}{1,75}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{1,75}\right)} = \frac{\left(\frac{1,5}{1,75}\right)^2}{\left(\frac{0,25}{1,75}\right)} = \frac{2,25}{1,00} = 0,9$$

حجم ظرف واکنش را که  $1,0L$  است فراموش نکنید.

۱ ۲ ۳ ۴ ۴۰



تعداد مول‌های اولیه : ۱ ۰

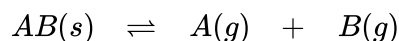
تعداد مول‌ها در هنگام تعادل :  $1-2x \quad 3x$

$[B] = 6[A] \Rightarrow 3x = 6(1-2x) \Rightarrow 3x = 6 - 12x \Rightarrow 15x = 6 \Rightarrow x = 0,4mol$

حجم ظرف یک لیتر است:

$$K = \frac{[B]^3}{[A]^2} = \frac{(3x)^3}{(1-2x)^2} = \frac{(1,2)^3}{(0,2)^2} = 43,2$$

در هنگام تعادل خواهیم داشت: ۱ ۲ ۳ ۴ ۴۱



تعداد مول‌ها در هنگام تعادل :  $m-x \quad x \quad x$

(از نوشتن غلظت مواد جامد در رابطه‌ی تعادل صرف‌نظر می‌شود) حجم ظرف  $1,0$  لیتر است.

$$K = [A][B] = \left(\frac{x}{1,0}\right) \times \left(\frac{x}{1,0}\right) = \frac{x^2}{1,00}$$

$\frac{x^2}{1,00} = 0,01 \Rightarrow x^2 = 1 \Rightarrow x = 1mol$





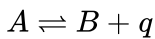
$۲mol = ۱ + ۱ =$  تعداد کل مول‌های گازی در هنگام تعادل

۴۲) ۱ ۲ ۳ ۴ کاتالیز گر سرعت واکنش را با کوتاه تر کردن زمان رسیدن به تعادل، افزایش می دهد و همچنین انرژی فعال سازی را نیز کاهش می دهد.

۴۳) ۱ ۲ ۳ ۴ در تعادل‌های گرماده، افزایش دما باعث جابجایی تعادل در جهت برگشت می‌شود، در نتیجه از غلظت فراورده‌ها کاسته شده و بر غلظت واکنش دهنده‌ها افزوده می‌گردد که منجر به کوچکتر شدن ثابت تعادل می‌شود.  
به طور کلی هرگاه با تغییر دما، تعادل در جهت برگشت جابجا شود، مقدار ثابت تعادل کوچک می‌شود.  
در مورد سایر گزینه‌ها، همانطور که در سینتیک شیمیایی (بخش ۱) خواندیم، با افزایش دما تعداد برخوردهای ذرات افزایش یافته و سرعت واکنش بیشتر می‌شود و زمان رسیدن به حالت تعادل کوتاه می‌گردد.

۴۴) ۱ ۲ ۳ ۴ از آنجاکه تعادل فوق گرماده است، با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود پس ثابت تعادل کاهش می‌یابد، با افزایش دما سرعت واکنش‌های رفت و برگشت افزایش می‌یابد بنابراین زمان رسیدن به تعادل کاهش می‌یابد.

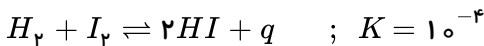
جهت رفت، کاهش دما



جهت برگشت، افزایش دما

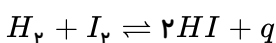
۴۵) ۱ ۲ ۳ ۴ اگر مخلوط تعادلی:  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + q$  از یک ظرف ۱۰۰ لیتری به یک ظرف ۲۰۰ لیتری منتقل شود، بر اثر این انتقال حجم ظرف دو برابر شده و فشار به نصف کاهش می‌یابد، در نتیجه تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (برگشت) جابجا می‌شود. ضمناً تغییر حجم و به دنبال آن تغییر فشار سامانه، ثابت تعادل ( $K$ ) را تغییر نمی‌دهد و بنابراین مقدار ثابت تعادل ثابت می‌ماند.

۴۶) ۱ ۲ ۳ ۴ چون  $\Delta H$  واکنش برگشت مثبت است، پس واکنش برگشت گرماگیر است. می‌توان نتیجه گرفت که واکنش رفت گرماده است و نماد  $q$  در سمت راست معادله قرار دارد.



از آن جا که مقدار عددی  $K$  کوچک است ( $K = 10^{-4}$ ) می‌توان نتیجه گرفت که حتماً این تعادل در دمای بالا برقرار شده است، به طوری که تعادل در جهت برگشت پیشرفت کرده و مقدار عددی  $K$  کوچک شده است.

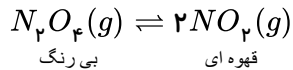
جابجایی تعادل در جهت برگشت و کاهش مقدار  $K$



۴۷) ۱ ۲ ۳ ۴

در مخلوط گازی  $NO_2$  و  $N_2O_4$  تعادل روبه‌رو برقرار است:  
 $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$   
هرگاه در دمای ثابت، سامانه‌ی تعادلی را از یک ظرف ۳ لیتری به یک ظرف ۲ لیتری منتقل کنیم، با کاهش حجم سامانه، بر تراکم گازها در واحد حجم افزوده شده و غلظت تمام گونه‌ها یعنی  $NO_2$  و  $N_2O_4$  افزایش می‌یابد (تایید گزینه‌ی ۱ و رد گزینه‌ی ۲) چنانچه در صورت تست، در مورد مقدار (تعداد مول‌ها)  $NO_2$  و  $N_2O_4$  پرسیده می‌شد پاسخ به گونه‌ی زیر تغییر می‌یافت.  
با کاهش حجم فشار سامانه افزایش می‌یابد. در نتیجه تعادل، به سمت تعداد مول گازی کمتر (به سمت  $N_2O_4$ ) جابجا می‌شود و مقداری از  $NO_2$  به  $N_2O_4$  تبدیل می‌گردد. بنابراین از مقدار (تعداد مول‌های)  $NO_2$  کاسته شده و بر مقدار (تعداد مول‌های)  $N_2O_4$  افزوده می‌شود، ولی از لحاظ غلظت، همانگونه که در فوق توضیح داده شد، هر دو گونه‌ی موجود در سامانه‌ی  $N_2O_4 - NO_2$  با افزایش غلظت مواجه می‌شوند زیرا حجم ظرف کاهش یافته است.

۴۸) ۱ ۲ ۳ ۴ افزایش دما، باعث جابجایی واکنش گرماده در جهت برگشت و کاهش غلظت  $NO_2$  می‌شود.



سامانه‌ی گازی مورد نظر به صورت زیر است:

ابتدا که سامانه را تحت فشار قرار می‌دهیم، به دلیل کاهش حجم و افزایش تراکم مولکول‌های قهوه‌ای  $NO_2$ ، مخلوط گازی پررنگ دیده می‌شود اما لحظه‌ای بعد به دلیل افزایش فشار، سامانه به سمت تعداد مول گازی کمتر (سمت چپ) جابجا شده و مخلوط تا آن جا که امکان دارد کم رنگ می‌شود. بعد از آن دوباره فشار سامانه را کم می‌کنیم، به دلیل افزایش حجم و کاهش تراکم مولکول‌های قهوه‌ای، مخلوط گازی کم رنگ دیده می‌شود و لحظه‌ای بعد به دلیل کاهش فشار، سامانه به سمت تعداد مول گازی بیشتر (سمت راست) جابجا شده و مخلوط تا آن جا که امکان دارد پررنگ می‌شود.

وقتی با افزایش دما تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود یعنی  $q$  در سمت چپ واکنش قرار دارد یعنی تعادل گرماگیر است. با توجه به اینکه کاهش فشار تعادل را به سمت راست جابه‌جا می‌کند می‌توان نتیجه گرفت ضریب  $b$  بیشتر از  $a$  است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۵۱

کاهش حجم به منزله‌ی افزایش فشار است و تعادل را به سمت مول‌های گازی کمتر (در جهت برگشت) جابجا می‌کند:

لذا مقدار مول‌ها و غلظت  $N_2O_4$  بیشتر می‌شود و مقدار مول‌های  $NO_2$  کم می‌شود، اما در مورد غلظت  $NO_2$  چون کاهش حجم داریم غلظت  $NO_2$  زیاد می‌شود.

غلظت مواد جامد ( $s$ ) و مایع خالص ( $l$ ) ثابت است و تغییر نمی‌کند و فقط مقدار آن‌ها ممکن است در واکنش تغییر کند. بنابراین تغییر مقدار یک ماده‌ی جامد یا مایع خالص هیچگونه تاثیری در جابجایی تعادل نخواهد داشت.

در تعادل ارایه شده، کربن جامد است و با دو برابر شدن مقدار کربن، غلظت آن تغییر نمی‌کند و هیچ تغییری در جابجایی تعادل و مقدار  $CO_2$  روی نمی‌دهد.

طبق اصل لوشاتلیه، در یک واکنش گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) با افزایش دما واکنش در جهت رفت جابجا شده و مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها

گزینه‌ی «۱» چه ربطی داره! ثابت تعادل یک واکنش گرماگیر می‌تواند کوچکتر یا بزرگتر از واحد (۱) باشد.

گزینه‌ی «۲» سرعت یک واکنش تعادلی گرماگیر می‌تواند کم یا زیاد باشد.

گزینه‌ی «۴» با کاهش حجم (افزایش فشار) تعادل در جهت تعداد مول‌های گازی کمتر جابجا می‌شود. در این جا با انتقال واکنش به ظرف کوچکتر، تعادل در جهت برگشت جابجا شده و مقدار  $A$  افزایش می‌یابد. (نه  $B$ )

در جواب دادن به این سوال به راحتی می‌توان گفت که شرط تعادلی بودن واکنش‌های برگشت‌پذیر گازی، سربسته بودن ظرف است و اگر ظرف سرباز باشد، واکنش یک طرفه و به طور کامل انجام می‌شود و در این جا تعادل در جهت تجزیه‌ی کامل  $MO_2$  جابجا خواهد شد.

در ضمن اگر با ادامه‌ی تجزیه‌ی  $MO_2$ ، این امکان وجود داشت که فشار  $O_2$  هوای آزاد ۲۵٪ اتمسفر برسد، واکنش پس از جابجایی در جهت رفت به تعادل جدیدی می‌رسید اما در این جا هر قدر هم که مقدار  $MO_2$  زیاد باشد (تا تجزیه شود) باز هم  $O_2$  تولیدی آن نمی‌تواند فشار اتمسفر را افزایش داده و به ۲۵٪ اتمسفر برساند (تاثیر آن بر فشار اتمسفر در واقع بسیار ناچیز است) بنابراین واکنش به طور کامل در جهت رفت پیشرفت می‌کند تا تمام  $MO_2$  تجزیه شود و هیچگاه به تعادل نمی‌رسد.

با کاهش حجم، تعادل به سمت تولید مول‌های گازی کمتر (جهت برگشت) پیش می‌رود پس گزینه‌ی «۱» درست

است.

گزینه‌ی «۲» در این تعادل جدید به علت افزایش غلظت‌ها، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت هر دو در مقایسه با تعادل قبلی افزایش می‌یابند.

گزینه‌ی «۳» ثابت تعادل با تغییر فشار تغییر نمی‌کند.



گزینه ی «۴» با کاهش حجم تعادل به سمت راست می رود که گرماگیر است بنابراین برای ثابت ماندن دما باید مقداری گرما از محیط به سامانه وارد شود.

بررسی هر چهار گزینه: ۱ ۲ ۳ ۴ ۵۶

۱) هر ذره معادل ۰٫۱ مول می باشد و حجم ظرف یک لیتر است، پس می توان غلظت هر ذره را  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  در نظر گرفت. تعداد ذره های هر گونه را شمارش می کنیم و در رابطه ی ثابت تعادل قرار می دهیم.

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(0.5)^2}{(0.5)^2 (0.4)} = 2.5 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

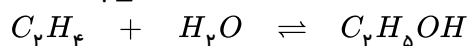
۲) این واکنش گرماده است و با بالاتر رفتن دما، تعادل به سمت چپ جابه جا شده و ثابت تعادل، کوچک تر می شود.

۳) با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه جا می شود و مولکول های  $SO_3$  به  $SO_2$  و  $O_2$  تجزیه می شوند. در نتیجه شمار مولکول های گاز در ظرف واکنش افزایش می یابد.

۴) با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه جا می شود، در نتیجه شمار مولکول های گاز  $SO_2$  نسبت به شمار مولکول های گاز  $SO_3$  افزایش می یابد.

برای به دست آوردن غلظت، مول ها را بر حجم ظرف تقسیم می کنیم: ۱ ۲ ۳ ۴ ۵۷

$$[C_2H_6] = [H_2O] = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1$$



غلظت اولیه :	۱	۱	۰
تغییر غلظت :	-x	-x	+x
غلظت تعادلی :	۱-x	۱-x	x

$$K = \frac{[C_2H_5OH]}{[C_2H_6][H_2O]} \rightarrow 2 = \frac{x}{(1-x)^2} \rightarrow 2x^2 - 5x + 2 = 0$$

$$x = \frac{5 \pm \sqrt{25 - 16}}{4} = \begin{cases} \frac{5+3}{4} = 2 & \text{غیر قابل قبول} \\ \frac{5-3}{4} = 0.5 & \text{قابل قبول} \end{cases} \Rightarrow x = 0.5$$

$$\text{تعدادی } mol C_2H_6 = 1 - 0.5 = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1 \text{ mol}$$

$$\text{تعدادی } mol H_2O = 1 - 0.5 = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1 \text{ mol}$$

$$\text{تعدادی } mol C_2H_5OH = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1 \text{ mol}$$

در اینجا ۱ mol اتانول ( $C_2H_5OH$ ) تولید شده است که همان مقدار عملی است اگر واکنش کامل بود بایستی ۲ mol اتانول تولید می شد (مقدار نظری)

$$2 \text{ mol} \quad x \text{ mol}$$

$$mol C_2H_6 \sim mol C_2H_5OH \Rightarrow \frac{2}{1} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 2 \text{ mol} \text{ مقدار نظری}$$

$$1 \quad 1$$

$$\text{بازده عملی} = \frac{\text{بازده نظری}}{\text{بازده عملی}} \times 100 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 100 = 50\%$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۵۸ ۱٫۸ مول تولید شده پس ۰٫۹ مول  $O_2$  مصرف شده است.

$$O_2 \text{ مواد اولیه ی } = 0.9 + 0.1 = 1 \text{ mol}$$

بررسی گزینه های نادرست:



(۱) یکای ثابت تعادل نادرست است.

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(1.8)^2}{(0.2)^2 (0.1)} = 810 = 8.1 \times 10^2 \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

(۳) این تعادل گرماده است و با بالا رفتن دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و ثابت تعادل کوچک‌تر می‌شود.

(۴) تعادل گرماده است و با کاهش یافتن دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود و در نتیجه شمار مول‌های  $SO_3$  به شمار مول‌های  $SO_2$  افزایش می‌یابد.

(۵۹) ابتدا تعداد مول‌های هیدروژن را در حالت تعادل به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } H_2 = 0.1 \text{ mol } CO \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } CO} = 0.3 \text{ mol } H_2$$

حجم ظرف واکنش را برابر  $V$  لیتر در نظر گرفته و تعداد مول مواد شرکت‌کننده در واکنش را به  $V$  تقسیم می‌نماییم تا غلظت مولی آن‌ها به دست آید، سپس غلظت‌های مولی را در رابطه‌ی ثابت تعادل قرار می‌دهیم تا حجم ظرف واکنش به دست آید.

$$K = \frac{[CO][H_2]^3}{[CH_4][H_2O]} \Rightarrow 10 = \frac{(\frac{0.1}{V})(\frac{0.3}{V})^3}{(\frac{0.03}{V})(\frac{0.01}{V})} \Rightarrow V = 3L$$

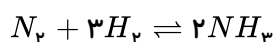
(۶۰) افزایش گاز  $H_2$  باعث جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف آن یعنی به سمت چپ می‌شود. کاهش گاز  $I_2$  باعث جابه‌جایی تعادل در جهت تولید آن یعنی به سمت راست می‌گردد و افزایش گاز  $HI$  باعث جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف آن یعنی سمت راست می‌شود.

(۶۱) این واکنش گرماده است و از دیدگاه تئوری، دمای پایین پیشرفت واکنش را افزایش می‌دهد.



ضمناً تعداد مول‌های گازی سمت راست معادله کم‌تر است و فشار بالا باعث جابه‌جایی تعادل به سمت مول‌گازی کم‌تر و افزایش پیشرفت واکنش می‌شود.

(۶۲) ۱ ۲ ۳ ۴



	$N_2$	$H_2$	$NH_3$
غلظت اولیه	۱	۱	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-3x$	$+2x$
غلظت تعادل	$1-x$	$1-3x$	$2x$
غلظت تعادلی	۰.۸۷۵	۰.۶۲۵	۰.۲۵

نمودار C      نمودار D

با توجه به اینکه هیدروژن و نیتروژن مصرف می‌شوند و شیب نمودار هیدروژن بیشتر از نیتروژن است نمودار D را می‌توان به هیدروژن نسبت داد.

$$\Rightarrow 2x = 0.25 \rightarrow x = 0.125$$



۱ ۲ ۳ ۴ ۶۳

برای بدست آوردن غلظت هر ماده، تعداد مول آن را بر حجم ظرف یعنی ۳ لیتر تقسیم می کنیم.

غلظت  $CO_2$  و  $NO$  برابر است (به دلیل برابر بودن ضریب استوکیومتری و فراورده بودن)

$CO$	$+ NO_2$	$\rightleftharpoons$	$CO_2(g)$	$+ NO(g)$	
$x$	$y$		$o$	$o$	غلظت اولیه
$-a$	$-a$		$+a$	$+a$	تغییر غلظت
$0,3$	$0,05$		$0,15$	$0,15$	غلظت تعادل

$$K = \frac{[0,15][0,15]}{[0,3][0,05]} = 1,5$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۴

با توجه به واکنش می توان نوشت:

$$K = \frac{[BrCl]^2}{[Br_2][Cl_2]} \Rightarrow 1,6 \times 10^{-3} = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{\left(\frac{4}{2}\right)\left(\frac{4}{2}\right)} \Rightarrow x = 0,16 mol$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۵ توجه کنید این فرایند دارای بازده درصدی ۶۰ درصد است یعنی ۰,۶ مول از هر یک از واکنش دهنده ها طی شروع

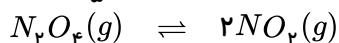
تأ رسیدن به تعادل تجزیه شده اند.

	$A(g)$	$+ D(g)$	$\rightleftharpoons$	$2E(g)$	$+ G(g)$	
غلظت اولیه :	۱	۱		۰	۰	
تغییر غلظت :	$-x$	$-x$		$+2x$	$+x$	
	$\underbrace{\hspace{1cm}}_{0,6}$	$\underbrace{\hspace{1cm}}_{0,6}$				
غلظت تعادلی :	$\underbrace{1-x}_{1-0,6}$	$\underbrace{1-x}_{1-0,6}$		$\underbrace{2x}_{1,2}$	$\underbrace{x}_{0,6}$	

$$K = \frac{[E]^2[G]}{[A][D]} = \frac{(1,2)^2 \times (0,6)}{(0,4) \times (0,4)} = 5,4 mol \cdot L^{-1}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۶ ابتدا مول داده شده را به غلظت (مولاریته) تبدیل می کنیم ( $M = \frac{n}{V}$ )

$$\text{غلظت اولیه } [N_2O_4] = \frac{10}{5} = 2 mol \cdot L^{-1}$$



غلظت اولیه :	۲	۰	
	$\downarrow$	$\downarrow$	
تغییر غلظت :	$-x$	$+2x$	
	$\downarrow$	$\downarrow$	
غلظت تعادلی :	$2-x$	$2x$	
ثابت تعادلی $K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$	$\rightarrow 4 = \frac{(2x)^2}{(2-x)}$	$\rightarrow x = 1$	
$\Rightarrow$ غلظت تعادلی $[N_2O_4] = 2 - 1 = 1$			



$$\Rightarrow [NO_2] = 2 \times 1 = 2 \text{ غلظت تعادلی}$$

$$\frac{[NO_2]}{[N_2O_4]} = \frac{2}{1} = 2 \text{ نسبت غلظت مولار خواسته شده به دست آمد.}$$

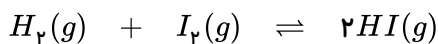
برای بدست آوردن مجموع مول‌های گاز درون ظرف هنگام تعادلی کافی است (هر دو ماده، واکنش دهنده و فرآورده گاز هستند) غلظت‌های موجود تعادلی را به مول تبدیل نماییم.

$$NO_2 \quad M \times V \Rightarrow 2 \times 5 = 10$$

$$N_2O_4 \quad M \times V \Rightarrow 1 \times 5 = 5$$

$$\Rightarrow mol NO_2 + mol N_2O_4 = 10 + 5 = 15$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۷



مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x
مول تعادلی	1-x	1-x	2x

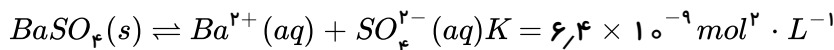
$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \rightarrow 64 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} 8 = \frac{2x}{1-x} \rightarrow x = 0.8$$

توجه: تعداد مول‌های گازی دو طرف واکنش برابر است بنابراین می‌توان از مول به جای غلظت در رابطه‌ی ثابت تعادل استفاده کرد.

$$HI = 2x \rightarrow 2(0.8) = 1.6 \text{ mol}$$

$$HI = 1.6 \text{ mol} \times \frac{128 \text{ g HI}}{1 \text{ mol HI}} = 204.8 \text{ g}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۸



$$K = [Ba^{2+}] \times [SO_4^{2-}] = 6.4 \times 10^{-9}$$

چون فاز  $BaSO_4$  جامد است در عبارت ثابت تعادل نمی‌آید.

با توجه به اینکه ضریب  $Ba^{2+}$  و  $SO_4^{2-}$  یکسان است، غلظت هر دو نیز یکسان است:

$$[Ba^{2+}] = [SO_4^{2-}] = x$$

مقدار  $x$  را بدست می‌آوریم که همان  $[Ba^{2+}]$  است:

$$K = \underbrace{[Ba^{2+}]}_x \times \underbrace{[SO_4^{2-}]}_x = 6.4 \times 10^{-9} \rightarrow x^2 = 6.4 \times 10^{-9} \rightarrow x = 8 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$BaSO_4$  یک جامد یونی بوده و هر مقدار آن که در آب حل می‌شود، از طریق یونی (تفکیک یونی) حل می‌شود و با توجه به مساوی بودن

ضرایب استوکیومتری یون‌های حاصل، هر مقدار غلظت  $[Ba^{2+}]$  باشد، غلظت  $BaSO_4$  نیز همان است.

$$[Ba^{2+}(aq)] = [BaSO_4(aq)]$$

$$M = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{M}{1}$$

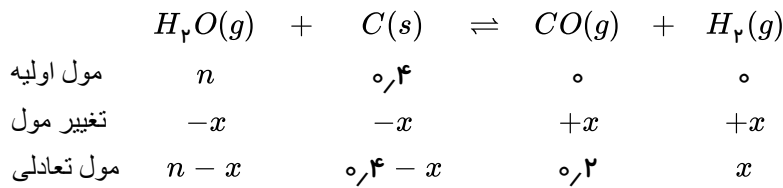
$$\text{تعداد مول} = \text{مولاریته} \times \text{حجم (L)} \rightarrow 8 \times 10^{-5} \times 1 = 8 \times 10^{-5} \text{ mol } BaSO_4$$

$$?g BaSO_4 = 8 \times 10^{-5} \text{ mol } BaSO_4 \times \frac{233 \text{ g } BaSO_4}{1 \text{ mol } BaSO_4} = 1.864 \times 10^{-2} \text{ g}$$



$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{1,864 \times 10^{-2}}{1000} \times 10^6 = 18,64 ppm$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۶۹



توجه: در واکنش تعادلی فوق  $C(s)$  (زغال) در فاز جامد است. بنابراین جدول تعادل را به جای غلظت بر حسب مول می‌نویسیم. (غلظت جامد ثابت است و تغییر نمی‌کند)

مول‌های تعادلی گازهای موجود را به حجم ظرف ( $2L$ ) تقسیم می‌نماییم و سپس در رابطه‌ی ثابت تعادل قرار می‌دهیم:

$$x = 0,2 mol \rightarrow [CO] = \frac{0,2}{2} = 0,1 mol \cdot L^{-1}, [H_2] = \frac{0,2}{2} = 0,1 mol \cdot L^{-1}$$

$$[H_2O] = \frac{n - 0,2}{2}$$

$$K = \frac{[H_2][CO]}{[H_2O]} \rightarrow 10 = \frac{0,1 \times 0,1}{\frac{n-2}{2}} \rightarrow n = 0,202 mol H_2O$$

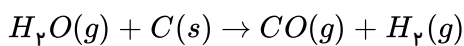
$$\text{جرم اولیه‌ی آب} = 0,202 mol \times \frac{18g}{1 mol} = 3,64 g H_2O$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۷۰

$$K = \frac{[CH_4] \times [H_2O]}{[CO] \times [H_2]^3} \rightarrow 0,81 = \frac{(\frac{0,003}{V})(\frac{0,003}{V})}{(\frac{0,1}{V})(\frac{0,1}{V})^3} = V = 3L$$

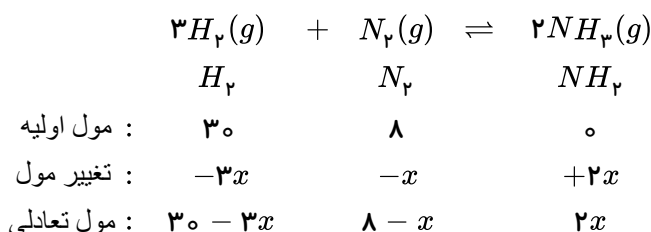
باتوجه به شکل می‌بینیم که غلظت  $SO_3$  افزایش می‌یابد و طبق اصل لوشاتلیه تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند. ۱ ۲ ۳ ۴ ۷۱

زغال چوب با بخار آب داغ در دمای  $1000^\circ C$  طبق معادله‌ی زیر واکنش می‌دهد: ۱ ۲ ۳ ۴ ۷۲



$$\text{تناسب: } \frac{12gC}{360} = \frac{1molC}{? = 30mol}$$

$H_2$  به همراه ۸ مول  $N_2$  وارد ظرف ۱۰۰ لیتری می‌شوند:



$$30 - 3x + 8 - x + 2x = 26$$

$$2x = 12 \Rightarrow x = 6 mol$$



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{\left(\frac{12}{100}\right)^2}{\left(\frac{12}{100}\right)^3 \left(\frac{2}{100}\right)} = \frac{1}{\frac{12}{100} \times \frac{2}{100}} \simeq 416,7$$

برپایه داده‌های متن این پرسش، داریم: ۱ ۲ ۳ ۴ (۷۳)

$$[Cl_2] = \frac{28,4g}{71g \cdot mol^{-1}} \div 2L = 0,2 mol \cdot L^{-1} \text{ غلظت تعادلی}$$

$$[PCl_3] = [Cl_2] = 0,2 mol \cdot L^{-1}$$

$$[PCl_5] = \frac{100,08g}{208,5g \cdot mol^{-1}} \div 2L = 0,24 mol \cdot L^{-1} \text{ غلظت اولیه}$$

	$PCl_5$	$\rightleftharpoons$	$Cl_2$	$+$	$PCl_3$
غلظت اولیه :	0,24		0		0
تغییر غلظت :	$-x$		$+x$		$+x$
غلظت تعادلی :	$\underbrace{0,24 - x}_{0,24 - 0,2 = 0,04}$		$\underbrace{x}_{0,2}$		$\underbrace{x}_{0,2}$

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0,2 \times 0,2 mol^2 \cdot L^{-2}}{0,04 mol \cdot L^{-1}} = 1 mol \cdot L^{-1}$$

برپایه داده‌های متن این پرسش، می‌توان نوشت: ۱ ۲ ۳ ۴ (۷۴)

$$K = \frac{[C][D]^2}{[A][B]^4}, [D] = 2[C] = 0,4 mol \cdot L^{-1} \Rightarrow K = \frac{0,2 \times (0,4)^2 mol^3 \cdot L^{-3}}{0,2 \times (0,1)^4 mol^5 \cdot L^{-5}} = 1600 L^2 \cdot mol^{-2}$$

زیرا، با توجه به داده‌های متن این پرسش، داریم: ۱ ۲ ۳ ۴ (۷۵)

$$2AB(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g), [D] = 0,5 mol \div 2 = 0,25 mol \cdot L^{-1}, [C] = 2[D] = 0,5 mol \cdot L^{-1}$$

$$[AB] = \frac{2 mol}{2L} - 0,5 mol \cdot L^{-1} = 0,5 mol \cdot L^{-1} \Rightarrow K = \frac{[C]^2 [D]}{[AB]^2} = \frac{(0,5)^2 \times 0,25 mol^3 \cdot L^{-3}}{(0,5)^2 mol^2 \cdot L^{-2}} = 0,25 mol \cdot L^{-1}$$

زیرا، برپایه داده‌های متن این پرسش، اگر مقدار  $NO$  را در حالت تعادل برابر  $x$  در نظر بگیریم، داریم: ۱ ۲ ۳ ۴ (۷۶)

$$2 mol NO \div 4L = 0,5 mol \cdot L^{-1} (NO \text{ غلظت اولیه})$$

$\underbrace{2NO(g)}$	$\rightleftharpoons$	$\underbrace{N_2(g)}$	$+$	$\underbrace{O_2(g)}$
$(0,5 - 2x) mol \cdot L^{-1}$		$x mol \cdot L^{-1}$		$x mol \cdot L^{-1}$

$$K = \frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{(0,5 - 2x)^2} \Rightarrow \frac{x}{0,5 - 2x} = 2 \Rightarrow x = 0,2 mol \cdot L^{-1}$$

$$[NO] = 0,5 - (2 \times 0,2) = 0,1 mol \cdot L^{-1} \Rightarrow 0,1 mol \cdot L^{-1} \times 4L = 0,4 mol$$





$$\frac{(mol \cdot L^{-1})^2}{(mol \cdot L^{-1})^4} = (mol \cdot L^{-1})^{-2} \quad \text{واکنش «الف» : ۱ ۲ ۳ ۴ ۷۷}$$

واکنش «ب»:  $mol \cdot L^{-1}$

$$\frac{(mol \cdot L^{-1})^2}{(mol \cdot L^{-1})^3} = (mol \cdot L^{-1})^{-1} \quad \text{واکنش «ج» : ۱ ۲ ۳ ۴ ۷۷}$$

$$\frac{(mol \cdot L^{-1})^2}{(mol \cdot L^{-1})} = mol \cdot L^{-1} \quad \text{واکنش «د» : ۱ ۲ ۳ ۴ ۷۷}$$

یکای واکنش «ج» عکس یکای واکنش‌های «د» و «ب» می‌باشد، بنابراین گزینه‌ی «۲» پاسخ صحیح است.

۷۸ ۱ ۲ ۳ ۴ پس از باز کردن شیر رابط بین دو محفظه در دمای ثابت، گازها می‌توانند در کل فضای دو محفظه پخش شوند و حرکت کنند، از این رو حجم نهایی را باید برابر ۴ لیتر در نظر بگیریم. جدول را با استفاده از اطلاعات مربوط به مول گازها تشکیل می‌دهیم:

	A	+	۲B	⇌	۲C
مول اولیه	(۰٫۵ + ۰٫۴)		۱٫۲		۰
تغییر مول	-x		-۲x		+۲x
مول تعادلی	۰٫۹ - x		۱٫۲ - ۲x		۲x

$$n_A = ۰٫۹ - x = ۰٫۹ - ۰٫۱ = ۰٫۸ mol \quad \text{در حالت تعادل : } n_A = ۰٫۹ - x = ۰٫۹ - ۰٫۱ = ۰٫۸ mol$$

$$n_B = ۱٫۲ - ۲x = ۱٫۲ - ۲(۰٫۱) = ۱ mol$$

$$n_C = ۲x = ۲(۰٫۱) = ۰٫۲ mol$$

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{\left(\frac{۰٫۲}{۴}\right)^2}{\left(\frac{۰٫۸}{۴}\right)\left(\frac{۱}{۴}\right)^2} = ۰٫۲ mol^{-1} \cdot L$$

۷۹ ۱ ۲ ۳ ۴ یک مول  $Cl_۲$  اضافه شده به ظرف تا برقرار تعادل جدید، به‌طور کامل مصرف نمی‌شود لذا یک مول  $PCl_۳$  نیز کامل مصرف نمی‌شود.

با اضافه شدن  $Cl_۲$  به مخلوط تعادل، واکنش به سمت چپ جابه‌جا می‌شود ولی اثر تغییر ایجاد شده به‌طور کامل جبران نمی‌شود. بنابراین غلظت  $Cl_۲$  و فشار تعادلی و سرعت واکنش‌های رفت و برگشت از تعادل اولیه بیشتر است.

۸۰ ۱ ۲ ۳ ۴ زیرا، براساس داده‌های متن این پرسش، می‌توان نوشت:

$$[CO] = [H_۲O] = \frac{۲٫۸ mol}{۴L} = ۰٫۷ mol \cdot L^{-1} \Rightarrow K = \frac{[CO_۲][H_۲]}{[CO][H_۲O]} = ۴۰۰ \Rightarrow ۴۰۰ = \frac{x^2}{(۰٫۷ - x)^2}$$

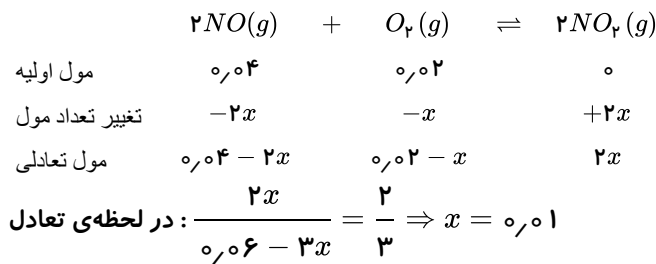
$$\Rightarrow ۲۰ = \frac{x}{۰٫۷ - x} \Rightarrow x = \frac{۲}{۳} mol \cdot L^{-1} \Rightarrow \frac{۲}{۳} mol \cdot L^{-1} \times ۴L = ۲٫۶۶ mol \quad \text{(مقدار هر یک از فراورده‌ها)}$$

۸۱ ۱ ۲ ۳ ۴ ابتدا گرم را به مول تبدیل می‌کنیم:

$$?molNO = ۱٫۲gNO \times \frac{۱molNO}{۳۰gNO} = ۰٫۰۴molNO$$

$$?molO_۲ = ۰٫۶۴gO_۲ \times \frac{۱molO_۲}{۳۲gO_۲} = ۰٫۰۲molO_۲$$

برای ساده‌تر شدن محاسبات مسئله به جای غلظت با تعداد مول حل می‌کنیم:



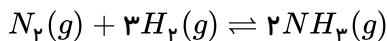
حال که  $x = 0.01$  شده است می‌توانیم بنویسیم:

$$[NO]_{\text{تعادلی}} = \frac{0.02}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [O_2]_{\text{تعادلی}} = \frac{0.01}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO_2]_{\text{تعادلی}} = \frac{0.02}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 [O_2]} \Rightarrow 2.00 = \frac{\left(\frac{0.02}{V}\right)^2}{\left(\frac{0.02}{V}\right)^2 \left(\frac{0.01}{V}\right)} \Rightarrow 2.00 = \frac{1}{\frac{0.01}{V}} \Rightarrow V = 2L = 2.00 \text{ mol}$$

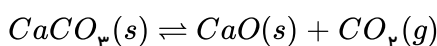
دمای بالا اثر نامناسبی برای پیشرفت این واکنش دارد، چون واکنش گرماده است و افزایش دما اثر برگردان دارد. (۱) (۲) (۳) (۴) (۸۲)



$$?mLN_2 = 3molNH_3 \times \frac{1molN_2}{2molNH_3} \times \frac{22400mLN_2}{1molN_2} = 33600mLN_2$$

$$\bar{R}_{N_2} = -\frac{\Delta V}{\Delta t} = -\frac{-33600mL}{25min \times \frac{60s}{1min}} = \frac{33600mL}{1500s} = 22.4mL \cdot s^{-1}$$

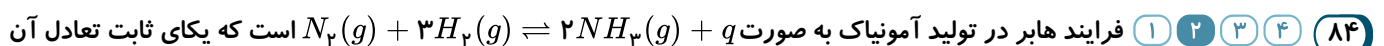
(۱) (۲) (۳) (۴) (۸۳)



یکای ثابت تعادل  $mol \cdot L^{-1}$  است. (رد گزینه ۱)

با افزایش فشار واکنش در جهت برگشت پیشروی می‌کند و تعداد مول‌های  $CaO$  کاهش و تعداد مول‌های  $CaCO_3$  افزایش می‌یابد. (رد گزینه ۲)

با افزایش حجم واکنش در جهت پیشروی می‌کند. بنابراین تعداد مول‌های  $CO_2$  افزایش می‌یابد و چون  $K = [CO_2]$  است و مقدار  $K$  فقط به دما بستگی دارد بنابراین غلظت  $CO_2$  ثابت می‌ماند (تأیید گزینه ۳). با افزایش فشار سرعت واکنش برگشت افزایش می‌یابد و چون غلظت  $CaCO_3$  ثابت است بنابراین سرعت واکنش رفت ثابت است. (رد گزینه ۴).



ضمناً چون این فرایند گرماده است، با افزایش دما، ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد.

با توجه به نمودار در مدت زمان معین ۶ مول آمونیوم هیدروژن سولفید مصرف شده است. (۱) (۲) (۳) (۴) (۸۵)}



از این رو به ازای مصرف ۶ مول از این ماده، ۶ مول  $NH_3$  و ۶ مول  $H_2S$  تولید می‌گردد.

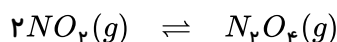
$$[NH_3] = \frac{6}{2} = 3 \text{ mol} \cdot L^{-1} NH_3$$

$$[H_2S] = \frac{6}{2} = 3 \text{ mol} \cdot L^{-1} H_2S$$



$$K = [NH_3][H_2S] = 3 \times 3 = 9 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$$

۸۶ ۱ ۲ ۳ ۴ تعداد مول‌ها در لحظه‌ی تعادل ۹۰٪ مجموع تعداد مول‌های اولیه است. تعداد مول کاهش یافته است پس پیشرفت واکنش به سمت راست می‌باشد.



تعداد مول‌ها قبل از تعادل

$a$

$a$

تعداد مول‌ها بعد از تعادل

$a - 2x$

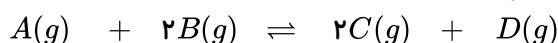
$a + x$

تعداد مول اولیه و  $2a = (a - 2x) + (a + x) = 2a - x$  = تعداد مول نهایی

$$\frac{\text{مول نهایی}}{\text{مول اولیه}} = 0.9 \Rightarrow \frac{2a - x}{2a} = 0.9 \Rightarrow x = 0.2a$$

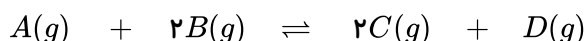
$$K = \frac{[N_2O_4(g)]}{[NO_2(g)]^2} = \frac{\left(\frac{a+x}{1L}\right)}{\left(\frac{a-2x}{1L}\right)^2} = \frac{a+0.2a}{(a-0.4a)^2} = \frac{1.2a}{(0.6a)^2} \simeq \frac{3.33}{a} \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

۸۷ ۱ ۲ ۳ ۴ مخلوط اولیه در حالت تعادل نیست. پس نمی‌توانیم مقدار عددی ثابت تعادل را به دست آوریم. پس از این که گازهای  $A, D$  را به ظرف اضافه کردیم، تعداد مول هریک از گازها به صورت زیر است:



تعداد مول :  $3 + 1$        $2$        $2$        $3 + 2$

با توجه به اینکه مقدار عددی  $K$  را نداریم، نمی‌توانیم از طریق مقایسه  $Q, K$  جهت پیشرفت واکنش را مشخص کنیم. در صورت سوال بیان شده که غلظت تعادلی گاز  $B$  برابر  $3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  است، در حالی که در لحظه‌ای که گازهای  $A, D$  را به مخلوط اضافه کردیم، غلظت این گاز برابر  $2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  بود، پس حتماً واکنش در جهت برگشت پیشرفت کرده است و از این طریق غلظت  $B$  تا رسیدن به حالت تعادل به تدریج افزایش پیدا کرده است. اکنون می‌توانیم جدول تغییر غلظت‌ها را تشکیل دهیم. با توجه به این که حجم ظرف برابر یک لیتر است تعداد مول هر گاز با غلظت مولی آن برابر می‌باشد.



غلظت اولیه :  $4$        $2$        $2$        $5$

تغییر غلظت :  $+x$        $+2x$        $-2x$        $-x$

غلظت تعادلی :  $4 + x$        $2 + 2x$        $2 - 2x$        $5 - x$

$$[B] \text{ تعادلی} = 2 + 2x = 3 \Rightarrow x = 0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[A] \text{ تعادلی} = 4 + x = 4 + 0.5 = 4.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[C] \text{ تعادلی} = 2 - 2x = 2 - (2 \times 0.5) = 1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[D] \text{ تعادلی} = 5 - x = 5 - 0.5 = 4.5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[C]^2[D]}{[A][B]^2} = \frac{(1)^2(4.5)}{(4.5)(3)^2} \simeq 0.11$$

۸۸ ۱ ۲ ۳ ۴ چون تعداد مول گازی در دو طرف واکنش موازنه شده برابر است پس تغییر فشار تأثیری بر تعادل نخواهد داشت و مول مواد ثابت می‌ماند اما چون حجم ظرف نصف شده است پس غلظت گازها دوبرابر خواهد شد:

$$[CO_2] = [CO] = \frac{0.8}{1.0} = 0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

غلظت گازها در ظرف ۱۰ لیتری:



$$0.08 \times 2 = 0.16 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

غلظت گازها در ظرف ۵ لیتری:

۸۹) ۱ ۲ ۳ ۴ تعادل:  $q + CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$  ، گرماگیر است. با توجه به شکل به مرور مقدار  $CaCO_3$  کاهش ولی مقادیر  $CaO$  و  $CO_2$  افزایش می‌یابد که خود معرف آن است که اثر اعمال شده افزایش دما است. در این واکنش رابطه‌ی تعادل به صورت  $K = [CO_2]$  است که به دلیل افزایش مقدار  $CO_2(g)$ ، مقدار  $K$  نیز در حال افزایش است.

۹۰) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه‌ی «۱»: با کاهش غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در تعادل، تعادل در جهت تولید آن ماده (یعنی در جهتی که آن ماده به وجود می‌آید) جابه‌جا می‌شود. اما مقدار کاسته شده کاملاً جبران نمی‌شود و تا آن‌جا که ممکن است، تعدیل می‌شود و سرعت در تعادل جدید کم‌تر از تعادل اولیه است.

گزینه‌ی «۲»: با افزایش فشار تعادل به سمت تعداد مول گازی کم‌تر می‌رود.

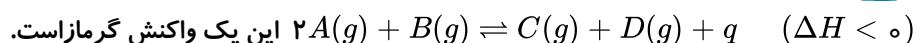
گزینه‌ی «۳»:

$$N_2O_4(g) + q \rightleftharpoons 2NO_2(g) \begin{cases} \Delta H > 0 & \text{نامساعد} \\ \Delta S > 0 & \text{مساعد} \end{cases} \quad \Delta S \text{ و } \Delta H \text{ خلاف جهت هم هستند.}$$

گزینه‌ی «۴»:

$$\left. \begin{array}{ll} \uparrow \text{ دما} \leftarrow & \text{جابه‌جایی تعادل به سمت راست} \\ \downarrow \text{ دما} \leftarrow & \text{جابه‌جایی تعادل به سمت چپ} \end{array} \right\} \text{واکنش گرماگیر:}$$

۹۱) ۱ ۲ ۳ ۴



افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود، اما سرعت واکنش در جهت مصرف گرما (گرماگیری) بیش‌تر افزایش می‌یابد. در واقع واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده و باعث افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها می‌شود. کاهش حجم (افزایش فشار) باعث جابه‌جایی تعادل به سمت مول کم‌تر (به سمت فرآورده‌ها) می‌شود.

افزایش فشار همچنین در تعادل جدید غلظت تمامی گونه‌ها را افزایش می‌دهد و سرعت واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. کاتالیزور، ثابت سرعت واکنش رفت و برگشت را به یک نسبت تغییر می‌دهد و به همین دلیل مقدار ثابت تعادل ثابت می‌ماند.

در کاهش فشار باتوجه به اینکه مخرج  $Q$  بیشتر کم می‌شود، خارج قسمت واکنش بزرگ می‌شود. بنابراین موارد الف، ب و ث درست هستند.

۹۲) ۱ ۲ ۳ ۴ ابتدا بازه درصدی واکنش ( $I$ ) را به دست می‌آوریم:



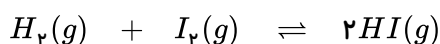
$$\begin{aligned} \text{غلظت تعادلی:} & \quad 1-x \quad 4-x \quad x \quad x \\ K = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} & \Rightarrow 1 = \frac{x^2}{(1-x)(4-x)} \Rightarrow x^2 = 4 - 5x + x^2 \\ & \Rightarrow 4 - 5x = 0 \Rightarrow x = \frac{4}{5} \end{aligned}$$

$$x = 0.8 \text{ mol}$$

$$\text{مقدار مصرف یکی از واکنش دهنده‌ها} \quad \text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار اولیه آن}}{\text{مقدار مصرف}} \times 100 = \frac{0.8}{1} \times 100 = 80\%$$

توجه: در رابطه‌ی فوق بازده‌ی درصدی را براساس مقدار مصرف  $CO_2$  محاسبه نمودیم نه براساس  $H_2(g)$ . اگر فرض کنیم واکنش ( $I$ ) کامل باشد در آن صورت  $CO_2$  محدودکننده خواهد بود و لذا محاسبات برپایه‌ی آن باید انجام شود. اگر بازده‌ی درصدی را بخواهیم بر مبنای  $H_2(g)$  انجام دهیم عددی غیرواقعی به ما خواهد داد.

سپس بازده‌ی درصدی واکنش ( $II$ ) را به دست می‌آوریم:



غلظت تعادلی:  $1-x$   $1-x$   $2x$

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} = 49 \Rightarrow \frac{2x}{1-x} = 7 \Rightarrow 2x = 7 - 7x \Rightarrow x = \frac{7}{9} mol$$

$$\text{مقدار مصرف یکی از واکنش دهنده ها} \times 100 = \frac{\frac{7}{9}}{1} \times 100 = \frac{700}{9} \%$$

بازده درصدی = مقدار اولیه آن

$$\frac{\text{بازده درصدی واکنش (I)}}{\text{بازده درصدی واکنش (II)}} = \frac{80}{70} = \frac{8}{7}$$

و در پایان داریم:

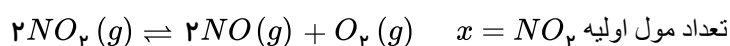
۹۳ ۱ ۲ ۳ ۴ چون از شروع تا برقراری تعادل یک مول  $C$  تولید شده است، پس تعداد مول  $D$  نیز در تعادل برابر یک مول است و چون حجم ظرف یک لیتر است، پس تعداد مول ها همان غلظت مولار را نشان می دهند که از طریق آن ها مقدار ثابت تعادل را حساب می کنیم:

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{1 mol \cdot L^{-1} \times 1 mol \cdot L^{-1}}{1.5 mol \cdot L^{-1} \times 1.5 mol \cdot L^{-1}} = \frac{1}{2.25}$$

اکنون با همین ثابت تعادل  $x$  مول از ماده ی  $B$  را به تعادل اضافه می کنیم که از این مقدار ۰٫۶ مول مصرف می شود. چون مول های  $C$  از یک مول به ۱٫۶ مول رسیده است. پس غلظت  $D$  در تعادل جدید برابر ۱٫۶ مول بر لیتر و غلظت  $A$  نیز برابر ۰٫۹ مول بر لیتر خواهد بود.

$$\begin{array}{ccccccc} A & + & B & \rightleftharpoons & C & + & D \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \text{تعادل اولیه :} & 1.5 mol & 1.5 mol & & 1 mol & & 1 mol \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \text{تعادل جدید :} & (1.5 - 0.6) & (1.5 + x - 0.6) & & 1.6 & & 1.6 \\ \frac{1}{2.25} = \frac{1.6 \times 1.6}{(0.9)(0.9 + x)} \Rightarrow x = 0.5 mol \end{array}$$

۹۴ ۱ ۲ ۳ ۴



$$\begin{array}{ccc} x - 0.4x & 0.4x & 0.2x \\ x - 0.4x + 0.4x + 0.2x = 3 \Rightarrow x = 2.5 mol \end{array}$$

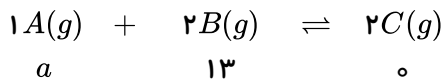
$$\begin{array}{l} molNO_2 = 2.5 - 0.4(2.5) = 1.5 \\ molNO = 1, \quad molO_2 = 0.5 \end{array}$$

$$K = \frac{(0.5)(1)^2}{(1.5)^2} \times 2^{(2-3)} \Rightarrow K = \frac{1}{9}$$

۹۵ ۱ ۲ ۳ ۴ ابتدا باید از روی واحد  $K$  ضریبی مجهول  $b$  را به دست آوریم.

$$K = \frac{[C]^r}{[A]^1[B]^b} \Rightarrow \frac{L}{mol} = \frac{\left(\frac{mol}{L}\right)^r}{\left(\frac{mol}{L}\right)^1 \left(\frac{mol}{L}\right)^b} \Rightarrow b = 2$$

اکنون حل مسئله ی مورد نظر:



$$a - x \quad 13 - 2x \quad 2x \quad 2x = 3 \rightarrow x = \frac{3}{2}$$

$$K = \frac{[C]^2}{[B]^2[A]^1} \Rightarrow 0.5 = \frac{\left(\frac{3}{2}\right)^2}{\left(\frac{10}{5}\right)^2 \left(\frac{x}{5}\right)^1} \Rightarrow 0.5 = \frac{9}{20x}$$

$\Rightarrow x = 0.9 \Rightarrow$  مقدار تعادلی ماده‌ی A

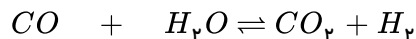
$$ymol A = 3mol C \times \frac{1mol A}{2mol C} \Rightarrow y = 1.5mol \text{ (مقدار مصرف شده‌ی A)}$$

$$\text{مقدار اولیه} = \text{مقدار مصرفی} + \text{مقدار تعادلی} = 1.5 + 0.9 = 2.4$$

۹۶) ۱ ۲ ۳ ۴ تعداد مول هر یک از گازها را در تعادل اولیه داریم، پس می‌توانیم مقدار  $K$  را تعیین کنیم. با توجه به این که حجم ظرف برابر یک لیتر است، غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow K = \frac{(6)(2)}{(4)(5)} = 0.6$$

غلظت  $CO$  در مخرج عبارت  $Q$  و  $K$  نوشته می‌شود، از این رو در نخستین لحظه‌ی اضافه شدن  $CO$  به ظرف واکنش، تعادل به هم خورد و  $Q < K$  می‌شود حین این افزایش غلظت  $CO$ ، دما ثابت می‌ماند، پس مقدار  $K$  تغییر نمی‌کند چون  $Q < K$  شده است، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود تا از این راه به تدریج مقدار  $Q$  بزرگ‌تر شده و در نهایت  $Q = K$  شده و دوباره به تعادل برسیم. به دلیل جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، تغییر غلظت واکنش دهنده‌ها، منفی و تغییر غلظت فراورده‌ها مثبت می‌باشد. مقدار  $CO$  اضافه شده را  $a$  مول فرض می‌کنیم:



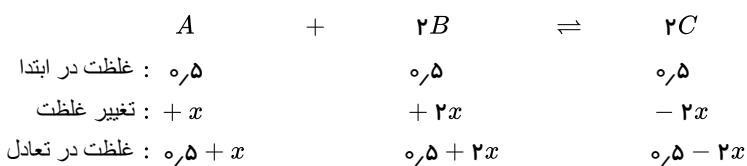
مواد اولیه	$4 + a$	۵	۶	۲
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$4 + a - x$	$5 - x$	$6 + x$	$2 + x$

$$10 = nCO_2 + nH_2 \Rightarrow \text{مجموع تعداد مول فراورده‌ها در تعادل جدید}$$

$$\Rightarrow (6 + x) + (2 + x) = 10 \Rightarrow x = 1mol$$

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 0.6 = \frac{(6+1)(2+1)}{(5-1)(4+a-1)} \Rightarrow a = 5.75mol$$

۹۷) ۱ ۲ ۳ ۴ در شروع واکنش غلظت  $A$ ،  $B$  برابرند برای این که غلظت  $B$ ، بیشتر از  $A$  شود باید واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شود تا به تعادل برسد.



$$\text{طبق فرض تست: } \frac{[B]}{[A]} = 1.2 \Rightarrow \frac{0.5 + 2x}{0.5 + x} = 1.2$$

$$\Rightarrow 0.5 + 2x = 0.6 + 1.2x$$

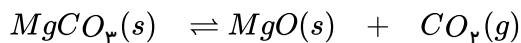


$$0.8x = 0.1 \Rightarrow x = 0.125$$

توجه کنید که  $K$  برای واکنش برگشت خواسته شده:

$$K = \frac{[A][B]^2}{[C]^2} = \frac{0.625 \times (0.75)^2}{(0.25)^2} = 0.625 \times 9 = 5.625$$

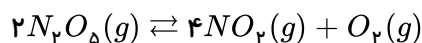
۱ ۲ ۳ ۴ ۹۸



$$\frac{21}{1 \times 84} \times \frac{50}{100} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = \frac{1}{8} \text{ مول}$$

$$[CO_2] = \frac{(\frac{1}{8})}{5} = \frac{1}{40} \Rightarrow K_{eq} = [CO_2] = \frac{1}{40} = 0.025$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۹۹



در ابتدا  $2 \text{ mol}$   $0$   $0$

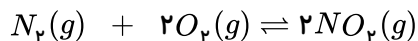
$\downarrow -2x$   $\downarrow +4x$   $\downarrow +x$

در تعادل  $2 - 2x = 1$   $4x = 2$   $x = 0.5$

$$K = \frac{(\frac{2}{2})^4 (\frac{0.5}{2})^1}{(\frac{1}{2})^2} = \frac{1}{4} = 1 \text{ mol}^3 \cdot L^{-3}$$

$$\overline{R}_{\text{واکنش}} = \overline{R}_{O_2} = \frac{0.5 \text{ mol}}{2L \times 1 \text{ min}} = 0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۰۰



غلظت اولیه:  $1$   $5$   $0$

تغییر غلظت:  $-x$   $-2x$   $+2x$

غلظت تعادلی:  $1-x$   $5-2x$   $2x$

$50\%$  درصد  $N_2$  در واکنش شرکت کرده  $\Rightarrow x = 0.5$

$$[N_2] = 1 - 0.5 = 0.5$$

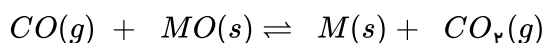
$$[O_2] = 5 - 2(0.5) = 4$$

$$[NO_2] = 2(0.5) = 1$$



$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2][O_2]^2} = \frac{(1)^2}{0.5 \times (4)^2} = \frac{1}{8} = 0.125$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۰۱



غلظت اولیه :	۱	۲	۰	۰
تغییر غلظت :	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی :	$1-x$	$2-x$	$x$	$x$

$$K = 0.125 \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{[CO_2]}{[CO]} \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{x}{1-x} \rightarrow 4x = 1-x \rightarrow 5x = 1 \rightarrow x = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$\frac{MO}{M} = \frac{2-x}{x} = \frac{2-0.2}{0.2} = \frac{1.8}{0.2} = 9$$

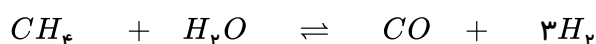
تعداد مول اولیه ی واکنش دهنده ها را  $A$  در نظر می گیریم و تعداد مول اولیه فراورده ها را  $B$  در نظر می گیریم. ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۰۲

$$\left. \begin{aligned} A + B &= 1.8 \text{ mol} \\ B &= 1.25A \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2.25A = 1.8 \Rightarrow A = 0.8 \text{ mol}, B = 1 \text{ mol}$$

$$A = 0.8 \text{ mol} \Rightarrow \text{مقدار مول } H_2O + CH_4 = 0.8$$

$$\text{مول } H_2O = \text{مول } CH_4 \Rightarrow \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ mol}$$

مجموع مول فراورده ها برابر ۱ می باشد و چون صورت سؤال گفته ۵۰ درصد مولی فراورده ها را  $H_2$  تشکیل می دهد بنابراین ۰٫۵ مول  $H_2$  و ۰٫۵ مول  $CO$  وجود دارد. بنابراین تا اینجا مقدار مول اولیه هر یک از گازها به دست می آید.  
برای تعیین جهت پیشرفت واکنش تا رسیدن به تعادل از مقایسه ی فشارها در آغاز واکنش تا لحظه رسیدن به تعادل استفاده می کنیم. فشار اولیه ۰٫۹ اتمسفر و فشار تعادلی ۰٫۸ اتمسفر است بنابراین فشار کاهش یافته است و واکنش به سمت مول گازی کمتر پیشرفت داشته است یعنی در جهت برگشت، بنابراین تغییر غلظت فراورده ها، منفی و تغییر غلظت واکنش دهنده ها مثبت است.



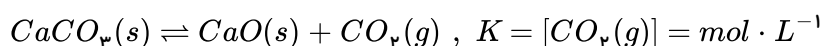
مول اولیه :	۰٫۴	۰٫۴	۰٫۵	۰٫۵
تغییر مول :	$+x$	$+x$	$-x$	$-3x$
مول تعادلی :	$0.4+x$	$0.4+x$	$0.5-x$	$0.5-3x$

$$\text{مجموع تعداد مول گازها در حالت تعادل} = (0.4+x) + (0.4+x) + (0.5-x) + (0.5-3x) = 1.8-2x$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{مجموع مول های گازی حالت تعادل}}{\text{مول های گازی اولیه مجموع}} \Rightarrow \frac{0.8}{0.9} = \frac{1.8-2x}{1.8} \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol}$$

باتوجه به این که حجم ظرف یک لیتر است پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر می باشد.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۰۳



بنابراین الف غلط است. فشار تعادلی  $CO_2(g)$  فقط به دما وابسته است، زیرا در رابطه ی ثابت تعادل فقط غلظت  $CO_2$  نوشته می شود بنابراین فقط با تغییر دما تغییر می کند، بنابراین ب صحیح است. در مورد گزینه ی پ مقدار ثابت تعادل به مقدار  $CaCO_3(s)$  و  $CaO(s)$  موجود در تعادل وابسته نیست ولی حضور آنها برای برقراری تعادل الزامی است. پس این گزینه غلط است. با افزودن





مقداری  $CaCO_3(s)$  به ظرف واکنش تا زمانی که دما ثابت باشد تعادل جابه جا نمی شود زیرا تغییر مقدار مواد جامد تأثیری ایجاد نخواهد نمود. پس گزینه ی ۲ درست است.

چون ظرف ۵ لیتری است غلظت ها در ۵ لیتر محاسبه می شوند. **۱۰۴** ۱ ۲ ۳ ۴

مول اولیه	$2A(g)$	$B(g)$	$C(g)$
	۱	۰	۰
مول تعادلی	$1 - 2x$	$x + 0$	$x + 0$
غلظت تعادلی	$\frac{1 - 2x}{5}$	$\frac{x}{5}$	$\frac{x}{5}$

$$K = \frac{[C(g)][B(g)]}{[A(g)]^2} \rightarrow 0.25 = \frac{\left(\frac{x}{5}\right)\left(\frac{x}{5}\right)}{\left(\frac{1-2x}{5}\right)^2} \xrightarrow{\text{جذر طرفین}} 0.5 = \frac{\frac{x}{5}}{1-2x}$$

$$\rightarrow \boxed{x = 0.25} \quad \text{مقدار مول } A \text{ مصرف شده} = 2x \Rightarrow 2 \times 0.25 = 0.5 \Rightarrow \text{پیشرفت واکنش} = \frac{0.5}{1} \times 100 = 50\%$$

چون مقدار غلظت برای مواد جامد در نظر گرفته نمی شود بنابراین جدول را باید به صورت زیر رسم کنیم: **۱۰۵** ۱ ۲ ۳ ۴

نوع ماده	$4H_2O(g)$	$4H_2(g)$	چون مجموع ضرایب مواد گازی در سمت راست با مجموع آن در سمت چپ واکنش برابر
مول اولیه	۰.۶	۰	است بنابراین در رابطه ثابت تعادل به جای غلظت های تعادلی تعداد مول در حال تعادل را می
تغییر مول	$-4x$	$+4x$	توان قرار داد.
تعداد مول تعادلی	$0.6 - 4x$	$4x$	

$$K = \frac{[H_2(g)]^4}{[H_2O(g)]^4} \rightarrow 625 = \frac{(4x)^4}{(0.6 - 4x)^4} \xrightarrow{\text{ریشه ی چهارم}} 5 = \frac{4x}{0.6 - 4x} \rightarrow 4x = 3 - 20x$$

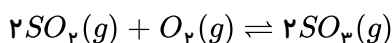
$$\rightarrow 24x = 3 \rightarrow \boxed{x = 0.125 \text{ mol}}$$

$$Fe_3O_4 = (56 \times 3) + (16 \times 4) = 232 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$?g Fe_3O_4 = 0.125 \text{ mol } Fe_3O_4 \times \frac{232 \text{ g } Fe_3O_4}{1 \text{ mol } Fe_3O_4} = 29 \text{ g } Fe_3O_4$$

**۱۰۶** ۱ ۲ ۳ ۴

باتوجه به شکل داریم:



$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(5)^2}{(5)^2 \times 4} \times \frac{(4 \times 10^{-3})^2}{(4 \times 10^{-3})^3} = 62.5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

باتوجه به جدول و عدد به دست آمده، ظرف باید در دمایی بالاتر از ۴۳۶ کلوین باشد. چون واکنش گرماده است و با افزایش دما مقدار  $K$  کم می شود. در دمای  $K = 436$  مقدار ثابت تعادل ۲۵۰ است.

موارد الف، پ و ت نادرست اند و فقط مورد «ب» درست است زیرا در واکنش  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) + q$  **۱۰۷** ۱ ۲ ۳ ۴

فرآورده ی واکنش یعنی  $N_2O_4$  بی رنگ است پس با کاهش دما، مخلوط تعادلی کم رنگ تر



خواهد شد.

بررسی موارد در سایر گزینه‌ها:

عبارت الف: تعادل گرماگیر است و مقدار عددی  $K$  با افزایش دما، زیاد می‌شود.

عبارت پ: تغییر دما برخلاف تغییر فشار می‌تواند هم سرعت را تغییر دهد و هم  $K$  را، ولی فشار فقط سرعت‌ها را تغییر داده و تعادل را جابه‌جا می‌کند اما بر مقدار ثابت تعادل اثر ندارد.

عبارت ت: افزایش دما سرعت رفت و برگشت را زیاد می‌کند ولی افزایش حجم سامانه باعث کاهش غلظت گازها شده و سرعت‌ها را کم می‌کند.

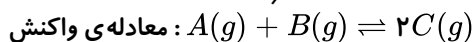
۱۰۸ اگر به شکل‌ها با دقت نگاه کنید، متوجه می‌شوید که پس از شکل شماره‌ی (۳)، تعداد ذرات موجود در ظرف تغییر نکرده است. بنابراین در شکل شماره‌ی (۳)، تعادل برقرار شده و از این لحظه، دیگر غلظت‌ها تغییر نمی‌کند. اکنون باید با استفاده از تغییر غلظت‌ها از آغاز واکنش تا لحظه‌ی تعادل، معادله‌ی واکنش را بنویسیم. حجم ظرف برابر یک لیتر است، پس غلظت مولی هر ماده با تعداد مول آن برابر می‌شود.

$$\Delta[A] = (2 \times 0.1) - (5 \times 0.1) = -0.3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\Delta[B] = (1 \times 0.1) - (4 \times 0.1) = -0.3 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\Delta[C] = (6 \times 0.1) - (0) = +0.6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\begin{array}{l} \xrightarrow[\text{تغییر غلظت کوچکتر}]{\text{تقسیم بر}} \left\{ \begin{array}{l} A : \frac{0.3}{0.3} = 1 \\ B : \frac{0.3}{0.3} = 1 \\ C : \frac{0.6}{0.3} = 2 \end{array} \right.$$



اکنون باید برای محاسبه‌ی مقدار ثابت تعادل، غلظت مواد در شکل (۳) را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم.

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(0.6)^2}{(0.2)(0.1)} = 18$$

۱۰۹

$$(1) \quad K_1 = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{(\frac{0.3}{2})}{(\frac{0.4}{2})^2} = 3.75 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$K_2 = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \simeq 0.267 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

(۲) با افزایش دما و با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، شدت رنگ قهوه‌ای افزایش می‌یابد.

(۳) باتوجه به غلظت‌های تعادلی  $\left\{ \begin{array}{l} \text{که برای } NO_2 \text{ برابر } 0.2 \\ \text{که برای } N_2O_4 \text{ برابر } 0.15 \end{array} \right.$  می‌باشد.  $\Leftrightarrow$  غلظت  $\frac{4}{3} NO_2$  برابر غلظت  $N_2O_4$  است.

(۴) درست است که تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، اما با افزایش غلظت گونه‌ها افزایش می‌یابد، اما افزایش غلظت  $[N_2O_4]$  بیش‌تر از افزایش غلظت  $[NO_2]$  می‌باشد ولی به خاطر افزایش غلظت  $[NO_2]$  رنگ مخلوط تعادل بیشتر می‌شود ولی  $K$  به فشار وابسته نیست و تغییر نمی‌کند.

۱۱۰ - عبارت اول صحیح است، نیتروژن از تقطیر هوای مایع به‌دست می‌آید.

- عبارت دوم صحیح است، باتوجه به شکل صفحه‌ی ۵۴ کتاب درسی، بیش‌ترین مصرف آمونیاک در کودهای شیمیایی و



توزیع مستقیم به خاک کشاورزی است.

- عبارت سوم صحیح است، نیتروژن به دلیل ایجاد محیط بی اثر، در بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود.

- عبارت چهارم صحیح است.

- عبارت پنجم صحیح است، انرژی فعال سازی فرایند هابر زیاد است. به همین دلیل از نظر سینتیکی در دمای  $25^{\circ}C$  کنترل می شود، ولی فرایند هابر ثابت تعادل بزرگی دارد پس انتظار می رود پیشرفت زیادی داشته باشد، یعنی از نظر ترمودینامیکی مساعد است.

در آغاز مول واکنش دهنده را به دست می آوریم: ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۱۱

$$?mol NH_4HS = 255g NH_4HS \times \frac{1mol NH_4HS}{51g NH_4HS} = 5mol NH_4HS$$



مول آغازی	۵	۰	۰
تغییرات مول	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$5-x$	$x$	$x$

مجموع مول های تعادلی  $5-x+x+x=$

۳۰٪ مول های تعادلی، واکنش دهنده است. پس:

$$(5+x) \times \frac{30}{100} = 5-x \Rightarrow x \simeq 2,7$$

در رابطه ی ثابت تعادل، غلظت مواد جامد نوشته نمی شود، پس:

$$K = [NH_3] \cdot [H_2S] = \left[ \frac{2,7}{4} \right] \times \left[ \frac{2,7}{4} \right] \simeq 0,46 mol^2 \cdot L^{-2}$$

۱۱۲ ۱ ۲ ۳ ۴ باتوجه به تعادل گازی داده شده، با کاهش حجم (افزایش فشار) در دمای ثابت، تعادل به سمت مول گازی کم تر

یعنی به سمت تولید  $SO_3$  جابه جا می شود و مقدار مول آن  $0,2$  مول افزایش یافته است و چون ضرایب استوکیومتری  $SO_3$  و  $SO_2$  یکسان است. میزان کاهش مول  $SO_2$  برابر  $0,2$  مول خواهد بود. بنابراین مول های  $SO_2$  در تعادل (۲) برابر  $0,3$  می باشد.

- چون با افزایش فشار تعادل در جهت رفت جابه جا شده است بنابراین در لحظه ی افزایش فشار  $Q < K$  است.

- در هر دو تعادل نسبت مولی  $\frac{SO_2}{O_2}$  یکسان و برابر ۲ است.

۱۱۳ ۱ ۲ ۳ ۴ تعداد مول اولیه ی B را n مول در نظر می گیریم:

	$A(g)$	$+ 2B(g)$	$\rightleftharpoons$	$C(g)$	$+ D(g)$
مول اولیه:	۸,۴	n		۰	۰
تغییر مول:	$-x$	$-2x$		$+x$	$+x$
مول تعادلی:	$8,4-x$	$n-2x$		$x$	$x$

$$[A] = 20 \times [C] \Rightarrow \frac{(8,4-x)mol}{4L} = 20 \times \frac{xmol}{4L} \Rightarrow x = 0,4mol$$

$$[D] = 0,4[B] \Rightarrow \frac{xmol}{4L} = 0,4 \times \frac{(n-2x)mol}{4L} \Rightarrow n - 0,8 = \frac{0,4}{0,4} \Rightarrow n = 1,2mol$$

در آخر جرم مولی B را به دست می آوریم:



$$1.08 \text{ mol } B = 324 \text{ g } B \times \frac{1 \text{ mol } B}{x \text{ g } B} \Rightarrow x = 30 \text{ g}$$

۱۱۴) ۱ ۲ ۳ ۴) با توجه به این که تعادل گرماگیر است ( $\Delta H > 0$ ) بنابراین تعداد مول‌های گازی سمت راست بیش تر می‌باشد

( $\Delta S > 0$ ) و  $b > a$  است با افزایش فشار غلظت  $A$  و  $B$  هر دو افزایش می‌یابد، اما چون تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود،  $B$  مصرف شده و  $A$  تولید می‌شود، بنابراین تعداد مول‌های  $B$  کاهش و تعداد مول‌های  $A$  افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ی ۱) در تعادل داده شده به دلیل گرماگیر بودن، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود و مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد. اما افزایش دما سبب افزایش سرعت شده و زمان برقراری تعادل را کاهش می‌دهد.

گزینه ی ۳) با کاهش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود که در جهت تولید تعداد مول‌های مواد گازی کم تر است. بنابراین ماده ی  $B$  مصرف شده و تعداد مول‌های آن کاهش می‌یابد.

گزینه ی ۴) با کاهش فشار تعادل در جهت تولید مول‌های گازی بیش تر یعنی در جهت رفت پیش رفت می‌کند ( $b > a$ ) در نتیجه تعداد کل مول‌ها افزایش می‌یابد.

۱۱۵) ۱ ۲ ۳ ۴) فقط عبارت‌های اول و دوم درست‌اند. در رابطه ی قانون تعادل جامدها و مایع‌ها را نمی‌نویسند.

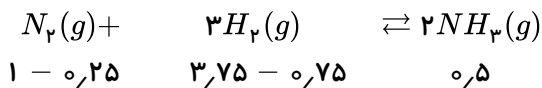
$$K = \frac{[CO_2]}{[CO]}$$

چون تعادل گرماده است پس  $K$  با دما رابطه ی عکس دارد. یعنی با کاهش دما تعادل در جهت رفت پیش می‌رود در نتیجه غلظت  $CO_2$  زیاد و غلظت  $CO$  کم می‌شود و  $K$  افزایش می‌یابد.

در عبارت سوم،  $Ni(s)$  جامد است و افزودن یا کم کردن مقدار مواد جامد تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد.

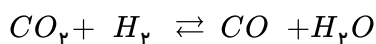
در عبارت چهارم، چون ضریب گازها دو طرف برابر است پس حجم ظرف یا فشار در جابه‌جایی تعادل بی‌اثر است و از طرفی  $K$  اصلاً به حجم ظرف بستگی ندارد و فقط با دما تغییر می‌کند.

۱۱۶) ۱ ۲ ۳ ۴)



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \Rightarrow K = \frac{(0.5)^2}{(0.25)(3)^3} = 1.23 \times 10^{-2}$$

۱۱۷) ۱ ۲ ۳ ۴)

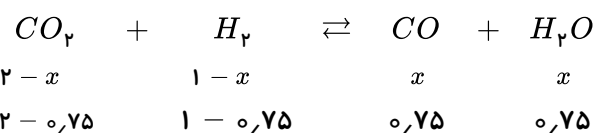


غلظت تعادلی:  $2 - x$      $1 - x$      $x$      $x$

$$K = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} \Rightarrow 1.8 = \frac{x^2}{(2-x)(1-x)}$$

$$x^2 = 1.8x^2 - 5.4x + 3.6 \Rightarrow 0.8x^2 - 5.4x + 3.6 = 0$$

$$4x^2 - 27x + 18 = 0 \Rightarrow x = \frac{27 \pm \sqrt{729 - 288}}{8} \Rightarrow \begin{cases} x = 6 \\ x = 0.75 \end{cases} \quad \text{غ ق}$$





$$\frac{\text{جرم } H_2O}{\text{جرم } H_2} = \frac{0.75 \times 18}{0.25 \times 2} = 27$$

۱۱۸ ۱ ۲ ۳ ۴ باتوجه به نمودار در مدت زمان معین ۶ مول آمونیوم هیدروژن سولفید مصرف شده است.

$$12 - 6 = 6 \text{ mol } NH_4HS$$

از این رو به ازای مصرف ۶ مول از این ماده، ۶ مول  $NH_3$  و ۶ مول  $H_2S$  تولید می‌گردد.

$$[NH_3] = \frac{6}{2} = 3 \text{ mol} \cdot L^{-1} NH_3$$

$$[H_2S] = \frac{6}{2} = 3 \text{ mol} \cdot L^{-1} H_2S$$

$$K = [NH_3][H_2S] = 3 \times 3 = 9 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$$

۱۱۹ ۱ ۲ ۳ ۴ غلظت تعادلی  $HBr$  را  $x$  فرض می‌کنیم و از آنجایی که حجم ظرف برابر ۲ لیتر و تعداد مول  $Br_2$  در لحظه

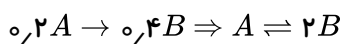
تعادل برابر ۰٫۰۴ مول است. غلظت  $Br_2$  و  $H_2$  را در لحظه تعادل حساب می‌کنیم:

$$[Br_2] = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Rightarrow [H_2] = 0.02 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{x^2}{0.02 \times 0.02} = \frac{x^2}{4 \times 10^{-4}} = 196 \Rightarrow x^2 = 0.0784$$

$$\Rightarrow x = 0.28 \Rightarrow [HBr] = 0.28 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۱۲۰ ۱ ۲ ۳ ۴



$$K = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow 0.08 = \frac{(\frac{0.4}{V})^2}{(\frac{0.2}{V})} \Rightarrow V = 1.0 L$$

۱۲۱ ۱ ۲ ۳ ۴

$$? \text{ mol } SO_2 = 38.4 \text{ g } SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64 \text{ g } SO_2} = 0.6 \text{ mol } SO_2$$

	$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$	
غلظت آغازی	۰٫۳      ۰٫۲      ۰	
تغییر غلظت	$-2x$ $-x$ $+2x$	
غلظت تعادلی	$0.3 - 2x$ $0.2 - x$ $2x$	

$$\text{مجموع غلظت مواد گازی} = 0.3 - 2x + 0.2 - x + 2x = 0.5 \Rightarrow x = 0.1$$

$$\Rightarrow K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(0.2)^2}{(0.1)^2(0.1)} = 40 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۲۲ ۱ ۲ ۳ ۴ همانطور که می‌بینیم، حالت مواد موجود در تعادل در صورت سوال ذکر نشده است. پس عبارت ثابت تعادل به

یکی از ۳ شکل زیر است:



$$۱) K = \frac{[B]^3}{[A]^2} \quad \text{یا} \quad ۲) K = \frac{[B]^3}{1} \quad \text{یا} \quad ۳) K = \frac{1}{[A]^2}$$

راه پیدا کردن شکل دقیق ثابت تعادل، توجه به واحد ثابت تعادل می‌باشد. باتوجه به واحد داده شده در صورت سؤال، عبارت ثابت تعادل به صورت زیر می‌باشد:

$$K = \frac{1}{[A]^2} = ۶۴ \Rightarrow [A] = \frac{1}{8} \frac{mol}{L}$$

غلظت ماده A برابر  $\frac{1}{8}$  مولار است و حجم ظرف هم برابر ۵ لیتر است، بنابراین ۰٫۶۲۵ مول از A در ظرف موجود است.

غلظت نهایی  $O_2$  از NO بیشتر خواهد بود. واکنش در جهت برگشت پیش می‌رود و از غلظت NO کاسته شده و به غلظت  $O_2$  و  $N_2$  اضافه خواهد شد. پس

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه «۱»: سرعت واکنش برگشت در ابتدا قابل توجه است و صفر نمی‌باشد.

گزینه «۲»: باتوجه به این که در ابتدا مقداری  $O_2$  در ظرف داریم پس در هر شرایطی غلظت نهایی  $O_2$  از  $N_2$  بیشتر است.

گزینه «۳»: سرعت واکنش برگشت به تدریج به صفر نخواهد رسید بلکه با سرعت واکنش رفت برابر خواهد شد.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۲۴

	$2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$		
غلظت آغازی	$\frac{8}{2}$	۰	۰
تغییر غلظت	$-2x$	$+4x$	$+x$
غلظت تعادلی	$4 - 2x$	$+4x$	$+x$

$$\frac{N_2O_5 \text{ غلظت}}{NO_2 \text{ غلظت}} = \frac{4 - 2x}{4x} = \frac{1}{2} \Rightarrow x = 1$$

$$\Rightarrow K = \frac{[O_2][NO_2]^4}{[N_2O_5]^2} = \frac{1 \times (4)^4}{2 \times 2} = ۶۴ mol^3 \cdot L^{-3}$$

این تعادل گرماگیر می‌باشد و در صورت افزایش دما، به سمت راست جابه‌جا می‌شود. همچنین تغییر دما باعث تغییر مقدار K می‌شود و آن را افزایش می‌دهد. ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۲۵

عبارت‌های «ب» و «پ» نادرست هستند. ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۲۶

عبارت «آ»: واکنش مورد نظر گرماده بوده و با افزایش میانگین انرژی جنبشی ذرات (افزایش دما) در جهت برگشت جابه‌جا شده و موجب پررنگ‌تر شدن محلول می‌شود.

عبارت «ب»: مطابق اصل لوشاتلیه اگر عاملی موجب برهم زدن تعادل شود، سامانه در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا آن‌جا که امکان دارد اثر آن را از بین ببرد.

عبارت «پ»: اگر با افزایش دما، ثابت تعادل کاهش یابد واکنش گرماده و  $\Delta S < 0$  دارد. پس واکنش برگشت با افزایش آنتروپی همراه است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۲۷

۱) نادرست. با افزودن آب خالص، غلظت  $CuSO_4(aq)$  همانند  $Al_2(SO_4)_3(aq)$  کاهش می‌یابد؛ اما چون که تأثیر آن در ثابت تعادل بیش‌تر است، پس Q را بزرگ‌تر از K می‌کند و واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.





(۲) نادرست. غلظت تعادلی  $ZnSO_4(aq)$  ۵ برابر  $CuSO_4(aq)$  می‌باشد، نه در تمام طول واکنش.

(۳) نادرست. با وارد کردن  $N_2O_4$ ، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و از آنجایی که واکنش رفت گرماگیر است، پس گرما مصرف می‌شود و دمای سامانه کاهش می‌یابد.

(۴) درست. از آنجایی که طبق قانون پایستگی جرم، جرم کل مواد در واکنش ثابت می‌ماند و همچنین از آنجایی که حجم ظرف واکنش نیز ثابت است، پس در سراسر زمان انجام واکنش چگالی مخلوط گازها ثابت می‌ماند.

(۱۲۸) ۱ ۲ ۳ ۴ نادرستی گزینه ۱: تغییر فشار بر ثابت تعادل بی‌اثر است و فقط تغییر دما ثابت تعادل را تغییر می‌دهد.

نادرستی گزینه ۲: در اثر افزایش فشار یا کاهش حجم، غلظت همه گونه‌های گازی افزایش پیدا خواهد کرد.

درستی گزینه ۳: کاهش فشار یا افزایش حجم، تعادل را در جهت مول‌های گازی بیش‌تر جابه‌جا می‌کند و از طرفی سبب کاهش غلظت همه گونه‌های گازی خواهد شد.

نادرستی گزینه ۴:

$$\left. \begin{aligned} [SO_2]_1 &= \frac{0.32 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.032 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ [SO_2]_2 &= \frac{0.30}{7.75} \simeq 0.039 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{[SO_2]_2}{[SO_2]_1} \simeq 1.2$$

(۱۲۹) ۱ ۲ ۳ ۴ عبارت «آ»: صحیح، واکنش مورد نظر گرماده است، مطابق اصل لوشاتلیه کاهش دما منجر به جابه‌جایی تعادل در جهت رفت می‌شود.

عبارت «ب»: نادرست، باتوجه به این که واکنش گرماده است و دما کاهش پیدا کرده،  $K$  افزایش یافته است، بنابراین مقدار  $K$  در  $T_2$  بزرگ‌تر از  $T_1$  می‌باشد.

عبارت «پ»: صحیح، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و تا قبل از رسیدن به تعادل سرعت رفت بیش‌تر از سرعت برگشت است.

عبارت «ت»: صحیح، در صورت افزایش فشار سیستم نیز، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

(۱۳۰) ۱ ۲ ۳ ۴



غلظت تعادلی  $\leftarrow \begin{matrix} 6-2x & 2x & x \end{matrix}$

بازده درصدی نشان می‌دهد که ۶۰ درصد درصد از واکنش‌دهنده به فراورده‌ها تبدیل شده است.

$$2x = 3.6 \begin{cases} \text{mol} SO_3 = 2.4 \\ \text{mol} SO_2 = 3.6 \\ \text{mol} O_2 = 1.8 \end{cases}$$

$$\text{مجموع مول‌های گازی} = 2.4 + 3.6 + 1.8 = 7.8$$

(۱۳۱) ۱ ۲ ۳ ۴ افزودن کاتالیزگر تنها زمان رسیدن به تعادل را تسریع می‌کند و موجب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود. با افزایش فشار

(کاهش حجم) غلظت هر دو ماده افزایش می‌یابد (یعنی پررنگ‌تر شدن مخلوط)

(۱۳۲) ۱ ۲ ۳ ۴ همانطور که از نمودار مشخص است غلظت همه گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش در لحظه اعمال تغییر کاهش

پیدا کرده است و بعد از آن غلظت  $SO_2$  و  $O_2$  رو به افزایش و غلظت  $SO_3$  رو به کاهش است. این شرایط را ما زمانی مشاهده می‌کنیم که

حجم ظرف را افزایش داده باشیم. در این شرایط به دلیل افزایش حجم، غلظت همه گونه‌ها کم می‌شود و سپس به دلیل کاهش فشار تعادل در

جهتی جابه‌جا می‌شود که شمار مول‌های گازی بیش‌تر است.

(۱۳۳) ۱ ۲ ۳ ۴

$$B \text{ تعداد مول} = \frac{1}{3}(D \text{ تعداد مول}) \Rightarrow B \text{ تعداد مول} = \frac{1}{3} \times 6 = 2 \text{ mol} B$$



$$A \text{ تعداد مول} = \frac{1}{2}(C \text{ تعداد مول}) \Rightarrow A \text{ تعداد مول} = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ mol } A$$

باتوجه به مقادیر مواد شرکت کننده و در تعادل بودن واکنش، مقدار  $K$  را محاسبه می کنیم.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{4 \times 6}{2 \times 2} = 6$$

می خواهیم با اضافه کردن  $D$  موجب بر هم زدن تعادل و جابه جایی تعادل به سمت چپ شویم.

فرض می کنیم  $y$  مول  $D$  به ظرف اضافه شده است.

	$A_g$	$B_g$	$\rightleftharpoons$	$C_g$	$D_g$
غلظت آغازی	۲	۲		۴	۶
تغییر	$x$	$x$		$-x$	$+y - x$
غلظت پایانی	$x + 2$	$x + 2$		$4 - x$	$6 + y - x$

$$4 - x = \frac{75}{100}(4) \Rightarrow x = 1$$

$$[A] = [B] = 2 + x = 3, \quad [C] = 3, \quad [D] = 5 + y$$

توجه شود از آن جایی که حجم ظرف ۱ L است، تعداد مول با غلظت برابر است.

$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]} \Rightarrow 6 = \frac{3 \times (5 + y)}{3 \times 3} \Rightarrow y = 13 \text{ mol (مول D اضافه شده)}$$

۱۳۴ ۱ ۲ ۳ ۴ باتوجه به داده های سؤال، جدول زیر را رسم می کنیم. توجه داریم که  $x$  مقدار اولیه ی گاز  $O_2$  و  $y$  مقدار اکسیژن

مصرف شده تا زمان رسیدن به تعادل را نشان می دهد.

	$O_2$	$N_2$	$NO$
غلظت اولیه	$x$	$4x$	۰
غلظت تعادلی	$x - y$	$4x - y$	$2y$

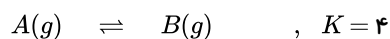
طبق داده های جدول و صورت سؤال، داریم:

$$4 \times [NO] = [O_2] \Rightarrow 4 \times 2y = x - y \Rightarrow 9y = x$$

پس از این به بعد تمامی غلظت ها را بر حسب  $y$  می نویسیم و ثابت تعادل را به دست می آوریم:

$$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \Rightarrow K = \frac{(2y)^2}{(x - y)(4x - y)} \Rightarrow K = \frac{4y^2}{8y \times 35y} = \frac{1}{70}$$

۱۳۵ ۱ ۲ ۳ ۴

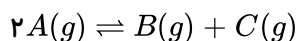


$$\text{در تعادل ۱} \rightarrow 1 - x \quad x \rightarrow k = \frac{x}{x - 1} \rightarrow 4 = \frac{x}{1 - x} \rightarrow \boxed{x = 0.8} \rightarrow \frac{0.8}{1} \times 100 = 80\% \text{ پیشرفت}$$

$$\text{در تعادل ۱} \rightarrow 3 - x \quad x \rightarrow k = \frac{x}{3 - x} \rightarrow 4 = \frac{x}{3 - x} \rightarrow x = 2.4 \rightarrow \frac{2.4}{3} \times 100 = 80\% \text{ پیشرفت}$$

حداکثر پیشرفت در دو حالت یکسان خواهد بود.



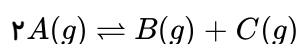


$$\begin{array}{ccc} \text{mol :} & 3 & 3 & 3 \\ \text{غلظت :} & \frac{3}{3} & \frac{3}{3} & \frac{3}{3} \end{array}$$

$$K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{1 \times 1}{1^2} = 1$$

$$Q = \frac{[B][C]}{[A]^2} \Rightarrow Q = \frac{3 \times 3}{2^2} = 2,25$$

$\Rightarrow Q > K$  واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.



$$\begin{array}{ccc} \text{غلظت :} & \frac{3+3}{3} & \frac{3+6}{3} & \frac{3+6}{3} \\ & +2x & -x & -x \\ & 2+2x & 3-x & 3-x \end{array}$$

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

$$C \text{ و } B, A \text{ مجموع مول‌های } = [(2+2x) + (3-x) + (3-x)] \times 3 = 8 \times 3 = 24 \text{ mol}$$

۱۳۷ ۱ ۲ ۳ ۴ تعادل مورد نظر گرماده است. با قرار دادن این مخلوط در آب گرم تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار  $K$  کاهش می‌یابد. از طرفی  $N_2O_4$  به  $NO_2$  تبدیل می‌شود یعنی تعادل از تعداد مولکول‌های کم‌تر به تعداد مولکول‌های بیش‌تر جابه‌جا می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

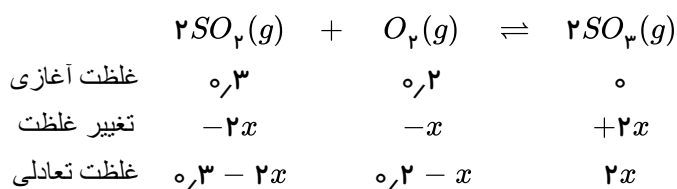
گزینه «۱»: با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و  $N_2O_4$  مصرف می‌شود اما با کاهش حجم تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار  $N_2O_4$  افزایش می‌یابد.

گزینه «۲»: با کاهش دما  $NO_2$  مصرف شده و با افزایش حجم مقدار  $NO_2$  افزایش می‌یابد.

گزینه «۳»: با کاهش دما تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار  $K$  افزایش می‌یابد و به دلیل مصرف  $NO_2$  (خرمایی رنگ) و تولید  $N_2O_4$  (بی‌رنگ) مخلوط کم‌رنگ‌تر می‌شود.

۱۳۸ ۱ ۲ ۳ ۴ موارد «آ» و «ت»، جاهای خالی را به درستی تکمیل می‌کنند. در لحظه تعادل داریم:  $R_{\text{برگشت}} = R_{\text{رفت}}$  و بر این اساس غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت باقی می‌ماند.

$$? \text{ mol } SO_2 = 38,4 \text{ g } SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64 \text{ g } SO_2} = 0,6 \text{ mol } SO_2$$



مجموع غلظت مواد گازی  $= 0,3 - 2x + 0,2 - x + 2x = 0,4 \Rightarrow x = 0,1$

$$\Rightarrow K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{(0,2)^2}{(0,1)^2 (0,1)} = 40 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۴۰ این تعادل گرماگیر می‌باشد و در صورت افزایش دما، به سمت راست جابه‌جا می‌شود. همچنین تغییر دما باعث تغییر مقدار  $K$  می‌شود و آن را افزایش می‌دهد.

۱۴۱ در این واکنش چون با افزایش فشار واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده است، واکنش در جهت مول گازی کم‌تر جابه‌جا شده، در نتیجه  $a > b + c$  و چون واکنش تعادلی، برگشت‌پذیر است و  $\Delta S < 0$  لذا  $\Delta H$  باید کوچک‌تر از صفر باشد.

طبق رابطه ثابت تعادل  $(K = \frac{[B]^b [C]^c}{[A]^a})$  گزینه ۳ درست نمی‌باشد.

با انتقال واکنش به ظرف بزرگ‌تر، واکنش در جهت مول گازی بیش‌تر جابه‌جا می‌شود، یعنی در جهت برگشت. (رد گزینه ۴)

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۴۲

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{x^2}{4}}{\frac{2}{2} \times \frac{8}{2}} \Rightarrow x = 4 \text{ mol}$$

$$K = \frac{[CO'_2][H'_2]}{[CO'][H'_2O]} \Rightarrow 4 = \frac{\frac{(4+x)}{2} \times \frac{(4+x)}{2}}{(\frac{4-x}{2}) \times (\frac{4-x}{2})} \Rightarrow 2 = \frac{4+x}{4-x}$$

$$\Rightarrow x = \frac{4}{3} \Rightarrow \begin{cases} [CO]' = \frac{4 - \frac{4}{3}}{2} \simeq 0,67 \\ [H_2]' = \frac{4 + \frac{4}{3}}{2} \simeq 2,67 \end{cases}$$

۱۴۳ از یکای ثابت تعادل که  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$  یا  $\frac{1}{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$  است مشخص می‌شود که تعداد مول‌های گازی در مخرج

کسر عبارت ثابت تعادل یعنی در سمت چپ واکنش تعادلی بیش‌تر است، بنابراین افزایش فشار (کاهش حجم ظرف) تعادل را به سمت راست که تعداد مول گازی کم‌تری دارد، جابه‌جا می‌کند.

۱۴۴ چون حجم ظرف ۱ لیتر است، تعداد مول‌های گزارش شده برابر با غلظت‌های مولی هستند.



ماده	$CH_4$	$H_2O$	$\rightleftharpoons$	$3H_2$	$CO$
غلظت اولیه	۴	۲٫۲		۰	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-x$		$+3x$	$+x$
غلظت تعادلی	$4 - x$	$2.2 - x$		$3x$	$x$

$$[CH_4]_{\text{تعادلی}} = 4 - x = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \Rightarrow x = 2$$

$$[H_2O]_{\text{تعادلی}} = 2.2 - x = 2.2 - 2 = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[H_2]_{\text{تعادلی}} = 3x = 3(2) = 6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[CO]_{\text{تعادلی}} = x = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[H_2]^3 [CO]}{[CH_4] [H_2O]} = \frac{(6)^3 (2)}{(2)(0.2)} = 1080 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$$

۱۴۵ مقدار اولیه هر یک از دو واکنش دهنده، یک مول است و تا لحظه برقراری تعادل، ۰٫۹۸ مول از هر یک از آنها باقی مانده است.

$$1 - 0.98 = 0.02 \text{ mol}$$

$$\frac{0.02}{1} \times 100\% = 2\% \text{ درصد پیشرفت واکنش}$$

بررسی گزینه های نادرست:

۱) در هنگام تعادل، غلظت واکنش دهنده ها بیشتر است، بنابراین تعادل سمت چپ واکنش دهنده ها قرار دارد.

$$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} = \frac{(0.04)^2}{(0.98)(0.98)} = 1.67 \times 10^{-3} \quad (2)$$

۳) کوچک بودن ثابت تعادل نشان می دهد که این واکنش در دمای آزمایش پیشرفت خوبی ندارد ولی سرعت واکنش و زمان رسیدن واکنش به حالت تعادل را نشان نمی دهد.

۱۴۶ باتوجه به اینکه مقدار اولیه دو واکنش دهنده به تناسب ضریب استوکیومتری آنها انتخاب نشده است، برای

استفاده از درصد پیشرفت واکنش از واکنش دهنده محدودکننده استفاده می کنیم. چون ماده A محدودکننده است، از طریق مصرف ماده A پیشرفت تعادل را تنظیم می کنیم، بنابراین مقدار مصرفی A برابر است با:

$$A \text{ مول مصرفی} = x = 4 \times \frac{10}{100} = 3.2 \text{ mol}$$

$2C$	$\rightleftharpoons$	$2B$	+	$A$
۰		$10 \text{ mol}$		$4 \text{ mol}$
$+2x$		$-2x$		$-x$
$2x$		$10 - 2x$		$4 - x$
$6.4 \text{ mol}$		$3.6 \text{ mol}$		$0.8 \text{ mol}$

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{\left(\frac{6.4}{2}\right)^2}{\left(\frac{0.8}{2}\right)\left(\frac{3.6}{2}\right)^2} = \frac{10.24}{1.296} \simeq 7.9 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۱۴۷ روش اول: باتوجه به یکسان بودن مجموع ضرایب واکنش دهنده ها و مجموع ضرایب فراورده ها، میزان تغییرات

واکنش دهنده ها برابر میزان تغییرات فراورده ها است. در نتیجه تعداد مول گازی در این واکنش ثابت و برابر مقدار اولیه است.

$$\text{تعداد مول گازی} = 4 + 4 + 2 + 2 = 12 \text{ mol}$$



$$?L = 12 \text{ mol} \times \frac{18.5L}{1 \text{ mol}} = 222L$$

روش دوم: می‌توانیم  $Q$  را محاسبه کرده و جهت پیشرفت واکنش را تعیین کنیم:

$$Q = \frac{[H_2][CO_2]}{[H_2O][CO]} = \frac{4 \times 4}{2 \times 2} = 4 < K \Rightarrow \text{واکنش در جهت رفت پیشرفت می‌کند}$$

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$				
غلظت آغازی	۲	۲	۴	۴
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت پایانی	$2-x$	$2-x$	$4+x$	$4+x$

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{(4+x)(4+x)}{(2-x)(2-x)} = 9 \Rightarrow x = 0.5$$

$$\Rightarrow [CO] = [H_2O] = 1.5M, [H_2] = [CO_2] = 4.5M$$

حجم ظرف ۱ L است، در نتیجه مقادیر غلظت برابر تعداد مول مواد هستند.

$$\text{مجموع مول گازی} = 4.5 \times 2 + 1.5 \times 2 = 12 \text{ mol}$$

$$?L = 12 \text{ mol} \times \frac{18.5L}{1 \text{ mol}} = 222L$$

۱۴۸) در اثر افزودن  $NaCl(s)$  به محلول واکنش (I)، یون‌های  $Ag^+$  و  $Cl^-$  تولید  $AgCl(s)$  کرده و باعث کاهش

غلظت  $Ag^+$  می‌شود، پس تعادل برای جبران کاهش غلظت  $Ag^+$ ، به سمت واکنش‌دهنده‌ها جابه‌جا می‌شود. اما در مورد عبارت «ت» می‌توان گفت: «افزایش دما با توجه به گرماگیر بودن تعادل (II)، می‌تواند باعث افزایش ثابت تعادل شود، ولی افزودن کاتالیزگر تأثیری در میزان عددی ثابت تعادل نخواهد داشت.

۱۴۹) چون مقدار ثابت تعادل بزرگ است، بنابراین پیشرفت واکنش زیاد است. با توجه به واحد ثابت تعادل می‌توان نتیجه گرفت که تعداد مول‌های گازی فراورده‌ها (ها) بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها (ها) است ( $\Delta S > 0$ ). بنابراین با افزایش فشار، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و غلظت واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به این که واکنش تعادلی است، بنابراین  $\Delta H > 0$  است و با کاهش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار  $K$  کاهش می‌یابد در هنگام تعادل، سرعت واکنش رفت و برگشت برابر خواهد بود.

۱۵۰) بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱: با افزوده شدن  $SO_3$ ، قسمتی از  $SO_3$  در واکنش برگشت به  $O_2$  و  $SO_2$  تبدیل می‌شود و در نتیجه مقدار آن در تعادل جدید از تعادل اولیه بیش‌تر خواهد بود.

گزینه ۲: به دلیل اینکه در واکنش یاد شده، ماده گازی وجود ندارد، تغییر حجم تأثیری بر تعادل ندارد.

گزینه ۳: افزودن مقداری  $CaCO_3$ ، اثری بر جابه‌جایی تعادل ندارد.

گزینه ۴: واکنش تشکیل آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن، واکنشی گرماده است که با افزایش دما، ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

۱۵۱) با افزایش دما سرعت واکنش‌های رفت و برگشت افزایش یافته و تعادل سریع‌تر برقرار می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱: در تعادل‌های گرماگیر با افزایش دما، واکنش در جهت رفت پیش‌روی می‌کند و ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

گزینه ۲: با افزایش دما سرعت واکنش رفت و برگشت هر دو افزایش می‌یابد.

گزینه ۴: در تعادل‌های گرماده با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت پیش‌روی می‌کند و مقدار  $K$  کوچک می‌شود.

۱۵۲) با توجه به داده‌ها، جدول زیر را رسم می‌کنیم.



	$2NO \rightleftharpoons O_2 + N_2$		
غلظت اولیه	$\frac{0.6}{2}$	۰	۰
تغییر غلظت	$\frac{2x}{2}$	$\frac{+x}{2}$	$\frac{+x}{2}$
غلظت تعادلی	$\frac{0.6 - 2x}{2}$	$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$

$$\Rightarrow \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{\left(\frac{0.6-2x}{2}\right)^2} = \frac{x^2}{(0.6-2x)^2} = 4 \Rightarrow \frac{x}{0.6-2x} = 2$$

$$\Rightarrow 1.2 - 4x = x \Rightarrow 5x = 1.2 \Rightarrow x = 0.24 \Rightarrow [N_2] = \frac{0.24}{2} = 0.12 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

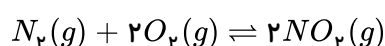
میزان کاهش جرم مخلوط واکنش برابر با مقدار جرم گاز  $CO_2$  تولید شده پس از گذشت ۶۰ ثانیه است. (۱) (۲) (۳) (۴) ۱۵۳

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{CO_2} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{\Delta n(CO_2)}{\left(\frac{60}{60}\right) \text{ min}} \Rightarrow \Delta n(CO_2) = 0.25 \text{ mol}$$

$$?gCO_2 = 0.25 \text{ mol} CO_2 \times \frac{44gCO_2}{1 \text{ mol} CO_2} = 11gCO_2$$

$$\text{درصد کاهش جرم مخلوط} = \frac{\text{تولید شده } CO_2 \text{ جرم}}{\text{جرم اولیه مخلوط}} \times 100 = \frac{11gCO_2}{40gCaCO_3} \times 100 = 27.5\%$$

(۱) (۲) (۳) (۴) ۱۵۴



$$1 - x \quad 5 - 2x \quad 2x \quad \leftarrow \text{غلظت تعادلی}$$

$$1 - x + 5 - 2x + 2x = 5.5 \Rightarrow x = 0.5 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow K = \frac{(1)^2}{(0.5)(4)^2} = 0.125 \frac{L}{\text{mol}}$$

باتوجه به این که  $N_2$  واکنش دهنده محدودکننده است:

بازده درصدی را می توان با استفاده از مقدار  $N_2$  مصرف شده و  $N_2$  اولیه محاسبه کرد.

$$\text{بازده درصدی} = \frac{0.5}{1} \times 100 = 50\%$$

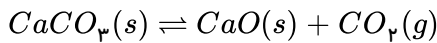
(۱) (۲) (۳) (۴) ۱۵۵

در نتیجه اضافه کردن آب، غلظت گونه های  $NH_3$ ،  $NH_4^+$  و  $OH^-$  کاهش یافته و مقدار  $Q$  از  $K$  کوچک تر خواهد شد. بنابراین برای برقراری تعادل مجدد واکنش در جهت رفت پیشرفت می کند.



در لحظه اول به علت کاهش غلظت‌ها، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت هر دو کم می‌شود اما سرعت واکنش برگشت کاهش محسوس‌تری دارد که به تدریج سرعت واکنش رفت کم‌تر و برگشت بیشتر می‌شود تا دوباره با هم برابر شوند ولی در تعادل جدید هم غلظت گونه‌های  $NH_3$ ،  $NH_4^+$  و  $OH^-$  کم‌تر از تعادل اولیه است و هم سرعت واکنش‌های رفت و برگشت نسبت به تعادل اولیه کم‌تر است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۵۶



$$K = [CO_2] = \frac{1,76}{44 \times 5} = 8 \times 10^{-3}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۵۷



غلظت تعادلی  $\leftarrow$

بازده درصدی نشان می‌دهد که ۶۰ درصد از واکنش‌دهنده به فراورده‌ها تبدیل شده است.

$$2x = 3,6 \begin{cases} molSO_3 = 2,4 \\ molSO_2 = 3,6 \\ molO_2 = 1,8 \end{cases}$$

$$\text{مجموع مول‌های گازی} = 2,4 + 3,6 + 1,8 = 7,8$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۵۸ ابتدا در دمای داده شده، مقدار ثابت تعادل را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{3}{2}\right)}{\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)} = 9$$

با خارج کردن هر یک از گازهای  $CO$  و بخار آب، تعادل در جهت تولید آن‌ها یعنی در جهت برگشت پیش می‌رود. بنابراین:

$CO(g) +$	$H_2O(g)$	$\rightleftharpoons$	$CO_2(g) +$	$H_2(g)$	
۱	۱		۳	۳	تعادل اولیه
۰,۵	۰,۵		۳	۳	شروع تغییر
$+x$	$+x$		$-x$	$-x$	تغییر مول
$۰,۵ + x$	$۰,۵ + x$		$۳ - x$	$۳ - x$	تعادل جدید

چون دما ثابت است، مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند. بنابراین غلظت مواد را در تعادل جدید حساب می‌کنیم:

جذر می‌گیریم:

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{\left(\frac{3-x}{2}\right)\left(\frac{3-x}{2}\right)}{\left(\frac{0,5+x}{2}\right)\left(\frac{0,5+x}{2}\right)} = 9$$

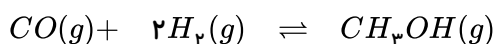
$$3 = \frac{3-x}{0,5+x} \Rightarrow 1,5 + 3x = 3 - x \Rightarrow 4x = 1,5 \Rightarrow x = 0,375$$



$$[H_2] = \frac{3 - 0,375}{2} = 1,3125 \frac{mol}{L}$$

$$[CO] = \frac{0,5 + 0,375}{2} = 0,4375 \frac{mol}{L}$$

$$CH_3OH = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$



مول اولیه : 5 8 0

مول تعادلی : 5 - x 8 - 2x X

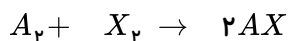
$$?mol CH_3OH = 96 \text{ g } CH_3OH \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{32 \text{ g } CH_3OH} = 3 \text{ mol} \Rightarrow \boxed{x = 3}$$

$$K = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} = \frac{\frac{3}{5}}{\left(\frac{2}{5}\right) \times \left(\frac{2}{5}\right)^2} = \frac{75}{8} = 9,375 \left(\frac{lit}{mol}\right)^2$$

$$\overline{R}_{H_2} = \frac{3 \times 2}{5 \times 30 \times 60} = 6,67 \times 10^{-4} \frac{mol}{lit.s}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۵۹

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۶۰

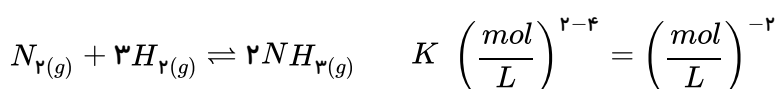
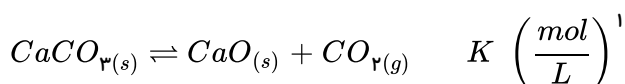
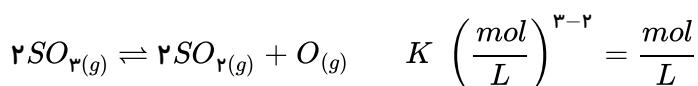


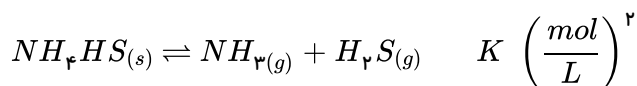
مول تعادلی : 0,8 0,8 0,4

$$K = \frac{[AX]^2}{[A_2][X_2]} \Rightarrow \frac{\left(\frac{0,4}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,8}{2}\right) \times \left(\frac{0,8}{2}\right)} = 2,5 \times 10^{-3}$$

مول گاز در دو طرف واکنش با هم برابر است پس تغییر حجم باعث جابه جایی تعادل نمی شود.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۶۱



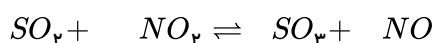


۱۶۲ اگر جرم آب را با جرم محلول برابر فرض کنیم. (جرم حل شونده ناچیز است).

$$100 g \text{ آب} = 100 g \text{ محلول} = 100 mL \text{ محلول} = 0.1 L$$

$$C_M (CaSO_4) = \frac{\left( \frac{0.272}{136} \right)}{0.1 L} = 0.02 \frac{mol}{L}$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۶۳



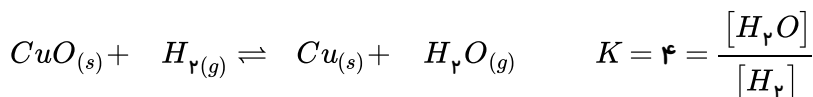
$$\begin{array}{ccccccc} \text{در ابتدا} & 2 mol & 2 mol & 0 & 0 & NO_2 \text{ مصرف} & = \frac{90}{100} \times 2 = 1.8 mol \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{تغییر مول} & -1.8 & -1.8 & +1.8 & +1.8 mol & & \\ \text{در تعادل} & 0.2 mol & 1.2 mol & 1.8 & 1.8 & & \end{array}$$

$$K = \frac{\frac{1.8}{5} \times \frac{1.8}{5}}{\frac{0.2}{5} \times \frac{1.2}{5}} = 9 \times \frac{3}{2} = 13.5$$

جرم  $SO_3$  در مخلوط تعادلی باقی مانده بیش تر از بقیه است پس درصد جرمی  $SO_3$  در مخلوط تعادلی بیش از بقیه است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۶۴



$$\begin{array}{ccccccc} \text{در ابتدا} & 3 mol & 1 & 0 & 0 & & \\ \text{در تعادل اولیه} & 3 - x & 1 - x & x & x & \Rightarrow & 4 = \frac{x}{1 - x} \Rightarrow x = 0.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{در تعادل اولیه} & 2.2 & 0.2 & 0.8 & 0.8 & & \\ & & \downarrow +1 & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{افزودن } H_2 & 2.2 & 1.2 & 0.8 & 0.8 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{تعادل جدید} & 2.2 - y & 1.2 - y & 0.8 + y & 0.8 + y & K_{(2)} = K_{(1)} = 4 = & \frac{0.8 + y}{1.2 - y} \end{array}$$

$$4.8 - 4y = 0.8 + y$$

$$4 = 5y$$

$$\boxed{y = 0.8} \Rightarrow [H_2] = 0.4 M$$

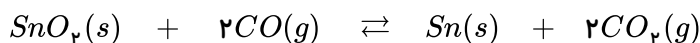
جدید



$$?molCO = ۵,۶kgCO \times \frac{۱۰۰۰g}{۱kg} \times \frac{۱molCO}{۲۸gCO} = ۲۰۰molCO$$

$$?molSn = ۲,۴kgSn \times \frac{۱۰۰۰g}{۱kg} \times \frac{۱molSn}{۱۲۰gSn} = ۲۰molSn$$

چون تعداد مول های گاز در دو طرف تعادل یکسان است، نیازی نیست غلظت در یک لیتر محاسبه شود.

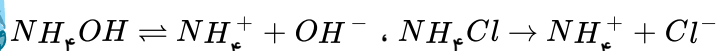


مول اولیه :	—	۲۰۰	۰	۰
تغییر مول :	—	-۲x	+x	+۲x
مول تعادلی :	—	۲۰۰ - ۲x	+x	+۲x

$$S_n = ۲۰mol \Rightarrow x = ۲۰ \left[ \begin{array}{l} [CO] = ۲۰۰ - ۴۰ = ۱۶۰ \\ [CO_2] = ۲ \times ۲۰ = ۴۰ \end{array} \right.$$

$$K = \frac{[CO_2]^2}{[CO]^2} = \frac{(۴۰)^2}{(۱۶۰)^2} = \left(\frac{۱}{۴}\right)^2 = ۰,۰۶۲۵$$

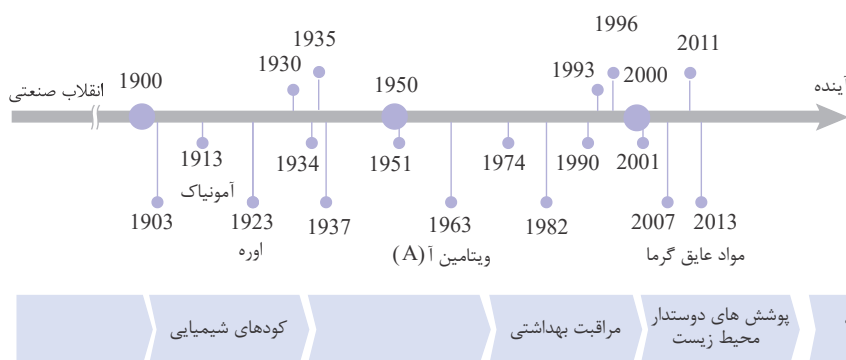
۱۶۶ ۱ ۲ ۳ ۴ هنگامی که به محلول باز ضعیف ( $NH_4OH$ ) مقداری نمک آن را ( $NH_4Cl$ ) اضافه می کنیم به دلیل ایجاد کاتیون باز، تعادل باز در جهت برگشت جابه جا می شود، لذا غلظت  $OH^-$  کم و  $pH$  محلول کاهش می یابد. در ضمن غلظت  $H^+$  (ناشی از آب) نیز در محلول زیاد می شود.



۱۶۷ ۱ ۲ ۳ ۴ استفاده نادرست از دانش و فناوری منجر به تولید سلاح های شیمیایی شد. روی دیگر سکه دانش و فناوری است، که باعث زندگی راحت تر و بهتر ما شده است.

۱۶۸ ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به نمودار بعد از انقلاب صنعتی، تقدم زمانی فناوری های ذکر شده به صورت زیر است:

مواد عایق گرما → ویتامین آ → اوره → آمونیاک



۱۶۹ ۱ ۲ ۳ ۴ مورد دوم و سوم صحیح است.

بررسی سایر موارد:

مورد اول: برای کاهش آلودگی ها، علاوه بر بهینه کردن و اصلاح سوخت های فسیلی موجود، پژوهشگران با ساخت مبدل های کاتالیستی سعی در کاهش آلودگی ها دارند.

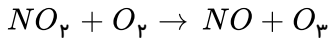
مورد چهارم: گسترش فناوری صفحه های نمایشگر در وسایل الکترونیک، مدیون دانش شیمی است.

۱۷۰ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی سایر گزینه ها:

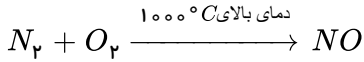


گزینه ۱:  $b$  گاز  $NO_2$  است، و در ساختار الکترون نقطه‌ای آن یک تک‌الکترون وجود دارد.  $\cdot\ddot{O} - \dot{N} = \ddot{O} \cdot$

گزینه ۳:  $C$  گاز اوزون است و واکنش تشکیل آن در تروپوسفر به صورت:



گزینه ۴:  $a$  گاز  $NO$  است و واکنش تشکیل آن به صورت:



۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۱

$$10,000 \times 5.99 = 59,900 \text{ g} \rightarrow 59.9 \text{ kg } CO$$

$$10,000 \times 1.04 = 10,400 \text{ g} \rightarrow 10.4 \text{ kg } NO$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۲

$$4,000,000 \div 2 = 2,000,000 \text{ خودرو} \times \frac{60}{100} = 1,200,000 \text{ تک‌سرنشین}$$

پس ۶۰٪ از خودروها کم شده و همین مقدار هم از آلایندۀ  $CO$  کم می‌شود.

با حذف خودروهای تک‌سرنشین، ۱۴۴ تن  $CO$  کاسته می‌شود.

$$1,200,000 \text{ ماشین} \times \frac{20 \text{ km}}{1 \text{ ماشین}} \times \frac{6 \text{ g}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ ton}}{10^6 \text{ g}} = 144 \text{ ton}$$

میزان آلایندۀ‌ها در نیمۀ اول شبانه‌روز بیشتر است، زیرا برخی از واکنش‌ها مانند  $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$  ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۳

در حضور نور خورشید انجام می‌شود.

الف:  $CO$  ب:  $O_3$  ج:  $NO$  ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۴

سوختن واکنش گرمازا است و  $\Delta H$  آن منفی است. ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۵

انرژی فعال‌سازی در سوختن فسفر سفید به حدی کم است که حتی در دمای اتاق هم انجام می‌شود.

نمودارهای گزینه ۳ و ۴ گرماده‌اند و نمودارهای گزینه ۱ و ۲ گرماگیر. حال هرچه انرژی فعال‌سازی کمتر باشد، ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۶

سرعت واکنش بیشتر است.

سطح انرژی فرآورده‌ها بالاتر از واکنش‌دهنده‌ها است، در نتیجه پایداری کمتری دارند. ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۷

بررسی گزینه‌ها: ۱ ۲ ۳ ۴ ۱۷۸

گزینه ۱: انرژی فعال‌سازی رفت  $344 \text{ kJ} = 566 - 900$

گزینه ۲:

$$44 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{-566}{2 \text{ mol } CO_2} = -283$$

گزینه ۳: نادرست.

$$32 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{-566 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } O_2} = -566 \text{ kJ}$$

گزینه ۴: صحیح.  $\Delta H$  این واکنش منفی  $566 \text{ kJ}$  و گرماده است.



۱۷۹) ۱ ۲ ۳ ۴  $\Delta H$  واکنش  $AB + C \rightarrow AC + B$  برابر  $-120 \text{ kJ}$  است، اما در سؤال واکنش برگشت «برعکس واکنش فوق، مورد سؤال قرار گرفته که باید  $\Delta H$  را در یک منفی ضرب کنیم.  $\leftarrow +120$

انرژی فعال سازی واکنش برابر  $50$  کیلوژول است.

$$\Delta H_{\text{رفت}} = E_a - E'_a \quad \Delta H_{\text{برگشت}} = E'_a - E_a \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 180$$

از آنجا که  $E'_a > E_a$  است  $\leftarrow$  سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است و گزینه ۴ نادرست می باشد.

توجه: اگر این واکنش به تعادل رسیده باشد، سرعت واکنش رفت و برگشت برابر می شود؛ اما در شرایط یکسان دما، فشار و غلظت و ... سرعت در جهت رفت بیشتر است، چون انرژی فعال سازی کمتری دارد.

۱۸۱) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه ها:

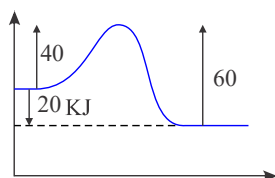
گزینه ۱: هر دو واکنش گرماده است و علامت  $\Delta H < 0$

گزینه ۲: انرژی فعال سازی هر دو واکنش زیاد است و در دماهای پایین انجام نمی شوند.

گزینه ۳: سرعت واکنش بیشتر از سرعت واکنش است زیرا انرژی فعال سازی کمتری دارد.

گزینه ۴: گرمای آزاد شده واکنش (۱)،  $181 \text{ kJ}$  است؛ در صورتی که گرمای آزاد شده از واکنش (۲)،  $566 \text{ کیلوژول}$  است.

۱۸۲) ۱ ۲ ۳ ۴

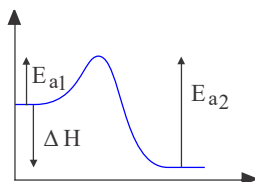


گزینه ۱: واکنش در جهت رفت گرماده است و  $\Delta H$  آن  $-20$  کیلوژول است. و در جهت برگشت «

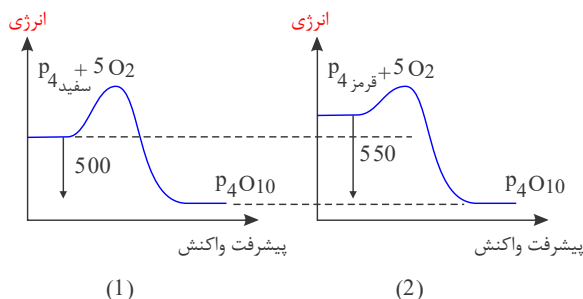
$B \rightarrow A$  گرماگیر بوده و  $\Delta H$  آن  $+20$  کیلوژول است و فرآورده ها سطح انرژی پایین تری دارند.

۱۸۳) ۱ ۲ ۳ ۴ وقتی واکنشی در جهت برگشت گرماگیر است، در جهت رفت خواهد بود؛ و:

$$E_{a1} < E_{a2}, \Delta H < 0$$



۱۸۴) ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به واکنش های سوختن فسفر سفید و قرمز می توان نمودار آن ها را رسم کرد.



✓ پایداری  $P_4$  سفید بیشتر  $P_4$  قرمز است.

✓ تبدیل فسفر سفید به فسفر قرمز گرماگیر است.

✓ سطح انرژی  $P_4$  سفید کمتر  $P_4$  قرمز است.

✓  $\Delta H$  واکنش تبدیل فسفر سفید به فسفر قرمز  $+50 \text{ kJ}$  است.

۱۸۵) ۱ ۲ ۳ ۴ کاتالیزورها در هر واکنش شیمیایی با کاهش انرژی فعال سازی، سرعت را افزایش می بخشند؛ اما روی  $\Delta H$

تأثیری ندارند.

۱۸۶) ۱ ۲ ۳ ۴ مورد دوم نادرست  $\leftarrow$  زمان انجام واکنش را کاهش می دهند.

مورد سوم نادرست  $\leftarrow$  در واکنش های گرماگیر یا گرماده سرعت را افزایش می دهند.



۱۸۷ با استفاده از کاتالیز گر انرژی فعال سازی را کاهش می دهند و با گرما انرژی فعال سازی تأمین می شود. ۱ ۲ ۳ ۴

۱۸۸ انرژی فعال سازی را با  $E_a$  نشان می دهند که با گرما تأمین می شود و با کاتالیز گر کاهش می یابد. ۱ ۲ ۳ ۴

۱۸۹ هرچه ذرات ریزتر باشند؛ سطح تماسشان بیشتر است و سرعت واکنش افزایش می یابد. ۱ ۲ ۳ ۴

۱۹۰ بررسی گزینه ها: ۱ ۲ ۳ ۴

$c$  مربوط به واکنش در حضور توری پلاتینی است «بهترین کاتالیز گر برای این واکنش»

$b$  این واکنش در حضور پودر روی را نشان می دهد.

$a$  می تواند مربوط به واکنش در حضور جرقه باشد.

۱۹۱ کاتالیز گر ها بر سطح انرژی واکنش دهنده ها و فراورده ها و  $\Delta H$  بی تأثیر اند. آن ها انرژی فعال سازی را کاهش و سرعت را افزایش می دهند و هرچه انرژی فعال سازی را بیشتر کم کنند، افزایش سرعت بیشتر خواهد بود. ۱ ۲ ۳ ۴

۱۹۲ مسیر  $b$  در حضور کاتالیز گر است. ۱ ۲ ۳ ۴

- مسیر آن راحت تر است.
- زمانش کمتر است.
- سرعتش بیشتر است.
- عبور از سه انرژی اش راحت تر است.

نکته: کتاب به اشتباه گفته کاتالیز گر مسیر را کوتاه می کند (چون مسیر تونل را مثال زده) ولی در اصل کاتالیز گر مسیر واکنش را طولانی تر ولی هموار تر می کند یعنی انرژی فعال سازی را کم می کند نه مسیر را.

۱۹۳ کاتالیز گر ها به عنوان یکی از واکنش دهنده ها در واکنش مصرف نمی شوند، واکنش دهنده ها با گذشت زمان مصرف می شوند؛ اما کاتالیز گر ها در انتها بدون استفاده و دست نخورده باقی می مانند.

۱۹۴ واکنش در مسیر ۲ در حضور کاتالیز گر است و در مسیر ۱ بدون کاتالیز گر است. استفاده از کاتالیز گر مسیر انجام ۱ ۲ ۳ ۴

واکنش را کوتاه تر می کند و سرعت را افزایش می دهد؛ اما روی  $\Delta H$  و گرماگیر و گرماده بودن بی تأثیر است.

۱۹۵ استفاده از کاتالیز گر ها سبب کاهش هزینه ها و کاهش آلودگی محیط زیست می شود. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از کاتالیز گر ها می توان شرایط بهینه ای از دما و فشار را برای انجام واکنش به دست آورد.

اگر واکنشی انجام ناپذیر باشد، استفاده از کاتالیز گر در انجام آن بی تأثیر است.

۱۹۶ ۱ ۲ ۳ ۴

بدون حضور کاتالیز گر انرژی فعال سازی واکنش رفت  $150$

میزان کاهش انرژی فعال سازی واکنش برگشت  $100$  کیلوژول است « $50$  درصد از  $200$

کیلوژول» و دقیقاً به همین میزان از انرژی فعال سازی رفت کاسته می شود.

اما درصد کاهش انرژی فعال سازی رفت:

$$\text{درصد کاهش} = \frac{100}{150} \times 100 = 66,66$$

↓  
گرماده

۱۹۷  $\Delta H$  در هر دو مسیر یکسان است.  $x - 180 = -40 \Rightarrow x = 140$  در مسیر (۱) ۱ ۲ ۳ ۴

$$x = 140 \rightarrow x + y = 280 \rightarrow y = 140$$

$$(2) \text{ در مسیر} \Rightarrow z - y = -40 \rightarrow z - 140 = -40 \rightarrow z = 100$$

۱۹۸ کاتالیز گر ها انرژی فعال سازی واکنش رفت و برگشت را به یک اندازه و نه یک نسبت کاهش می دهند. ۱ ۲ ۳ ۴

۱۹۹ کاتالیز گر ها میزان نهایی فرآورده ها را تغییر نمی دهند. ۱ ۲ ۳ ۴

۲۰۰ واکنش  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  در دمای اتاق انجام ناپذیر است؛ اما در حضور کاتالیز گر یا جرقه با ۱ ۲ ۳ ۴



سرعت بالا و به صورت انفجاری انجام پذیر است.

۲۰۱) با افزایش دما سرعت اغلب واکنش‌ها چه گرماگیر و چه گرماده افزایش می‌یابد، اما بهترین گزینه برای واکنش‌هایی که محصولات حساس به دما دارند کاتالیزگر است.

۲۰۲)  $\Delta H$  واکنش در حضور کاتالیزگر تغییری نمی‌کند.  $\Delta H_1 = \Delta H_2$  کاتالیزی که انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را کاهش می‌دهد،  $E'_{a_1} > E'_{a_2}$  و  $E_{a_1} > E_{a_2}$  خواهد بود.

$$E_{a_1} - E'_{a_1} = \Delta H = E_{a_2} - E'_{a_2}$$

۲۰۳)  $Zn$  و  $Pt$  کاتالیزگرهای مناسب این واکنش‌اند.

جرقه انرژی فعال‌سازی این واکنش را تأمین می‌کند.

۲۰۴) بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱):  $\Delta H$  این واکنش  $-181 \text{ KJ}$  و گرمازا است.

گزینه (۲): انرژی فعال‌سازی این واکنش  $381 \text{ KJ}$  است.

گزینه (۳): فرآورده‌ها سطح انرژی کمتری دارند و پایدارترند.

۲۰۵) ۱ ۲ ۳ ۴

استفاده از کاتالیزگر سبب } افزایش سرعت  
کاهش زمان انجام واکنش  
مسیر انجام واکنش را عوض می‌کند.  
استفاده از کاتالیزگر بر موارد زیر بی‌اثر است.

۱.  $\Delta H$

۲. سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها

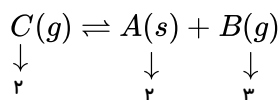
۳. پایداری واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها

۴. انجام پذیر بودن یا نبودن واکنش

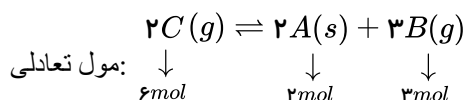
۲۰۶) یکای  $K$  از رابطه  $(\frac{\text{mol}}{L})^{(c+d)-(a+b)}$  به دست می‌آید و  $d$  و  $c$  ضرایب فرآورده‌ها و  $a$  و  $b$  ضرایب واکنش‌دهنده‌ها است. مواد جامد در رابطه ثابت تعادل نوشته نمی‌شود.

$$(\frac{\text{mol}}{L})^{x-5=-2} \rightarrow x = 3$$

۲۰۷) ابتدا معادله واکنش را به دست می‌آوریم:



برای به دست آوردن ضرایب کافی است در یک بازه زمانی مشخص دلتا بگیرید.



$$K = \frac{[B]^3}{[C]^2} = \frac{(\frac{3}{0.25})^3}{(\frac{6}{0.25})^2} = 3$$



۲۰۸ ۱ ۲ ۳ ۴ تغییر حجم «یا فشار» بر تعادل بی‌اثر است؛ زیرا تعداد مول‌های گازی دو طرف برابر است.

غلظت مواد جامد «s» و مایع خالص «l» برابر است و تغییر آن تعادل را جابه‌جا نمی‌کند.

کاهش غلظت  $CO_2$  و افزایش  $CO$  باعث جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش رفت و تولید بیشتر  $CO_2$  می‌شود.

۲۰۹ ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به نمودار ابتدا میزان غلظت  $[H_2]$  افزایش یافته است و سپس واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده است.

۲۱۰ ۱ ۲ ۳ ۴  $K$  ابتدا کاهش یافته  $\leftarrow$  واکنش دهنده اضافه شده و سپس به مقدار اولیه خود بازگشته است.

گزینه ۱ و ۲ نادرست است، زیرا اگر دما تغییر می‌کرد؛ ثابت تعادل نیز تغییر می‌کرد.

۲۱۱ ۱ ۲ ۳ ۴ با افزایش حجم سامانه تعادلی «کاهش فشار»، تعادل به سمت مول‌های گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود و غلظت همه

مواد موجود در واکنش کاهش می‌یابد.

✓ غلظت مواد جامد و مایع خالص در کل ثابت است.

۲۱۲ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

عبارت اول درست است، کاهش حجم در این سامانه تعادلی باعث افزایش غلظت واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها می‌شود؛ اما چون تعداد مول‌های گازی سمت واکنش دهنده‌ها بیش‌تر است، میزان افزایش آن بیشتر است.

• عبارت دوم نادرست است، اگر  $CaCO_3$  در تعادل موجود نباشد، واکنش انجام نمی‌شود!

• عبارت سوم درست است، دما سرعت همه واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهد. اما اثر آن بر تعادل بستگی به گرماده و گرماگیر بودن دارد.

• عبارت چهارم درست است.

۲۱۳ ۱ ۲ ۳ ۴ با افزایش دما مقدار  $K$  کاهش می‌یابد «فرآیند هابر گرماده است»

با افزایش فشار تعادل  $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$  به سمت رفت جابه‌جا می‌شود و درصد مولی آمونیاک افزایش می‌یابد.

۲۱۴ ۱ ۲ ۳ ۴ این واکنش در دمای اتاق و حضور کاتالیزگر و جرقه انجام نمی‌شود؛ زیرا انرژی فعال‌سازی بزرگی دارد.

نقطه جوش آمونیاک از دو گاز دیگر بالاتر است.

استفاده از آهن به عنوان کاتالیزگر سرعت واکنش را افزایش می‌دهد؛ اما تأثیری بر میزان نهایی فرآورده‌ها ندارد.

۲۱۵ ۱ ۲ ۳ ۴ در شرایط بهینه تعادلی مقدار آمونیاک ۲۸ درصد مولی است.

$$28 = \frac{x}{57.2 + x} \times 100 \rightarrow x = 2$$

۲۱۶ ۱ ۲ ۳ ۴ فرآیند گرماده است، با افزایش دما تعادل به سمت برگشت جابه‌جا می‌شود، درصد مولی آمونیاک و ثابت تعادل

$K$  کاهش می‌یابد.

نقطه جوش نیتروژن  $-196^\circ C$  و هیدروژن  $-253^\circ C$  است؛ پس نیازی به گرمکن نیست!

افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شود، در این فرآیند هرچند با افزایش دما درصد مولی آمونیاک کاهش می‌یابد؛ اما به خاطر افزایش سرعت نادیده گرفته می‌شود.

۲۱۷ ۱ ۲ ۳ ۴ الف) نادرست. مس در طبیعت به صورت سنگ معدن آن وجود دارد و برای خالص‌سازی آن نیاز به فناوری است؛

در نتیجه ماده خام نیست.

د) نادرست. خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است.

۲۱۸ ۱ ۲ ۳ ۴ گزینه ۲) پلی‌اتن جزء مواد اولیه مهم و پرکاربرد است که از نفت خام به دست آمده است.

ب و د یکسان است: انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی

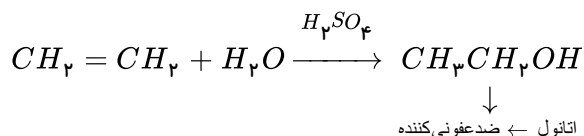
۲۱۹ ۱ ۲ ۳ ۴ گزینه‌های ۱ و ۳ و ۴ هر سه برای حذف آلاینده‌ها در مبدل کاتالیستی انجام می‌شوند. اما گزینه ۲ روشی برای

حذف  $SO_2$  در صفت است.





۲۲۰ ۱ ۲ ۳ ۴



۲۲۱ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

- (الف) درست- این واکنش " $2NO \rightarrow N_2 + O_2$ " در دمای اتاق انجام نمی شود و تنها در حضور کاتالیز گر انجام می شود.  
(ب) درست- واکنش " $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ " هم در دمای اتاق انجام پذیر نیست و فقط در دماهای بالا یا صاعقه انجام می شود.  
(پ) درست- واکنش روش مناسبی برای حذف  $NO$  خروجی از آگزوز خودروها است.  
(ت) نادرست-  $\Delta H = -181 KJ$  است و این واکنش گرماده است نه گرماگیر.

۲۲۲ ۱ ۲ ۳ ۴ مجموع اعداد اکسایش اتم های کربن در اتیلن گلیکول  $C_2H_6O_2$

$$C_2 + 6(+1) + 2(-2) = 0 \rightarrow C_2 = -2$$

بررسی گزینه ها:

$$C_2H_6 \rightarrow C_2 = -6 : ۱$$

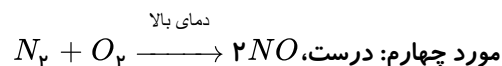
$$C_2H_2 \rightarrow C_2 + 2(+1) = 0 \Rightarrow C_2 = -2 : ۲$$

$$C_2H_4 \rightarrow C_2 + 4(+1) = 0 \Rightarrow C_2 = -4 : ۳$$

$$C_{10}H_8 \rightarrow C_{10} + 8(+1) = 0 \Rightarrow C_{10} = -8 : ۴$$

۲۲۳ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

- مورد اول: نادرست،  $\vec{N} = \vec{O}$  ← در ساختار الکترون نقطه ای آن ۴ الکترون پیوندی و ۷ الکترون ناپیوندی مشاهده می شود.  
مورد دوم: نادرست، واکنش انجام شده در مبدل های کاتالیستی برای حذف  $NO$  به صورت  $2NO(s) \rightarrow N_2(s) + O_2(s)$  است.



۲۲۴ ۱ ۲ ۳ ۴ مبدل های کاتالیستی متشکل از هر سه نوع فلز  $Rh$  و  $Pt, Pd$  اند.

۲۲۵ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

- (الف) نادرست ← توده های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر در سطح سرامیک های مبدل کاتالیستی قرار دارد.  
(ب) درست ← استفاده از دانه های ریز سرامیکی حاوی کاتالیز گر سبب افزایش سطح تماس و سرعت می شود.  
(ج) نادرست ← مبدل های کاتالیستی برای مدت طولانی کار می کنند؛ اما پس از مدتی کارایی آن ها کاهش می یابد و دیگر قابل استفاده نیستند.  
(د) درست ← مبدل های کاتالیستی در دماهای معینی کارایی مناسبی دارند و با کاهش دما سرعت انجام واکنش های مورد نظر نیز کاهش می یابد.

۲۲۶ ۱ ۲ ۳ ۴ گزینه ۲ صحیح نمی باشد. کاتالیز گر ها در همه دماها کارایی یکسانی ندارند. به طور مثال کاتالیز گر ها در خودروها

در مبدل های کاتالیستی کارایی کمتری دارند.

۲۲۷ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه ها:

گزینه ۱) درست، سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتر است و ناپایدارتر.

گزینه ۲) درست

گزینه ۳) درست، این واکنش در حضور کاتالیز گر انجام می شود.

گزینه ۴) نادرست، در هر دو مبدل های کاتالیستی، بنزینی و دیزلی این واکنش انجام می شود.

۲۲۸ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:



الف) درست، شکل (۱) مبدل خودروهای بنزینی و شکل (۲) مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی است.

ب) نادرست، در مبدل‌های دیزلی  $NH_3$  اضافه می‌شود نه بنزینی.

ج) نادرست، برای حذف آلاینده  $NO$  در خودروهای بنزینی از واکنش  $2NO \rightarrow N_2 + O_2$  و در خودروهای دیزلی از واکنش  $NO + NO_2 + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$  استفاده می‌شود، در نتیجه  $O_2$  فقط از خودروهای بنزینی دارای مبدل کاتالیستی خارج می‌شود.

د) نادرست،  $CxHy$  در خودروهای دیزلی هم وارد می‌شود.

۲۲۹) ۱ ۲ ۳ ۴ گزینه ۲ نادرست است. ورودی این مبدل  $CxHy(a), CO(b), NO(c)$  است و خروجی آن  $H_2O(d), N_2(e), CO_2(f)$  است، اما این‌ها تنها خروجی‌ها نیستند. چون مبدل‌های کاتالیستی بازده صد در صدی ندارد و نمی‌توانند همه آلاینده‌ها را حذف کنند و مقداری از آن‌ها نیز وارد هوا کره می‌شود.

در این مبدل‌ها توده‌های فلزی با قطری ۲ تا ۱۰ نانومتر روی دانه‌های ریز مکعب قرار دارند.

۲۳۰) ۱ ۲ ۳ ۴  $CO: 5,38g = 5,61 - 5,99 \leftarrow$  مبدل مانع از خروج  $5,38g$  گرم  $CO$  به هوا کره می‌شود.

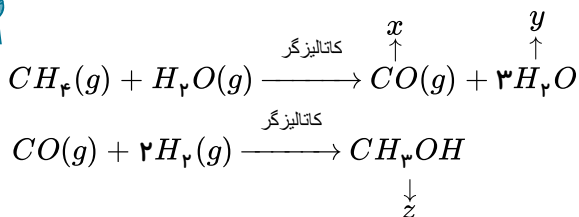
$CxHg: 1,6g = 1,07 - 1,67$  مبدل مانع از خروج  $1,6g$   $CxHy$  به هوا کره می‌شود.

$NO$  برای  $1g = 1,04 - 1,04$  مبدل مانع از خروج  $1g$   $NO$  به هوا کره می‌شود.

در مجموع مبدل مانع از خروج  $7,98g$  گرم آلاینده به ازای هر کیلومتر می‌شود.

$$7,98 \times 1000 = 7980g \rightarrow 7,98Kg$$

۲۳۱) ۱ ۲ ۳ ۴

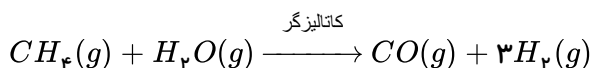


۲۳۲) ۱ ۲ ۳ ۴ محصول این واکنش متانول است و دارای گروه عاملی هیدروکسیل است. ( $CH_3OH$ )

مواد واکنش‌دهنده در دسترس نیستند و آن‌ها را از واکنش گاز متان و بخار آب تهیه می‌کنند. متانول ساده‌ترین خانواده الکل‌ها است و از واکنش آن با  $PET$  در صنعت بازیافت استفاده می‌شود.

۲۳۳) ۱ ۲ ۳ ۴ گاز اصلی سازنده گاز طبیعی، متان ( $CH_4$ ) است.

در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود، ترکیب آلی سیرشده است و واکنش پذیری اندکی دارد و قیمت آن ارزان است. گزینه ۴:

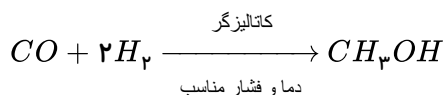
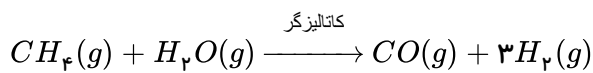


۲۳۴) ۱ ۲ ۳ ۴ برای نوشتن عبارت ثابت تعادل کافی است غلظت موارد گازی یا محلول فرآورده‌ها را در صورت کسر بنویسیم «به توان ضریب» و غلظت واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول را نیز در مخرج کسر بنویسیم «به توان ضریب».

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

۲۳۵) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه ۳:





واکنش اکسایش اتن در حضور  $KMnO_4$  رقیق انجام می‌شود و واکنش اکسایش ترفتالیک اسید در حضور  $KMnO_4$  غلیظ. (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۳۶)

همه موارد جز مورد اول صحیح می‌باشند. (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۳۷)

پلی استرها در حضور آب به مونومرهای سازنده خود تبدیل می‌شوند؛ اما به کندی.

متانول ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها، مایعی بی‌رنگ و بسیار سمی است و می‌توان آن را از چوب تهیه کرد «الکل چوب نه میوه» غیر الکترولیت است و به هر نسبتی در آب حل می‌شود. (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۳۸)

با توجه به رابطه ثابت تعادل این واکنش (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۳۹)

$$K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]}$$

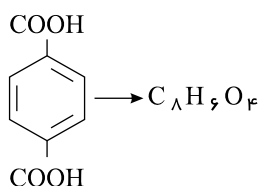
ثابت تعادل این واکنش واحد ندارد.

راه دوم:

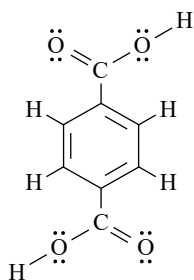
$$\left(\frac{mol}{L}\right)^{2-2} = \left(\frac{mol}{L}\right)^0 = 1$$

مورد اول درست است. (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۴۰)

مورد دوم درست است:



در ساختار آن ۲۳ پیوند کووالانسی و ۱۶ الکترون ناپیوندی وجود دارد:



عبارت سوم نادرست است:

$$C_8H_6O_4 \rightarrow C_8 + 6(+1) + 4(-2) = 0 \Rightarrow C_8 = +2$$

عبارت چهارم درست است.

بررسی موارد: (۱) (۲) (۳) (۴) (۲۴۱)

عبارت اول نادرست است.  $C_8H_{10}$  فرمول مولکولی آن است  $\leftarrow C_8H_{10}$  نفتالن است.

عبارت دوم نادرست است. می‌توان آن را به طور مستقیم از نفت به دست آورد.

عبارت سوم صحیح است.

$$C_8H_{10} \rightarrow C_8 + 10(+1) = 0 \Rightarrow C_8 = -10$$

عبارت چهارم صحیح است.



۲۴۲ ۱ ۲ ۳ ۴

بررسی گزینه‌ها:

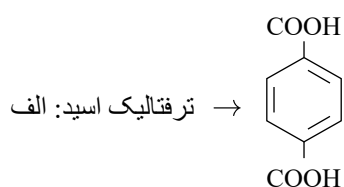
گزینه ۱:  $K = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]} \xrightarrow{\text{واحد}} \frac{mol}{L} \rightarrow mol \cdot L^{-1}$

گزینه ۲:  $K = \frac{[NH_3]}{[N_2][H_2]^3} \xrightarrow{\text{واحد}} \frac{L^2}{mol^2} \rightarrow mol^{-2} \cdot L^2$

گزینه ۳:  $K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \xrightarrow{\text{واحد}} \frac{L}{mol} \rightarrow mol^{-1} \cdot L$

گزینه ۴:  $K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} \xrightarrow{\text{واحد}} \text{ندارد}$

۲۴۳ ۱ ۲ ۳ ۴

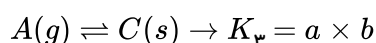
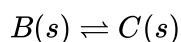
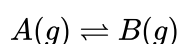


پلی اتیلن ترفتالات «پت» PET

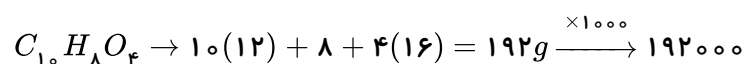
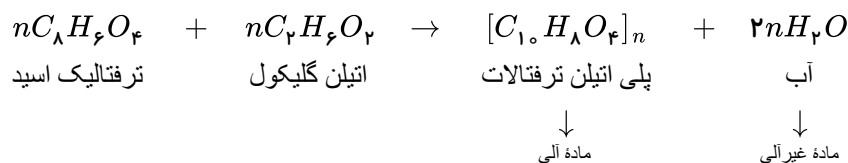
۲۴۴ ۱ ۲ ۳ ۴ پارازیلن «گزینه ۱»، اتن «گزینه ۲» و بنزن «گزینه ۳» را می‌توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد؛ اما

ترفتالیک اسید «گزینه ۱» را نمی‌توان به طور مستقیم از نفت خام تهیه کرد.

۲۴۵ ۱ ۲ ۳ ۴ واکنش سوم از جمع واکنش اول به دست آمده است.



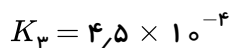
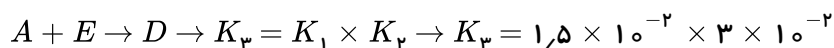
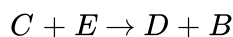
۲۴۶ ۱ ۲ ۳ ۴ واکنش تولید پلی اتیلن ترفتلات را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:



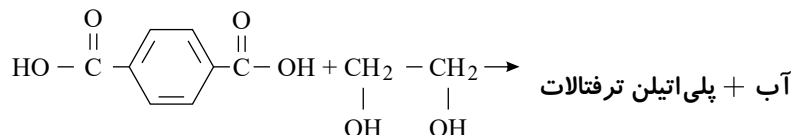
$$\frac{36000}{192000 + 36000} \times 100 = 15,8\%$$

۲۴۷ ۱ ۲ ۳ ۴ واکنش سوم از جمع دو واکنش اول به دست می‌آید:





۱ ۲ ۳ ۴ ۲۴۸



۱ ۲ ۳ ۴ ۲۴۹ بررسی موارد:

مورد اول نادرست است. بطری آب از پلی اتیلن ترفتلات «PET» به همراه برخی افزودنی ها ساخته می شود.

مورد دوم درست است. از واکنش اتیلن گلیکول « $C_2H_6O_2$ » و ترفتالیک اسید در شرایط مناسب می توان پلی اتیلن ترفتلات را سنتز کرد.

مورد سوم نادرست است. پلی اتیلن ترفتلات پلیمری از خانواده پلی استرها است.

مورد چهارم نادرست است. اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارد و نمی توان آن ها را به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد.

۱ ۲ ۳ ۴ ۲۵۰ معادله ۲ عکس معادله ۱ است  $K_2 = \frac{1}{K_1}$

ضرایب معادله سوم، نصف معادله اول است  $K_3 = K_1^{\frac{1}{2}}$

۱ ۲ ۳ ۴ ۲۵۱ بررسی موارد:

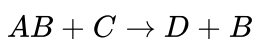
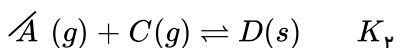
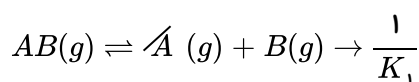
مورد اول درست است. محصول واکنش پلی اتن «پلی اتیلن» است که سازنده اصلی برخی پلاستیک ها است.

مورد دوم نادرست است. حالت فیزیکی محصول این واکنش جامد است.

مورد سوم درست است.

مورد چهارم درست است. جرم مونومر  $28 = 2(12) + 4$  ← جرم پلیمر  $28n$ .

۱ ۲ ۳ ۴ ۲۵۲ کافی است واکنش اول را معکوس، و با واکنش دوم جمع کنیم تا به واکنش سوم برسیم:



حال از رابطه زیر  $K_3$  را حساب می کنیم:

$$K_3 = \frac{1}{K_1} \times K_2 = \frac{1}{4 \times 10^2} \times 8 \times 10^6 = 2 \times 10^4$$

۱ ۲ ۳ ۴ ۲۵۳ الکل ها را می توان در شرایط مناسب «اکسایش» به آلدهیدها یا کتون ها تبدیل کرد ← مورد الف و ب انجام پذیر

است.

با اکسایش الکل ها در شرایط مناسب می توان کربوکسیدلیک اسیدها را نیز سنتز کرد، (ج) انجام پذیر است.

(د) گاز اتن در حضور آب به الکل تبدیل می شود. (د) انجام پذیر است.





$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0,02)^2}{(0,5)^3 \times 0,4} = 0,008 \frac{L^2}{mol^2} \quad (1) (2) (3) (4) \quad (254)$$

$$K = [CO_2] \rightarrow \frac{0,1 mol}{2L} = 0,05 \frac{mol}{L} \quad (1) (2) (3) (4) \quad (255)$$

↓  
حجم ظرف

ترکیبات زیر را می توان از واکنش مستقیم اتن به دست آورد: (1) (2) (3) (4) (256)

(۱) اتان (۲) کلرواتان (۳) پلی اتن (۴) اتانول

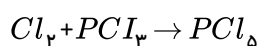
برای محاسبه ثابت تعادل این واکنش کافی است غلظت  $CO_2$  تولید شده را به دست آوریم. (1) (2) (3) (4) (257)

$$100gCaCO_3 \times \frac{20}{100} = 20gCaCO_3 \text{ تجزیه شده}$$

$$20gCaCO_3 \times \frac{1molCaCO_3}{100gCaCO_3} \times \frac{1molCO_2}{1molCaCO_3} = 0,2molCO_2$$

$$\frac{0,2molCO_2}{4L \text{ حجم ظرف}} = 0,05 \frac{mol}{L} \rightarrow K = [CO_2] = 0,05 \frac{mol}{L}$$

(1) (2) (3) (4) (258)



۰	۰	۱	مقدار اولیه
+x	+x	-x	تغییرات
x	x	۱ - x	مقادیر تعادلی

$$[PCl_5] = \frac{0,3}{10}$$

$$1 - x = 0,3 \rightarrow x = 0,7mol \rightarrow [PCl_3] = \frac{0,7}{10}$$

$$[Cl_2] = \frac{0,7}{10}$$

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0,07 \times 0,07}{0,03} = 1,63 \times 10^{-2} \frac{mol}{L}$$

(1) (2) (3) (4) (259)

$$[H_2] = [I_2] = 0,25[HI]$$

$$K = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{0,25[HI] \times 0,25[HI]}{[HI]^2} = 6,25 \times 10^{-2}$$



۲۶۰ ثابت تعادل  $K = [CO_2] <$  ۱ ۲ ۳ ۴

$$0.22g CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{44g CO_2} = 0.005 mol \xrightarrow{\div 10} 5 \times 10^{-4} \frac{mol}{L}$$

$$K = 5 \times 10^{-4} \frac{mol}{L}$$

۲۶۱ با کاهش حجم ظرف غلظت همهٔ مواد شرکت‌کننده در واکنش افزایش می‌یابد. «مورد سوم صحیح و مورد اول

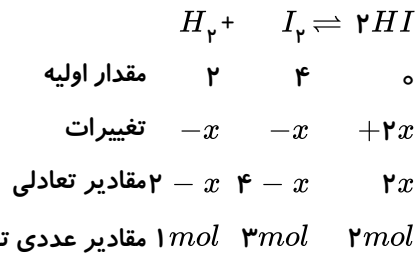
نادرست» تعادل به سمت مول‌گازی کمتر جابه‌جا می‌شود؛ اما ثابت تعادل تغییری نمی‌کند. «مورد دوم نادرست»

با جابه‌جایی تعادل به سمت رفت، مقادیر «مول»  $SO_3$  و  $O_2$  و  $SO_2$  ↓

۲۶۲ گزینهٔ ۴: تنها عاملی که باعث تغییر ثابت تعادل می‌شود، دما است.

با افزایش دما ثابت تعادل افزایش می‌یابد. زیرا تعادل گرماگیر است و تعادل به سمت رفت جابه‌جا می‌شود.

۲۶۳ ۱ ۲ ۳ ۴



حجم ظرف فراموش نشود!

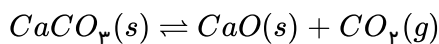
$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{\left(\frac{1}{3}\right) \times \frac{2}{3}} = \frac{4}{3}$$

$$48g O_2 \times \frac{1 mol O_2}{32g O_2} = 1.5 mol O_2 \xrightarrow{\div 0.5L} 3 \frac{mol}{L}$$

۲۶۴ ۱ ۲ ۳ ۴

$$[SO_2] = [SO_3] \quad K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{[\cancel{SO_3}]^2}{[\cancel{SO_3}]^2 [O_2]} = \frac{1}{[O_2]} = \frac{1}{3}$$

۲۶۵ ۱ ۲ ۳ ۴



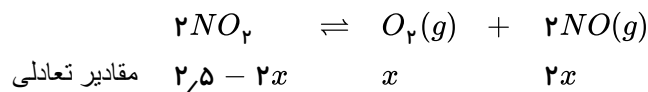
مربوط به گاز  $CO_2$  است.  $22 = 78 - 100$  گرم

$$22g CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{44g CO_2} = 0.5 mol CO_2 \xrightarrow{\div 2} 0.25 \frac{mol}{L} CO_2$$

$$K = [CO_2] = 0.25 \frac{mol}{L}$$



$$115gNO_2 \times \frac{1molNO_2}{46gNO_2} = 2.5molNO_2 \quad \text{مقدار اولیه} \quad \text{۱} \quad \text{۲} \quad \text{۳} \quad \text{۴} \quad \text{۲۶۶}$$



$$32gO_2 \times \frac{1molO_2}{32gO_2} = 1molO_2 \rightarrow x = 1$$

$$O_2 \rightarrow 1molO_2 \div 1 = 1 \frac{mol}{L} O_2$$

$$NO \rightarrow 2molNO \rightarrow 2 \frac{mol}{L} NO$$

$$NO_2 \rightarrow 2.5 - 2 = 0.5molNO_2 \rightarrow 0.5 \frac{mol}{L} NO_2$$

$$K = \frac{[O_2][NO]^2}{[NO_2]^2}$$

$$K = \frac{1 \times (2)^2}{(0.5)^2} = 16$$

مقدار نظری با فرض کامل بودن واکنش به دست می‌آید. ۱ ۲ ۳ ۴ ۲۶۷

$$2molNO \times \frac{2molNO_2}{2molNO} = 2molNO_2$$

مقدار عملی

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار نظری}}{\text{مقدار عملی}} \times 100$$

$$50 = \frac{\text{مقدار عملی}}{2} \times 100 \rightarrow \text{مقدار عملی} = 1 \rightarrow \text{همان مقدار تعادلی است}$$

$$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$$

مقادیر تعادلی  $2 - 2x$   $2 - x$   $2x$

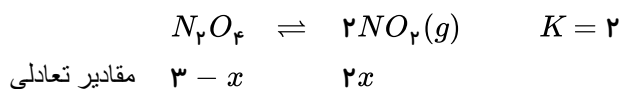
$$K = \frac{[NO_2]^2}{[O_2][NO]^2} \Rightarrow \frac{(4)^2}{6 \times (4)^2} = \frac{1}{6}$$

$\rightarrow 2x = 1 \rightarrow x = 0.5mol$

مقادیر عددی  $1mol$   $1.5mol$   $1mol \downarrow \div 2.5L$  حجم ظرف

$4 \frac{mol}{L}$   $6 \frac{mol}{L}$   $4 \frac{mol}{L}$

۱ ۲ ۳ ۴ ۲۶۸



$$\frac{(2x)^2}{3 - x} = 2 \rightarrow x \begin{cases} 1 \rightarrow \text{قابل قبول} \\ -\frac{3}{2} \rightarrow \text{مقادیر منفی قابل قبول نیست} \end{cases}$$

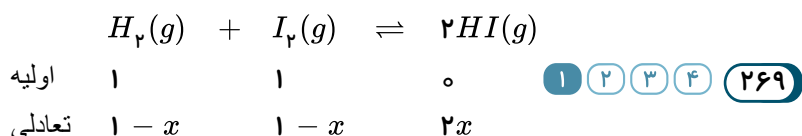


همان مقدار عملی است  $\rightarrow 2 \frac{mol}{L} \rightarrow NO_2$  مقدار تعادلی

مقدار نظری را با فرض کامل بودن به دست می آوریم.

$$3 mol N_2O_4 \times \frac{2 mol NO_2}{1 mol N_2O_4} = 6 mol NO_2 \rightarrow \text{نظری}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \rightarrow \frac{2}{6} \times 100 = 33,3$$



$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \rightarrow 16 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \rightarrow 4 = \frac{2x}{1-x} \rightarrow x = \frac{2}{3}$$

$$[HI] = \frac{4}{3}$$

$$[I_2] = \frac{1}{3}$$

$$[H_2] = \frac{1}{3}$$

$$(۱) (۲) (۳) (۴) (۲۷۰)$$

$$K = [Ag^+][Cl^-] = 10^{-10} = [Ag^+]^2 \rightarrow [Ag^+] = 10^{-5} \frac{mol}{L}$$

$$10^{-5} \frac{mol}{L} \times 10L = 10^{-4} mol Ag^+ \rightarrow 10^{-4} mol Cl^-$$

به همین میزان  $Cl^-$  داریم

$$10^{-4} + 10^{-4} = 2 \times 10^{-4} mol$$

(۱) (۲) (۳) (۴) (۲۷۱) بزرگ بودن ثابت تعادل به معنی پیشرفت خوب واکنش است، از روی ثابت تعادل نمی توان راجع به سرعت قضاوت کرد.

(۱) (۲) (۳) (۴) (۲۷۲) واکنش گرماده است < با افزایش دما < تعادل به سمت برگشت جابه جا می شود < مقدار  $K$  کاهش، ذرات  $NO_2$  کاهش و حجم ظرف افزایش می یابد.

(۱) (۲) (۳) (۴) (۲۷۳) واکنش گرماده < دما افزایش < تعادل به سمت رفت جابه جا می شود:

(۱) مقدار  $N_2O_4$  افزایش

(۲)  $K$  افزایش

(۳) مقدار  $NO_2$  کاهش

(۴) تعداد ذرات گازی کاهش

(۵)  $NO_2$  قهوه ای رنگ مصرف می شود < رنگ مخلوط کاهش





۲۷۴) ۱ ۲ ۳ ۴ دما افزایش < از آنجایی که با افزایش دما تعادل به سمت رفت جابه‌جا شده است، این واکنش گرماگیر است؛ بنابراین واکنش‌دهنده‌ها پایدارتر از فرآورده‌ها هستند.

۲۷۵) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

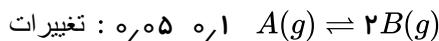
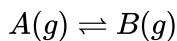
مورد (الف) درست است، افزایش دما سرعت کلیه واکنش‌ها را افزایش می‌دهد، گرماگیر یا گرماده.  
مورد (ب) نادرست.

مورد (ج) نادرست، افزایش دما،  $K$  واکنش‌های گرماگیر را افزایش می‌دهد.

مورد (د) نادرست، افزایش دما،  $K$  واکنش‌های گرماده را کاهش می‌دهد.

۲۷۶) ۱ ۲ ۳ ۴ با افزایش دما  $[A]$  افزایش یافته و  $[B]$  کاهش یافته است < واکنش گرماده است.

حال با مقایسه غلظت‌ها، مثلاً بین دو دمای  $30^\circ$  و  $40^\circ$  واکنش را به دست می‌آوریم.



تغییرات:  $0.5$  و  $1$  : تغییرات

۲۷۷) ۱ ۲ ۳ ۴ افزایش مواد جامد و مایع خالص تعادل را جابه‌جا نمی‌کنند < مورد اول و چهارم نادرست است.

خارج کردن  $A$  از ظرف واکنش سبب جابه‌جایی تعادل به سمت برگشت می‌شود < مورد (ج) نادرست

خارج کردن  $C$  موجب جابه‌جایی تعادل به سمت رفت می‌شود < (ب) درست است.

۲۷۸) ۱ ۲ ۳ ۴ کاهش غلظت < تعادل به سمت تولید و افزایش آن پیش می‌رود تا دوباره به تعادل جدید برسد.

افزایش غلظت < تعادل به سمت کاهش و مصرف ماده می‌رود تا به تعادلی جدید برسد.

۲۷۹) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

الف) نادرست، نیتروژن هوا برای گیاهان قابل جذب نیست و گیاهان نیتروژن مورد نیاز خود را به صورت ترکیبات نیتروژن دار مانند آمونیاک و اوره که به خاک اضافه می‌شوند؛ جذب می‌کنند.

ب) درست

ج) نادرست، آمونیاک مایع را به خاک تزریق می‌کنند، نه جامد.

د) نادرست، واکنش  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  حتی در حضور کاتالیزگر و جرقه هم انجام نمی‌شود.

۲۸۰) ۱ ۲ ۳ ۴ با افزایش دما مقدار  $K$  افزایش می‌یابد < واکنش گرماگیر است.

بزرگترین  $K$  در دمای  $435^\circ$  درجه است و این بدین معناست که در این دما پیشرفت بیش تری داشته است.

۲۸۱) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

مورد آ) درست.

مورد ب) درست.

مورد پ) نادرست. کاتالیزورها تأثیری بر سطح انرژی مواد شرکت کننده در واکنش و پایداری آنها ندارد.

مورد ت) نادرست. تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها، آنتالپی واکنش نامیده می‌شود که کاتالیزگری تأثیری بر آن ندارد.

مورد ث) نادرست. کاتالیزورها تأثیری بر استوکیومتری واکنش‌ها ندارد.

۲۸۲) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱) نادرست. انرژی فعال سازی واکنش  $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$  برابر  $334$  کیلوژول بر مول است.

گزینه ۲) نادرست. آنتالپی واکنش  $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$  برابر  $-566$  کیلوژول است.

گزینه ۳) نادرست. برای تبدیل دو مول گاز  $CO_2$  به گازهای  $CO$ ،  $O_2$ ،  $566$  کیلوژول انرژی لازم است.

گزینه ۴) درست. آنتالپی پیوند از انرژی فعال سازی واکنش بزرگ تر است.

۲۸۳) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱) درست.







گزینه ۲) درست.

گزینه ۳) درست.

گزینه ۴) نادرست. واکنش  $I$  از انرژی فعال سازی بیشتری برخوردار است.

۲۸۴) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

مورد آ) درست.

مورد ب) درست. در واکنش های گرماگیر به دلیل سطح انرژی بیشتر فرآورده ها نسبت به واکنش دهنده ها، از فعالیت شیمیایی بیشتری برخوردار هستند.

مورد پ) درست.

مورد ت) نادرست. واکنش های گرماده نسبت به واکنش های گرماگیر می تواند سریع تر یا آهسته تر انجام شود. معیار سنجش و مقایسه سرعت واکنش ها انرژی فعال سازی واکنش هاست و ارتباطی به آنتالپی واکنش ندارد.

۲۸۵) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه ها:

گزینه ۱) نادرست. سرعت واکنش (۲) در شرایط یکسان از سرعت واکنش (۱) بیشتر است.

گزینه ۲) نادرست. فرآورده های واکنش (۱) به دلیل سطح انرژی بالاتر نسبت به فرآورده های واکنش (۲) ناپایدارترند.

گزینه ۳) درست.

گزینه ۴) نادرست. به دلیل منفی بودن آنتالپی واکنش (۲) امکان برابری با آنتالپی واکنش (۱) وجود ندارد.

۲۸۶) ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه ها:

گزینه ۱) نادرست. آزمایش (۱)  $a \leftarrow$

گزینه ۲) نادرست. آزمایش (۲)  $a \leftarrow$

گزینه ۳) درست. آزمایش (۳)  $b \leftarrow$

گزینه ۴) نادرست. آزمایش (۴)  $c \leftarrow$

۲۸۷) ۱ ۲ ۳ ۴ در واکنش ها همواره باید مقدار  $E_a - \Delta H$  مقداری مثبت باشد.

بررسی گزینه ها:

واکنش (۱):  $E_a - \Delta H = 73 - (-51) > 0$

واکنش (۲):  $E_a - \Delta H = 39 - 59 < 0$

واکنش (۳):  $E_a - \Delta H = 43 - (-78) > 0$

واکنش (۴):  $E_a - \Delta H = 93 - 37 > 0$

۲۸۸) ۱ ۲ ۳ ۴

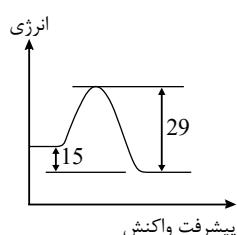
$\Delta H = -15 = \text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده} - \text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده}$

بررسی گزینه ها:

گزینه ۱) نادرست. انرژی فعال سازی واکنش برابر ۱۴ کیلوژول بر مول است.

گزینه ۲) نادرست. آنتالپی واکنش برابر ۱۵ - کیلوژول است.

گزینه ۳) درست. با توجه به نمودار فرآورده ها نسبت به واکنش دهنده ها پایدارترند.





گزینه ۴) نادرست. برای تشکیل دو مول  $ClO$  به ۱۵ کیلوژول انرژی نیاز است.

۲۸۹ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱) نادرست. تنوع گازهای ورودی به مبدل‌ها در خودروهای بنزینی ( $C_xH_y$ ,  $NO$ ,  $CO$ ) از تنوع گازهای ورودی در خودروهای دیزلی ( $NH_3$ ,  $NO_2$ ,  $C_xH_y$ ,  $NO$ ,  $CO$ ) کمتر است.

گزینه ۲) نادرست. تنوع گازهای خروجی از مبدل‌ها در خودروهای بنزینی ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ) از تنوع گازهای خروجی از مبدل‌ها در خودروهای دیزلی ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) بیشتر است.

گزینه ۳) درست.

گزینه ۴) نادرست. به دلیل تفاوت در نوع واکنش تبدیل اکسیدهای نیتروژن به گاز نیتروژن در هر دو نوع مبدل کاتالیزگر متفاوتی باید وجود داشته باشند.

۲۹۰ ۱ ۲ ۳ ۴ موارد (الف)، (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی سایر موارد:

مورد (ت): سرعت واکنش از گرماده یا گرماگیر بودن آن مستقل است.

مورد (ث): برخی از واکنش‌های صنعتی در دما و فشار بالا انجام می‌شوند، نه اغلب آن‌ها

۲۹۱ ۱ ۲ ۳ ۴ موارد (الف) و (پ) نادرست هستند.

بررسی موارد نادرست:

(الف) نماد فلز رودیم ( $Rh$ ) است نه ( $Ru$ ).

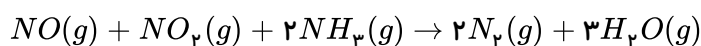
(پ) گاز آمونیاک در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی به کار می‌رود.

۲۹۲ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱) مبدل کاتالیستی گاز  $NO$  را به گازهای  $O_2$  و  $N_2$  تجزیه می‌کند.

گزینه ۲) هر کاتالیزگر به صورت انتخابی عمل می‌کند و نمی‌تواند سرعت همه واکنش‌ها را زیاد کند.

گزینه ۳)



گزینه ۴): فلزهایی که در مبدل کاتالیستی استفاده می‌شوند، عبارتند از:

رودیم ( $Rh$ ) - پلاتین ( $Pt$ ) - پالادیم ( $Pd$ )

۲۹۳ ۱ ۲ ۳ ۴ سرعت ۱ کمتر از ۲ است، زیرا انرژی فعال‌سازی ۱ بیشتر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱): نمودار ۱ نشان‌دهنده یک واکنش گرماگیر است؛ اما سوختن متان گرماده است.

گزینه ۲): با استفاده از کاتالیزگر  $\Delta H$  واکنش تغییر نمی‌کند.

گزینه ۳): گرمای مبادله شده به اندازه تفاوت سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها است که در نمودار ۲ بیشتر است.

۲۹۴ ۱ ۲ ۳ ۴ فقط مورد آخر صحیح است.

بررسی سایر موارد:

مورد «الف»: واکنش میان گازهای  $H_2$  و  $O_2$  در دمای  $25^\circ C$  در حضور پودر روی سریع انجام می‌شود؛ اما با ایجاد جرقه در مخلوط و یا در

حضور توری پلاتینی به شکل انفجاری انجام می‌شود.

مورد «ب»: مبدل کاتالیستی قطعهٔ سرامیکی است که به شکل توری به کار می‌رود و فلزهای پلاتین، پالادیم و رودیم روی آن نشانده می‌شود.

مورد «ج»: برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل مش‌های ریز در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند.



۲۹۵ ۱ ۲ ۳ ۴ فقط موارد پ و ت نادرست هستند.

بررسی موارد:

مورد آ) در واکنش آخر، تعادل به سمت چپ جابه جا خواهد شد.

مورد ب) به دلیل برابری تعداد مول گازی در دو طرف تعادل دوم، جابه جایی رخ نخواهد داد.

مورد پ) کاهش فشار بر مقدار عددی ثابت تعادل ( $K$ ) تأثیری ندارد.

مورد ت) در واکنش اول فقط یک طرف ماده گازی است؛ پس در اثر کاهش فشار تعادل در جهت رفت جابه جا می شود تا تعداد مول های گازی فرآورده ها زیاد شود؛ اما غلظت آن ها ثابت می ماند تا ثابت تعادل تغییر نکند.

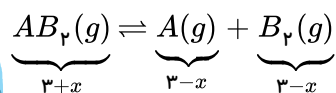
$$K = [NH_3][H_2S] \text{ (ثابت است)}$$

ث) با کاهش فشار، غلظت تمام مواد شرکت کننده کاهش پیدا کرده، ولی با توجه به جهت حرکت تعادل مقدار  $N_2F_4$  کم و  $NF_3$  زیاد می شود.

۲۹۶ ۱ ۲ ۳ ۴

با کاهش حجم ظرف به یک لیتر، غلظت ها سه برابر شده و تعادل در جهت برگشت پیش می رود، ولی  $K$  ثابت است.

$$K = \frac{[A][B_2]}{[AB_2]} = 1$$



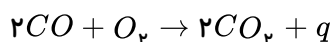
$$K = \frac{(3-x)(3-x)}{3+x} = 1 \Rightarrow 9 - 6x + x^2 = 3 + x$$

$$\Rightarrow x^2 - 7x + 6 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ x = 6 \end{cases} \text{ غ ق ق غ}$$

$$[B_2] = \frac{3-1}{1} = 2$$

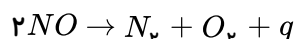
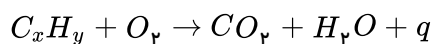
۲۹۷ ۱ ۲ ۳ ۴

بررسی موارد:



مورد الف) درست

وجود حداقل یک عنصر با عدد اکسایش صفر بیانگر اکسایش - کاهش بودن واکنش است.



مورد ب) نادرست. هیدروژن در هوا و در دمای اتاق نمی سوزد و اکسید اسیدی تولید نمی کند.

مورد پ) نادرست. کاتالیزگر تأثیری بر سطح انرژی مواد واکنش دهنده و فرآورده ندارد.

مورد ث) نادرست. در سطح سرامیک های درون مبدل کاتالیستی، توده های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارد.

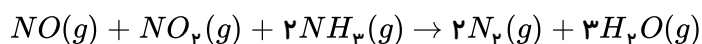
۲۹۸ ۱ ۲ ۳ ۴ بررسی موارد:

مورد الف) درست. انرژی فعال سازی زیاد سبب شده است که واکنش داده شده در دماهای پایین انجام نمی شود یا بسیار کند است.

مورد ب) نادرست. فلزهای  $Pt, Pd, Rh$  بر روی سرامیک ها نشانداده شده است.

مورد پ) درست.





$$0.34g NH_3 \times \frac{1 mol NH_3}{17g NH_3} \times \frac{5 mol \text{ گاز}}{2 mol NH_3} \times \frac{30 L \text{ گاز}}{1 mol \text{ گاز}} = 1.5 L \text{ گاز}$$

مورد ت) نادرست. شرایط بهینه و فرآیند هابر شامل فشار  $200 atm$  و دمای  $450^\circ C$ ، کاتالیزگر  $Fe$  است.

۲۹۹ ☒ ۱ ☐ ۲ ☐ ۳ ☐ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: درست. تغییر غلظت با ضرایب استوکیومتری متناسب است و به دلیل دوبرابر بودن ضریب  $NH_3$  نسبت به  $N_2$  تغییر غلظت  $NH_3$  نیز دوبرابر  $N_2$  است.

گزینه «۲»: درست.

گزینه «۳»: نادرست. افزودن  $H_2$  تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند؛ در حالی که افزایش حجم تعادل را به سمت تعداد مول بیشتر (جهت برگشت) جابه‌جا می‌کند.

گزینه «۴»: درست. ثابت تعادل فقط تابعی از دماست.

۳۰۰ ☒ ۱ ☐ ۲ ☐ ۳ ☐ ۴ بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: درست.

گزینه «۲»: درست. اضافه شدن اکسیژن به یک هیدروکربن سبب افزایش عدد اکسایش کربن می‌شود.

گزینه «۳»: درست.

گزینه «۴»: نادرست. متان جزء آلکان‌ها بوده و سیر شده است، واکنش‌پذیری خوبی ندارد.

# پاسخنامه کلیدی

۱	۱	۲	۳	۴
۲	۱	۲	۳	۴
۳	۱	۲	۳	۴
۴	۱	۲	۳	۴
۵	۱	۲	۳	۴
۶	۱	۲	۳	۴
۷	۱	۲	۳	۴
۸	۱	۲	۳	۴
۹	۱	۲	۳	۴
۱۰	۱	۲	۳	۴
۱۱	۱	۲	۳	۴
۱۲	۱	۲	۳	۴
۱۳	۱	۲	۳	۴
۱۴	۱	۲	۳	۴
۱۵	۱	۲	۳	۴
۱۶	۱	۲	۳	۴
۱۷	۱	۲	۳	۴
۱۸	۱	۲	۳	۴
۱۹	۱	۲	۳	۴
۲۰	۱	۲	۳	۴
۲۱	۱	۲	۳	۴
۲۲	۱	۲	۳	۴
۲۳	۱	۲	۳	۴
۲۴	۱	۲	۳	۴
۲۵	۱	۲	۳	۴
۲۶	۱	۲	۳	۴
۲۷	۱	۲	۳	۴
۲۸	۱	۲	۳	۴
۲۹	۱	۲	۳	۴
۳۰	۱	۲	۳	۴
۳۱	۱	۲	۳	۴
۳۲	۱	۲	۳	۴
۳۳	۱	۲	۳	۴
۳۴	۱	۲	۳	۴
۳۵	۱	۲	۳	۴

۳۶	۱	۲	۳	۴
۳۷	۱	۲	۳	۴
۳۸	۱	۲	۳	۴
۳۹	۱	۲	۳	۴
۴۰	۱	۲	۳	۴
۴۱	۱	۲	۳	۴
۴۲	۱	۲	۳	۴
۴۳	۱	۲	۳	۴
۴۴	۱	۲	۳	۴
۴۵	۱	۲	۳	۴
۴۶	۱	۲	۳	۴
۴۷	۱	۲	۳	۴
۴۸	۱	۲	۳	۴
۴۹	۱	۲	۳	۴
۵۰	۱	۲	۳	۴
۵۱	۱	۲	۳	۴
۵۲	۱	۲	۳	۴
۵۳	۱	۲	۳	۴
۵۴	۱	۲	۳	۴
۵۵	۱	۲	۳	۴
۵۶	۱	۲	۳	۴
۵۷	۱	۲	۳	۴
۵۸	۱	۲	۳	۴
۵۹	۱	۲	۳	۴
۶۰	۱	۲	۳	۴
۶۱	۱	۲	۳	۴
۶۲	۱	۲	۳	۴
۶۳	۱	۲	۳	۴
۶۴	۱	۲	۳	۴
۶۵	۱	۲	۳	۴
۶۶	۱	۲	۳	۴
۶۷	۱	۲	۳	۴
۶۸	۱	۲	۳	۴
۶۹	۱	۲	۳	۴
۷۰	۱	۲	۳	۴

۷۱	۱	۲	۳	۴
۷۲	۱	۲	۳	۴
۷۳	۱	۲	۳	۴
۷۴	۱	۲	۳	۴
۷۵	۱	۲	۳	۴
۷۶	۱	۲	۳	۴
۷۷	۱	۲	۳	۴
۷۸	۱	۲	۳	۴
۷۹	۱	۲	۳	۴
۸۰	۱	۲	۳	۴
۸۱	۱	۲	۳	۴
۸۲	۱	۲	۳	۴
۸۳	۱	۲	۳	۴
۸۴	۱	۲	۳	۴
۸۵	۱	۲	۳	۴
۸۶	۱	۲	۳	۴
۸۷	۱	۲	۳	۴
۸۸	۱	۲	۳	۴
۸۹	۱	۲	۳	۴
۹۰	۱	۲	۳	۴
۹۱	۱	۲	۳	۴
۹۲	۱	۲	۳	۴
۹۳	۱	۲	۳	۴
۹۴	۱	۲	۳	۴
۹۵	۱	۲	۳	۴
۹۶	۱	۲	۳	۴
۹۷	۱	۲	۳	۴
۹۸	۱	۲	۳	۴
۹۹	۱	۲	۳	۴
۱۰۰	۱	۲	۳	۴
۱۰۱	۱	۲	۳	۴
۱۰۲	۱	۲	۳	۴
۱۰۳	۱	۲	۳	۴
۱۰۴	۱	۲	۳	۴
۱۰۵	۱	۲	۳	۴

۱۰۶	۱	۲	۳	۴
۱۰۷	۱	۲	۳	۴
۱۰۸	۱	۲	۳	۴
۱۰۹	۱	۲	۳	۴
۱۱۰	۱	۲	۳	۴
۱۱۱	۱	۲	۳	۴
۱۱۲	۱	۲	۳	۴
۱۱۳	۱	۲	۳	۴
۱۱۴	۱	۲	۳	۴
۱۱۵	۱	۲	۳	۴
۱۱۶	۱	۲	۳	۴
۱۱۷	۱	۲	۳	۴
۱۱۸	۱	۲	۳	۴
۱۱۹	۱	۲	۳	۴
۱۲۰	۱	۲	۳	۴
۱۲۱	۱	۲	۳	۴
۱۲۲	۱	۲	۳	۴
۱۲۳	۱	۲	۳	۴
۱۲۴	۱	۲	۳	۴
۱۲۵	۱	۲	۳	۴
۱۲۶	۱	۲	۳	۴
۱۲۷	۱	۲	۳	۴
۱۲۸	۱	۲	۳	۴
۱۲۹	۱	۲	۳	۴
۱۳۰	۱	۲	۳	۴
۱۳۱	۱	۲	۳	۴
۱۳۲	۱	۲	۳	۴
۱۳۳	۱	۲	۳	۴
۱۳۴	۱	۲	۳	۴
۱۳۵	۱	۲	۳	۴
۱۳۶	۱	۲	۳	۴
۱۳۷	۱	۲	۳	۴
۱۳۸	۱	۲	۳	۴
۱۳۹	۱	۲	۳	۴
۱۴۰	۱	۲	۳	۴



۱۴۱	۱	۲	۳	۴
۱۴۲	۱	۲	۳	۴
۱۴۳	۱	۲	۳	۴
۱۴۴	۱	۲	۳	۴
۱۴۵	۱	۲	۳	۴
۱۴۶	۱	۲	۳	۴
۱۴۷	۱	۲	۳	۴
۱۴۸	۱	۲	۳	۴
۱۴۹	۱	۲	۳	۴
۱۵۰	۱	۲	۳	۴
۱۵۱	۱	۲	۳	۴
۱۵۲	۱	۲	۳	۴
۱۵۳	۱	۲	۳	۴
۱۵۴	۱	۲	۳	۴
۱۵۵	۱	۲	۳	۴
۱۵۶	۱	۲	۳	۴
۱۵۷	۱	۲	۳	۴
۱۵۸	۱	۲	۳	۴
۱۵۹	۱	۲	۳	۴
۱۶۰	۱	۲	۳	۴
۱۶۱	۱	۲	۳	۴
۱۶۲	۱	۲	۳	۴
۱۶۳	۱	۲	۳	۴
۱۶۴	۱	۲	۳	۴
۱۶۵	۱	۲	۳	۴
۱۶۶	۱	۲	۳	۴
۱۶۷	۱	۲	۳	۴
۱۶۸	۱	۲	۳	۴
۱۶۹	۱	۲	۳	۴
۱۷۰	۱	۲	۳	۴
۱۷۱	۱	۲	۳	۴
۱۷۲	۱	۲	۳	۴
۱۷۳	۱	۲	۳	۴
۱۷۴	۱	۲	۳	۴
۱۷۵	۱	۲	۳	۴

۱۷۶	۱	۲	۳	۴
۱۷۷	۱	۲	۳	۴
۱۷۸	۱	۲	۳	۴
۱۷۹	۱	۲	۳	۴
۱۸۰	۱	۲	۳	۴
۱۸۱	۱	۲	۳	۴
۱۸۲	۱	۲	۳	۴
۱۸۳	۱	۲	۳	۴
۱۸۴	۱	۲	۳	۴
۱۸۵	۱	۲	۳	۴
۱۸۶	۱	۲	۳	۴
۱۸۷	۱	۲	۳	۴
۱۸۸	۱	۲	۳	۴
۱۸۹	۱	۲	۳	۴
۱۹۰	۱	۲	۳	۴
۱۹۱	۱	۲	۳	۴
۱۹۲	۱	۲	۳	۴
۱۹۳	۱	۲	۳	۴
۱۹۴	۱	۲	۳	۴
۱۹۵	۱	۲	۳	۴
۱۹۶	۱	۲	۳	۴
۱۹۷	۱	۲	۳	۴
۱۹۸	۱	۲	۳	۴
۱۹۹	۱	۲	۳	۴
۲۰۰	۱	۲	۳	۴
۲۰۱	۱	۲	۳	۴
۲۰۲	۱	۲	۳	۴
۲۰۳	۱	۲	۳	۴
۲۰۴	۱	۲	۳	۴
۲۰۵	۱	۲	۳	۴
۲۰۶	۱	۲	۳	۴
۲۰۷	۱	۲	۳	۴
۲۰۸	۱	۲	۳	۴
۲۰۹	۱	۲	۳	۴
۲۱۰	۱	۲	۳	۴

۲۱۱	۱	۲	۳	۴
۲۱۲	۱	۲	۳	۴
۲۱۳	۱	۲	۳	۴
۲۱۴	۱	۲	۳	۴
۲۱۵	۱	۲	۳	۴
۲۱۶	۱	۲	۳	۴
۲۱۷	۱	۲	۳	۴
۲۱۸	۱	۲	۳	۴
۲۱۹	۱	۲	۳	۴
۲۲۰	۱	۲	۳	۴
۲۲۱	۱	۲	۳	۴
۲۲۲	۱	۲	۳	۴
۲۲۳	۱	۲	۳	۴
۲۲۴	۱	۲	۳	۴
۲۲۵	۱	۲	۳	۴
۲۲۶	۱	۲	۳	۴
۲۲۷	۱	۲	۳	۴
۲۲۸	۱	۲	۳	۴
۲۲۹	۱	۲	۳	۴
۲۳۰	۱	۲	۳	۴
۲۳۱	۱	۲	۳	۴
۲۳۲	۱	۲	۳	۴
۲۳۳	۱	۲	۳	۴
۲۳۴	۱	۲	۳	۴
۲۳۵	۱	۲	۳	۴
۲۳۶	۱	۲	۳	۴
۲۳۷	۱	۲	۳	۴
۲۳۸	۱	۲	۳	۴
۲۳۹	۱	۲	۳	۴
۲۴۰	۱	۲	۳	۴
۲۴۱	۱	۲	۳	۴
۲۴۲	۱	۲	۳	۴
۲۴۳	۱	۲	۳	۴
۲۴۴	۱	۲	۳	۴
۲۴۵	۱	۲	۳	۴

۲۴۶	۱	۲	۳	۴
۲۴۷	۱	۲	۳	۴
۲۴۸	۱	۲	۳	۴
۲۴۹	۱	۲	۳	۴
۲۵۰	۱	۲	۳	۴
۲۵۱	۱	۲	۳	۴
۲۵۲	۱	۲	۳	۴
۲۵۳	۱	۲	۳	۴
۲۵۴	۱	۲	۳	۴
۲۵۵	۱	۲	۳	۴
۲۵۶	۱	۲	۳	۴
۲۵۷	۱	۲	۳	۴
۲۵۸	۱	۲	۳	۴
۲۵۹	۱	۲	۳	۴
۲۶۰	۱	۲	۳	۴
۲۶۱	۱	۲	۳	۴
۲۶۲	۱	۲	۳	۴
۲۶۳	۱	۲	۳	۴
۲۶۴	۱	۲	۳	۴
۲۶۵	۱	۲	۳	۴
۲۶۶	۱	۲	۳	۴
۲۶۷	۱	۲	۳	۴
۲۶۸	۱	۲	۳	۴
۲۶۹	۱	۲	۳	۴
۲۷۰	۱	۲	۳	۴
۲۷۱	۱	۲	۳	۴
۲۷۲	۱	۲	۳	۴
۲۷۳	۱	۲	۳	۴
۲۷۴	۱	۲	۳	۴
۲۷۵	۱	۲	۳	۴
۲۷۶	۱	۲	۳	۴
۲۷۷	۱	۲	۳	۴
۲۷۸	۱	۲	۳	۴
۲۷۹	۱	۲	۳	۴
۲۸۰	۱	۲	۳	۴



۲۸۱ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۲ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۳ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۴ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۵ ۱ ۲ ۳ ۴

۲۸۶ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۷ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۸ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۸۹ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۰ ۱ ۲ ۳ ۴

۲۹۱ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۲ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۳ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۴ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۵ ۱ ۲ ۳ ۴

۲۹۶ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۷ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۸ ۱ ۲ ۳ ۴  
۲۹۹ ۱ ۲ ۳ ۴  
۳۰۰ ۱ ۲ ۳ ۴