بخش دوم

تعادل شیمیایی

واکنش‌های شیمیایی را به دو دسته‌ی واکنش‌های برگشت ناپذیر (یک طرفه) و واکنش‌های برگشت پذیر (دو طرفه) تقسیم می‌کنیم .

❖ **در شیمی ، پدیده‌هایی که تنها در یک جهت انجام می‌شوند و نمی‌توانند در جهت عکس انجام شوند ، پدیده‌های ..... نامیده می‌شوند .**

فهرست واکنش‌های یک طرفه و برگشت ناپذیر :

۱) *سوختن هیدروکربن‌ها*

برای مثال سوختن آلکان ها $C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$

حالا اگر به جای n عدد ..... بگذاریم ، واکنش سوختن متان به دست می‌آید و اگر ..... بگذاریم واکنش سوختن اتان و .....

۲) *رسیدن میوه‌ها ، زنگ زدن آهن ، زرد شدن برگ درختان ، سفت شدن سیمان ، هضم غذا*

۳) *واکنش اسید و باز قوی*

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$

٤) *واکنش فلزات قلیایی با آب و اسید*

$$\begin{cases} 2M + 2H_2O \longrightarrow 2MOH + H_2 \\ 2M + 2HCl \longrightarrow 2MCl + H_2 \end{cases}$$

$M = Li \ , \ Na \ , \ K \ , \ Rb \ , \ Cs$

۵) *واکنش فلزات قلیایی خاکی با آب و اسید*

$$\begin{cases} M' + 2H_2O \rightarrow M'(OH)_2 + H_2 \\ M' + 2HCl \rightarrow M'Cl_2 + H_2 \end{cases}$$

$M' = Mg \ , \ Ca \ , \ Sr \ , \ Ba$

نکته: همان طور که می‌دانید Be با آب واکنش نمی‌دهد .

٦) *یونش اسیدهای قوی در آب*

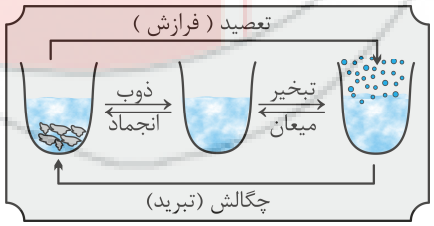
۷) *یونش بازهای قوی در آب*

فهرست واکنش‌های برگشت‌پذیر (دو طرفه)

۱) *انحلال برخی از گازها مانند اکسیژن یا کربن دی اکسید*

۲) *انحلال برخی ترکیب‌های مولکولی نظیر متانول ، اتانول ، قند و شکر در آب*

۳) *پدیده‌های فیزیکی*



بخش دوم

٤) آب زدایی از نمک‌های آبپوشیده

٥) واکنش هیدروژن با هالوژن‌ها

٦) تبدیل کوکرد دی اکسید به کوکرد تری اکسید

۷) تهیه‌ی آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن

۸) تجزیه‌ی فسفر پنتا کلرید

۹) تجزیه‌ی دی نیتروژن تترا اکسید

۱۰) تجزیه‌ی سنگ آهک

۱۱) یونش اسیدهای ضعیف در آب

۱۲) یونش بازهای ضعیف در آب

نکته : شرط برگشت پذیر بودن یک پدیده (خواه فیزیکی و خواه شیمیایی) آن است که عامل تغییر آنتالپی (ΔH) برای انجام آن در یک جهت و عامل تغییر آنتروپی (ΔS) برای انجام آن در جهت مخالف ، مساعد می‌باشد .

اگر $\left\{\begin{matrix}\Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ \\ \Delta H\ \circ \text{ به شرط غلبه } \Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ \\ \Delta S \text{ به شرط غلبه } \Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ\end{matrix}\right. \leftarrow$ فرآیند خود به خودی است .

اگر $\left\{\begin{matrix}\Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ \\ \Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ\end{matrix}\right. \leftarrow$ فرآیند برگشت پذیر است .

اگر $\{\Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ\} \leftarrow$ فرآیند یک طرفه است .

اگر $\{\Delta H\ \circ, \Delta S\ \circ\} \leftarrow$ فرآیند انجام ناپذیر است .

تمرین : کدام یک از واکنش‌های زیر ، برگشت پذیر و کدام یک برگشت ناپذیرند ؟(q نماد گرماست)

A) $۲Mg(s) + O_۲(g) \longrightarrow ۲MgO(s) + q$

B) $q + ۲NO_۲(g) \longrightarrow ۲NO(g) + O_۲(g)$

C) $C_۲H_۵OH(g) + ۳O_۲(g) \longrightarrow ۲CO_۲(g) + ۳H_۲O(g) + q$

D) $q + ۸CO_۲(g) + ۱۰H_۲O(g) \longrightarrow ۲C_۴H_{۱۰}(g) + ۱۳O_۲(g)$

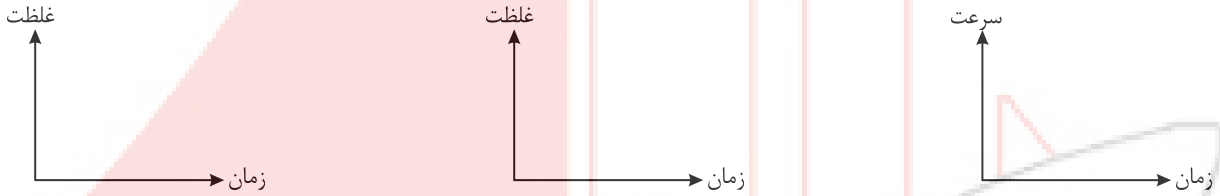
بخش دوم

تغییر حالت‌های فیزیکی

نکته: تنها ، فرآیندهای برگشت پذیر ، آن هم به شرط فراهم بودن شرایط لازم ، می‌توانند به تعادل برسند .

شرط برقراری تعادل آن است که فرآیند برگشت پذیر ، در یک سامانه ..... (سامانه‌ای که با محیط ، ماده و انرژی مبادله نمی‌کند .) یا در یک سامانه ..... و هم دما با محیط.

نکته: در یک سامانه‌ی در حال تعادل ، دو پدیده (فیزیکی یا شیمیایی) که درست ، عکس یکدیگر هستند ، به طور هم زمان و با سرعت برابر در حال انجام هستند .



تمرین : واکنش‌های زیر ، همگی برگشت پذیر هستند . نماد گرما (q) را در هریک از آن‌ها در جای مناسب خود قرار دهید .

A) $2FeC_2O_4(s) \longrightarrow Fe_2O_3(s) + 3CO(g) + CO_2(g)$

B) $4Ag(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Ag_2O(s)$

C) $LaCl_3(s) + H_2O(g) \longrightarrow LaOCl(s) + 2HCl(g)$

D) $CH_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + H_2(g)$

E) $4HCl(g) + O_2(g) \longrightarrow 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$

❖ در یک سامانه‌ی تعادل شیمیایی ، گرچه در ویژگی‌های ..... سامانه ، مانند شدت رنگ ، فشار ، مقدار و غلظت مواد ، تغییری مشاهده نمی‌شود و به نظر می‌رسد نوعی حالت سکون بر آن حکم فرماست ، ولی در سطح ..... همواره تبدیل مواد به یکدیگر در حال انجام شدن است و تعادل ، ***دینامیک یا پویا*** است . در حقیقت ، ثابت ماندن غلظت ، فشار ، رنگ و مانند آن ، نه به دلیل توقف واکنش‌های رفت و برگشت ، بلکه به دلیل انجام هر دو واکنش رفت و برگشت ، به طور هم زمان و با سرعت برابر است .

قانون تعادل‌های شیمیایی یا ثابت تعادل

نکته: رابطه‌ی قانون تعادل برای واکنش فرضی : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

به صورت زیر است : $K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$

توجه: *در رابطه‌ی قانون تعادل فقط غلظت گازها* (g) *و محلول‌ها* (aq) *نوشته می‌شود و غلظت جامدات* (s) *و مایعات* (I) *را ثابت فرض کرده و به جای آن‌ها ۱ می‌گذاریم .*

ثابت تعادل در برخی واکنش‌ها دارای یکا می‌باشد و در برخی واکنش‌ها فاقد یکا می‌باشد .

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ، $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \cdots\cdots\cdots\cdots (mol.L^{-1})^{-2}$ یا $mol^{-2}.L^2$

بدون یکا ...

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ، $K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \cdots\cdots\cdots\cdots$

$CaCO_3(s) + Q \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ ، $K = [CO_2] = \cdots\cdots\cdots\cdots (mol \cdot L^{-1})$

- بزرگی ثابت تعادل ، با زمان لازم برای برقراری تعادل ارتباطی ندارد . یک واکنش با ثابت تعادل بزرگ ، ممکن است به سرعت، پس از گذشت یک زمان به نسبت طولانی و یا خیلی دیر به تعادل برسد . هم چنین زمان لازم برای برقراری تعادل در یک سامانه‌ی شیمیایی با ثابت تعادل کوچک ، ممکن است اندک ، به نسبت زیاد و یا خیلی زیاد باشد .
- در صنعت ، هم چنان که بازده‌ی بزرگ واکنش (ثابت تعادل بزرگ) مهم و مورد توجه است ، زمان لازم برای برقراری تعادل نیز بسیار مهم است . بنابراین از نظر یک شیمیدان صنعتی ، بهترین واکنش برای تولید یک فرآورده‌ی شیمیایی واکنشی است که هم دارای ثابت تعادل بزرگ باشد و هم پس از گذشت یک زمان نه چندان طولانی به تعادل برسد .
- اگر سرعت واکنشی که دارای ثابت تعادل بزرگ است ، بسیار کم باشد ، شیمیدان‌ها می‌گویند این واکنش از نظر ترمودینامیکی مساعد است ولی به طور سینتیکی کنترل می‌شود .
- گرچه بزرگی ثابت تعادل ، نشان دهنده‌ی میزان پیشرفت نسبی واکنش تا هنگام برقراری تعادل است ، با این حال تنها هنگامی می‌توان با استفاده از مقدار ثابت تعادل دو واکنش ، میزان پیشرفت نسبی آن‌ها را تا هنگام برقراری تعادل مقایسه کرد که معادله‌ی شیمیایی آن‌ها مشابه باشد .

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ، $K = ۷۹۴$

$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$ ، $K = ۱/۹ \times ۱۰^{۱۷}$

تمرین : عبارت ثابت تعادل هریک از واکنش‌های تعادلی ناهمگن زیر را بنویسید :

A) $Sb_2S_3(s) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2Sb(s) + 3H_2S(g)$

B) $CaCO_3(s) + H_2O(\ell) + CO_2(g) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2HCO_3^-(aq)$

C) $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$

D) $C(s) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g)$

E) $NH_3(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

F) $2Cu(NO_3)_2(s) \rightleftharpoons 2CuO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$

G) $PbO(s) + C(s) \rightleftharpoons Pb(\ell) + CO(g)$

H) $CO_2(g) + NaOH(s) \rightleftharpoons NaHCO_3(s)$

۱) تجزیه‌ی گرمایی دی‌نیتروژن تتراکسید

۲) تجزیه‌ی گرمایی نیتروژن مونوکسید مجاور کاتالیزگر پلاتین

۳) یونش استیک‌اسید

۴) تجزیه‌ی گرمایی کلسیم کربنات در دمای $827^\circ C$

چند نکته در مورد ثابت تعادل

۱) اگر واکنشی معکوس شود ، ثابت تعادل آن نیز معکوس می‌شود .

I) $A \rightleftharpoons B$ ، $K_1 = \frac{[B]}{[A]}$ II) $B \rightleftharpoons A$ ، $K_2 = \frac{1}{K_1} = \frac{[A]}{[B]}$

۲) اگر یک واکنش در عددی ضرب شود ، ثابت تعادل به توان آن عدد می‌رسد .

I) $A \rightleftharpoons B$ ، $K_1 = \frac{[B]}{[A]}$ II) $aA \rightleftharpoons aB$ ، $K_2 = (K_1)^a = \frac{[B]^a}{[A]^a}$

III) $\frac{1}{a}A \rightleftharpoons \frac{1}{a}B$ $K_3 = (K_1)^{\frac{1}{a}} = \sqrt[a]{K_1} = \sqrt[a]{\frac{[B]}{[A]}}$

۳) اگر یک واکنش ، حاصل جمع دو واکنش دیگر باشد ، ثابت تعادل آن واکنش نیز برابر حاصل ضرب ثابت تعادل واکنش‌های اولیه است .

I) $A(g) + 4B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g)$ $K_1 = X$

II) $C(g) + A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + E(g)$ $K_2 = Y$

III) $3A(g) \rightleftharpoons D + 2E(g)$ $K_3 = \cdots$

تست ۱ : واکنش گاز اکسیژن و گوگرد دی اکسید مرحله‌ی مهم در فرآیند ..... برای تولید ..... ماده‌ی پر ارزش سولفوریک اسید که در مجاورت کاتالیزگر ..... یک واکنش کاتالیز شده‌ی ..... می‌باشد .

۱) مجاورت – صنعتی – پلاتین – ناهمگن
۲) مجاورت – آزمایشگاهی – وانادیوم پنتوکسید – ناهمگن
۳) تبادل – صنعتی – وانادیوم پنتوکسید – همگن
۴) تبادل – آزمایشگاهی – پلاتین – همگن

پاسخ :

تست ۲ : برای یک واکنش تعادلی ..... ، در یک ..... معین ، نسبت حاصل ضرب غلظت ..... به..... هریک به توان ضریب استوکیومتری همواره مقدار ثابتی است .

۱) غلظت – فرآورده‌ها – واکنش دهنده ها
۲) غلظت – واکنش دهنده‌ها – فرآورده ها
۳) دمای – فرآورده‌ها – واکنش دهنده ها
۴) دمای – واکنش دهنده‌ها – فرآورده ها

پاسخ :

بخش دوم

تست ۳ : بر اساس رابطه‌ی قانون تعادل در مورد سامانه‌ی گازی به حالت تعادل : $۴HCl + O_۲ \rightleftharpoons ۲Cl_۲ + ۲H_۲O$ کدام رابطه‌ی زیر درست است ؟

۱) $[HCl]^۴[O_۲] = K[Cl_۲]^۲$

۲) $[Cl_۲]^۲[H_۲O]^۲ = K[HCl]^۴[O_۲]$

۳) $[Cl_۲]^۲ + [H_۲O]^۲ = K[HCl]^۴ + K[O_۲]$

۴) $[Cl_۲]^۲ + [H_۲O]^۲ = K[HCl]^۴[O_۲]^۲$

پاسخ :

تست ۴ : کدام حالت زیر ناهمگن بوده و ثابت تعادل آن دارای یکا نیست ؟

۱) $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$

۲) $۳Fe(s) + ۴H_۲O(g) \rightleftharpoons Fe_۳O_۴(s) + ۴H_۲(g)$

۳) $H_۲(g) + I_۲(g) \rightleftharpoons ۲HI(g)$

۴) $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightleftharpoons ۲H_۲O(g)$

پاسخ :

تست ۵ : با توجه به شکل روبرو که نشان دهنده‌ی حالت تعادل بین مایع و بخار است ، رابطه‌ی تعادل مناسب به کدام صورت نوشته می‌شود؟

$H_۲O(g)$
$H_۲O(\ell)$

۱) $k = [H_۲O](g)$

۲) $K = \dfrac{[H_۲O](g)}{H_۲O(\ell)}$

۳) $k = [H_۲O](\ell)$

۴) $K = \dfrac{[H_۲O](\ell)}{[H_۲O](g)}$

پاسخ :

تست ۶ : ثابت تعادل واکنش $N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightleftharpoons ۲NH_۳(g)$ در دمای اتاق $۳/۶ \times ۱۰^{+۸}\ mol^{-۲}.L^۲$ است . در آن صورت ثابت تعادل برای واکنش $۲NH_۳(g) \rightleftharpoons ۳H_۲(g) + N_۲(g)$ در همان دما کدام است ؟

۱) $۲/۷۸ \times ۱۰^{-۹}\ mol^{-۲} \cdot L^۲$

۲) $۳/۶ \times ۱۰^{-۸}\ mol^۲.L^{-۲}$

۳) $۲/۷۸ \times ۱۰^{-۹}\ mol^۲ \cdot L^{-۲}$

۴) $۳/۶ \times ۱۰^{-۸}\ mol^{-۲} \cdot L^۲$

پاسخ :

بخش دوم

تست ۷ : با توجه به واکنش‌های رو به رو ، مقدار $K_۳$ چند $mol.L^{-۱}$ است ؟

$۲NO(g)+O_۲(g) \rightleftharpoons ۲NO_۲(g)$ و $K_۱ = A mol^{-۱}L$

$NO_۲(g)+SO_۲(g) \rightleftharpoons SO_۳(g)+NO(g)$ و $K_۲ = B$

$۲SO_۳(g) \rightleftharpoons ۲SO_۲(g)+O_۲(g)$ و $K_۳ = ?$

۱) $\frac{۱}{A^۲B}$

۲) $\frac{۱}{AB^۲}$

۳) $AB^۲$

۴) $\frac{A}{B^۲}$

پاسخ :

تست ۸ : اگر بدانیم در تعادل فرضی : $۲A(s)+۲B(aq) \rightleftharpoons ۲C(s)+dD(g)$ ، یکای ثابت تعادل $mol^{-۱}\cdot L$ است .
مقدار d کدام است ؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ :

بخش دوم

مسائل ثابت تعادل

به طور کلی می‌توان مسائل ثابت تعادل را به دو نوع تقسیم کرد :

نوع نخست : مسائلی که در آن‌ها فقط غلظت تعادلی مطرح است.

نوع دوم : مسائلی که در آن غلظت اولیه مواد قبل از برقراری تعادل مطرح است.

مسائل نوع اول : مقادیر مواد واکنش دهنده و فرآورده پس از برقراری تعادل داده می‌شود ، در این صورت غلظت مواد را به صورت $(\frac{mol}{L})$ در رابطه‌ی قانون تعادل قرار می‌دهیم .

نکته : واکنش تعادلی $aA(g)+bB(g) \rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$ ، اگر با مقدار معینی از واکنش دهنده‌ها شروع شود تا تعادل فوق برقرار گردد ، با معلوم بودن غلظت یکی از فرآورده‌ها می‌توان غلظت مولی فرآورده‌های دیگر را بدست آورد . (فقط فرآورده‌های گازی)

نکته : غلظت‌ها در رابطه‌ی ثابت تعادل ، بایستی بر حسب مول بر لیتر باشند ، پس اگر حجم ظرف کم‌تر یا بیش‌تر از یک لیتر باشد ، تعداد مول‌های در حال تعادل را بر حجم ظرف گاز یا حجم محلول بر حسب لیتر تقسیم می‌کنیم تا غلظت بر حسب $mol \cdot L^{-1}$ حاصل شود .

نکته : اگر مقادیر مواد برحسب گرم یا هر واحد دیگری باشد ، باید تبدیل واحدها را به صورت زیر انجام دهیم .

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{مقدار ماده (g)}}{\text{جرم مولی}(g.mol^{-1})}$$

در شرایط STP برای گازها :

$$\text{تعداد مول گاز} = \frac{\text{حجم گاز بر حسب لیتر}}{۲۲/۴L}$$

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{حجم گاز بر حسب } cm^3, cc, mL}{۲۲۴۰۰}$$

تذکر: *اگر شرایط غیر STP باشد در مخرج کسر حجم مولی گاز را در شرایط آزمایش قرار می‌دهیم .*

مسائل نوع دوم : غلظت‌های مواد (اعم از واکنش دهنده و فرآوردها) قبل از برقراری تعادل داده شده است که از روابط زیر استفاده می‌کنیم :

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

مواد / غلظت	aA	bB	cC	dD
غلظت اولیه	M	N	۰	۰
تغییر غلظت	-ax	-bx	+cx	+dx
غلظت تعادلی	M - ax	N - bx	cx	dx

غلظت‌های اولیه‌ی مواد واکنش دهنده M و N هستند که به کمک جدول فوق آن مواد را به غلظت‌های تعادلی مواد واکنش دهنده $(M-ax)$ و $(N-bx)$ تبدیل می‌کنیم و غلظت‌های تعادلی فرآورده‌ها نیز به صورت (cx) و (dx) به دست می‌آیند و ثابت تعادل به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$K = \frac{[cx]^c [dx]^d}{[M-ax]^a [N-bx]^b} = \cdots (mol \cdot L^{-1})^{(c+d)-(a+b)}$$

تست ۹ : اگر پس از برقراری تعادل گازی ، $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ در دمای $500^\circ C$ ، غلظت N_2 و H_2 و NH_3 به ترتیب ۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ مول بر لیتر باشد ، ثابت تعادل واکنش در این دما تعادل کدام است ؟

۱) ۱۱۲/۵ ۲) ۱۱۴/۵ ۳) ۳۷۵ ۴) ۱۵

پاسخ :

تست ۱۰ : مقداری $NH_3(g)$ را در ظرف سر بسته‌ی یک لیتری حرارت می‌دهیم تا تعادل گازی زیر برقرار شود . اگر مقدار H_2 و NH_3 در مخلوط تعادل به ترتیب ۰/۳ و ۰/۰۳ مول باشد ، ثابت تعادل (K) این واکنش کدام است ؟

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$$

۱) ۱۰۰ ۲) ۳ ۳) ۱/۶ ۴) ۰/۰۱

پاسخ :

تست ۱۱ : در تعادل گازی $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ در یک ظرف یک لیتری برقرار شده است . اگر در لحظه‌ی تعادل مقدار O_2 و SO_3 به ترتیب ۰/۴ و ۰/۸ باشد ، ثابت تعادل کدام است ؟

۱) ۰/۱۶ ۲) ۳/۲ ۳) ۱/۶ ۴) ۰/۴

پاسخ :

تست ۱۲ : مقدار گازی NO_2 را در یک ظرف سر بسته‌ی دو لیتری حرارت می‌دهیم تا تعادل گازی زیر برقرار شود . اگر مقدار گازهای NO_2 و N_2 به ترتیب ۰/۸ و ۰/۴ مول باشد ، ثابت تعادل واکنش تشکیل NO_2 کدام است ؟

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{2(g)} + N_{2(g)}$$

۱) ۲ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۵

پاسخ :

تست ۱۳ : اگر پس از برقراری واکنش گازی $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ در دمای $450^\circ C$ و در ظرف ۵ لیتری N_2 و H_2 و NH_3 به ترتیب ۰/۱ مول ، ۴ گرم و ۱/۷ گرم باشد ، ثابت تعادل این واکنش کدام است ؟

$(H=1 \text{ و } N=14 g\cdot mol^{-1})$

۱) ۰/۶۲۵ ۲) ۰/۰۰۲۵ ۳) ۰/۰۱۲۵ ۴) ۰/۳۱۲۵

پاسخ :

تست ۱۴ : اگر ۴/۸۸ گرم $BaCl_2\cdot 2H_2O$ را در سامانه‌ی بسته‌ی دو لیتری طبق واکنش زیر گرما دهیم و ۰/۳۶g بخار آب در حالت تعادل وجود داشته باشد، ثابت تعادل واکنش زیر در شرایط آزمایش کدام است؟

(سراسری تجربی - ۹۲)

$(H=1 \text{ و } O=16)$

۱) 1×10^{-4} ۲) 1×10^{-2} ۳) 2×10^{-4} ۴) 2×10^{-2}

پاسخ :

تست ۱۵ : در تعادل گازی $2NO(g) \rightleftharpoons O_2(g)+N_2(g)$ ، غلظت N_2 نصف O_2 و غلظت O_2 نیز نصف غلظت NO است . ثابت تعادل در این دما کدام است ؟

۱) ۸ ۲) ۱۰۰ ۳) ۵۰ ۴) ۲۵

پاسخ :

بخش دوم

تست ۱۶ : در محفظه‌ای به حجم یک لیتر و با دمای $۲۵۰^\circ C$ ، ۰/۳ مول $PCl_۵(g)$ وارد واکنش می‌شود . پس از برقراری تعادل ، $PCl_۵(g) \rightleftharpoons PCl_۳(g)+Cl_۲(g)$ ، ۰/۲۶ مول $PCl_۳(g)$ در محفظه وجود دارد . ثابت تعادل این واکنش در دمای $۲۵۰^\circ C$ کدام است ؟

۱) ۱/۶۹ ۲) ۱/۰۴ ۳) ۴/۱۶ ۴) ۰/۵۹۱

پاسخ :

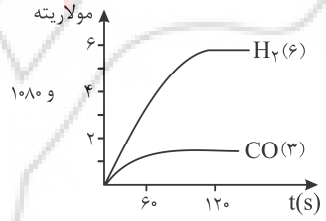
تست ۱۷ : مقداری باریم سولفات $(M = ۲۳۳ g.mol^{-۱})$ ، مطابق واکنش تعادلی زیر در ۱۰۰۰ گرم آب در دمای معین حل می‌شود. غلظت این ماده در آب ، در این دما به تقریب برابر چند ppm است؟ (چگالی محلول برابر $۱ g.mL^{-۱}$ است.)*(تجربی خارج ۹۳)*

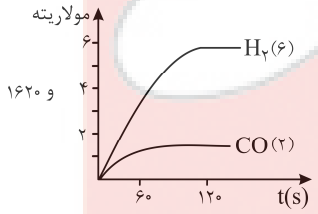
$$BaSO_۴ \overset{\text{آب}}{\rightleftharpoons} Ba^{۲+}(aq)+SO_۴^{۲-}(aq) \ , \ K = ۶/۴\times۱۰^{-۹} mol^۲.L^{-۲}$$

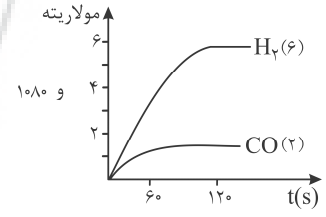
۱) ۹/۳۲ ۲) ۱۸/۶۴ ۳) ۶۴ ۴) ۸۰

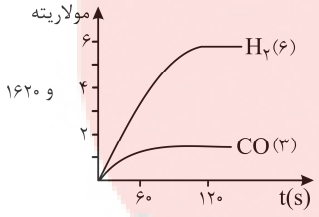
پاسخ :

تست ۱۸ : 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 مونواکسید تبدیل شوند. اگر در لحظه‌ی تعادل ، مقدار گاز متان برابر ۲ مول باشد ، کدام نمودار برای تغییر غلظت فرآورده‌های این واکنش درست و ثابت تعادل ، به تقریب ، کدام است؟ *(ریاضی خارج ۹۳)*

۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ :

بخش دوم

تست ۱۹ : با توجه به واکنش تعادلی ، $CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)\ ,\ K=4$ اگر در یک ظرف دو لیتری دربسته ، مقدار ۳۶ گرم بخار آب و ۲ مول گاز CO با هم واکنش دهند ، چند مول بخار آب در حالت تعادل در ظرف باقی می‌ماند؟ $(H=1\ ,\ O=16 : g.mol^{-1})$ (ریاضی خارج ۹۲)

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) $\frac{2}{3}$ ۴) $\frac{3}{4}$

پاسخ :

تست ۲۰ : ۳ مول گاز I_2 را با ۳ مول گاز H_2 در یک ظرف یک لیتری مخلوط شده‌اند ، شمار مولکول‌های گاز HI پس از رسیدن به تعادل به تقریب کدام است؟ $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)\ ,\ K=0/16$ (تجربی خارج ۹۳)

۱) $3/011\times10^{23}$ ۲) $6/022\times10^{23}$ ۳) $3/011\times10^{22}$ ۴) $6/022\times10^{22}$

پاسخ :

تست ۲۱ : اگر ۸ مول $N_2O_4(g)$ را در یک ظرف دو لیتری وارد کرده ، تا رسیدن به حالت تعادل $(K=0/8\,mol.L^{-1})$ گرم کنیم ، مقدار $N_2O_4(g)$ باقی مانده در ظرف چند برابر مول است؟ (تجربی خارج ۹۳)

۱) ۶/۴ ۲) ۳/۲ ۳) ۱/۶ ۴) ۰/۸

پاسخ :

تست ۲۲ : ۲ مول $CO(g)$ را با ۵ مول $H_2O(g)$ در یک ظرف ۵ لیتری سربسته حرارت می‌دهیم تا تعادل گازی زیر برقرار شود . اگر برای برقراری تعادل ، ۲۰ درصد H_2O مصرف شود ، مقدار ثابت تعادل کدام است ؟

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

۱) $2/5\times10^{-2}$ ۲) 5×10^{-2} ۳) $2/5\times10^{-1}$ ۴) 5×10^{-1}

پاسخ :

تست ۲۳ : ۰/۱ مول $COCl_2(g)$ را در ظرف سر بسته ۱۰ لیتری تا برقراری تعادل زیر گرم می‌کنیم . اگر پس از برقراری تعادل مقدار $COCl_2$ ۴۰% مقدار اولیه‌ی آن باشد ، مقدار ثابت تعادل (K) در این دما کدام است ؟

$$COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g)+Cl_2(g)$$

۱) 9×10^{-2} ۲) 9×10^{-3} ۳) $4/5\times10^{-3}$ ۴) $2/66\times10^{-3}$

پاسخ :

بخش دوم

تست ۲۴ : ۴ مول $NOCl$ را در یک ظرف سربسته به حجم ۲ لیتر در دمای ثابت قرار می‌دهیم تا تعادل زیر برقرار شود . هرگاه مجموع مول‌های تعادلی مواد به ۴/۴ مول برسد ، ثابت تعادل واکنش در دمای تعادل کدام است ؟

$$۲NOCl(g) \rightleftharpoons ۲NO(g) + Cl_۲(g)$$

۱) $۵/۵۵\times۱۰^{-۲}$ ۲) ۰/۱۹۵ ۳) $۲/۵\times۱۰^{-۱}$ ۴) $۱/۲۵\times۱۰^{-۲}$

پاسخ :

تست ۲۵ : ۴/۱۱ گرم کلسیم کربنات خالص را در یک ظرف ده لیتری در دمای $۸۲۷^\circ C$ قرار می‌دهیم تا در شرایط مناسب بر طبق واکنش $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$ تجزیه شود . هرگاه جرم مواد جامد در موقع برقراری تعادل ۴ گرم باشد ، ثابت تعادل واکنش در این دما کدام است ؟

$(CaO = ۵۶g\cdot mol^{-۱})$ ، $(CO_۲ = ۴۴g\cdot mol^{-۱})$ ، $(CaCO_۳ = ۱۰۰g\cdot mol^{-۱})$

۱) ۵×۱۰^{-۲} ۲) $۲/۵\times۱۰^{-۳}$ ۳) $۲/۵\times۱۰^{-۴}$ ۴) ۰/۱۸

پاسخ :

تست ۲۶ : در ظرف سربسته‌ی ۳ لیتری ، $COCl_۲(g)$ را تا برقراری تعادل گازی $COCl_۲(g) \rightleftharpoons Cl_۲(g) + CO(g)$ حرارت می‌دهیم . اگر در حالت تعادل مقدار $COCl_۲(g)$ برابر ۰/۳ مول باشد و ثابت تعادل نیز $(K = ۰/۴)$ باشد ، مقدار $CO(g)$ چند مول است ؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۶ ۴) ۰/۳

پاسخ :

تست ۲۷ : در واکنش $K = ۹$ و $CO_۲(g) + H_۲(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_۲O(g)$ ، اگر در محفظه ای به حجم یک لیتر در دمای $۴۲۵^\circ C$ ، ۱ مول $CO(g)$ و ۱ مول $H_۲O(g)$ را مخلوط کنیم ، غلظت‌های تعادلی $CO(g)$ و $H_۲(g)$ به ترتیب کدام‌اند ؟

۱) ۰/۲۵ و ۰/۷۵ ۲) ۰/۷۵ و ۰/۷۵ ۳) ۰/۲۵ و ۰/۲۵ ۴) ۰/۷۵ و ۰/۲۵

پاسخ :

تست ۲۸ : با توجه به واکنش‌های تعادلی فرضی زیر ، در شرایطی که هر یک از آن‌ها در یک ظرف یک لیتری دربسته و با یک مول ماده‌ی اولیه آغاز شده باشد و بازده درصدی واکنش (I) برابر ۵۰٪ و بازده درصدی واکنش (II) برابر ۸۰٪ باشد ، نسبت مقدار $K_۲$ به $K_۱$ کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۴)

I) $A(g) \rightleftharpoons ۲X(g)\ ,\ K_۱$ II) $D(g) \rightleftharpoons Z(g)\ ,\ K_۲$

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۱/۵ ۴) ۲

پاسخ :

تست ۲۹ : در یک سامانه‌ی بسته‌ی یک لیتری ، مخلوطی از ۰/۰۲ مول گاز نیتروژن ، ۰/۰۲ گرم گاز هیدروژن و ۱۷ گرم گاز آمونیاک وجود دارد. اگر شرایط انجام واکنش برای این مخلوط فراهم شود ، کدام حالت پیش می‌آید؟ (ریاضی خارج ۹۳)

(ثابت تعادل واکنش را $۳\times۱۰^{-۵}\,mol^{۲}.L^{-۲}$ در نظر بگیرید.) $(H=۱\ ,\ N=۱۴ : g.mol^{-۱})$

۱) واکنش تا رسیدن به حالت تعادل ، در جهت تجزیه‌ی آمونیاک پیش می‌رود.

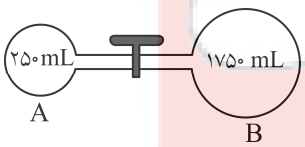
۲) واکنشی انجام نمی‌گیرد ، زیرا خارج قسمت واکنش برابر ثابت تعادل است.

۳) واکنش تا رسیدن به حالت تعادل ، در جهت تشکیل آمونیاک پیش می‌رود.

۴) واکنشی انجام نمی‌گیرد ، زیرا واکنش‌دهنده‌ها به نسبت مولی برابر با هم مخلوط شده‌اند.

پاسخ :

تست ۳۰ : در یک آزمایش به ترتیب ۱ مول $N_۲O_۴(g)$ ، ۱ مول گاز نیتروژن ، ۲ مول بخار آب و ۲ مول $N_۲H_۴(g)$ در ظرف A با شیر بسته وارد شده‌اند. اگر $K=۵\,mol^{۴}.L^{-۴}$ باشد ، تعادل در کدام جهت پیش می‌رود و اگر شیر باز می‌بود ، تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شد؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.) (تجربی خارج ۹۴)



$۲N_۲H_۴(g)+N_۲O_۴(g) \rightleftharpoons ۳N_۲(g)+۴H_۲O(g)$

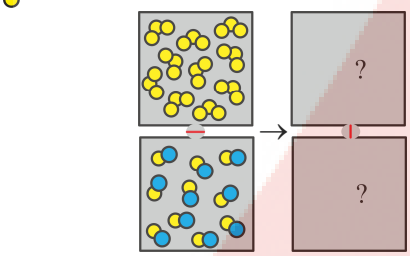
۱) برگشت – رفت ۲) برگشت – برگشت ۳) رفت – برگشت ۴) رفت - رفت

پاسخ :

بخش دوم

تست ۳۱ : در هر یک از دو محفظه‌ی مقابل گاز محبوس شده است ، که در صورت مخلوط شدن در دمای معین مطابق شکل زیر با هم واکنش می‌دهند . اگر حجم هر ظرف یک لیتر باشد و هر ذره را معادل ۰/۱ مول در نظر بگیریم ، پس از برقراری تعادل جدید چند ذره از NO و چند ذره از O_2 در شکل خواهیم داشت ؟

$$O_3 + NO \rightleftharpoons O_2 + NO_2 \quad K = 16$$



۱) ۱ و ۴

۲) ۸ و ۲

۳) ۲ و ۸

۴) ۴ و ۱

پاسخ :

تست ۳۲ : در محفظه ای به حجم V لیتر و با دمای $525^\circ C$ ، ۰/۲۴ مول SO_2 و ۰/۱۸ مول O_2 با هم بر طبق معادله‌ی تعادلی $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$ واکنش می‌دهند . اگر پس از برقراری تعادل ۰/۱ مول $O_2(g)$ در محفظه وجود داشته باشد و ثابت تعادل نیز ۱۰۰ باشد ، مقدار V کدام است ؟

۱) ۲/۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۵ ۴) ۱

پاسخ :

تست ۳۳ : ۰/۴ مول $PCl_3(g)$ را با ۰/۴ مول $Cl_2(g)$ در ظرفی به حجم V لیتر به دمای معین می‌رسانیم تا تعادل $PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$ و $K = 9$ برقرار شود . اگر تعداد مول‌های $PCl_5(g)$ در حالت تعادل ۰/۲ مول باشد ، حجم ظرف بر حسب لیتر کدام است ؟

۱) ۰/۵ ۲) ۱/۸ ۳) ۱/۵ ۴) ۴

پاسخ :

تست ۳۴ : واکنش تعادلی گازی : $2NOCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) + Cl_2(g)$ و $K = 250$ که در یک ظرف سربسته‌ی دو لیتری در دمای آزمایش برقرار است ، اگر در حالت تعادل ، مقدار ۰/۴ مول NO_2 و ۰/۰۲ مول $NOCl$ در ظرف وجود داشته باشد ، مقدار گاز اکسیژن در مخلوط به حالت تعادل ، چند مول است ؟ (سراسری خارج کشور تجربی ۸۸)

۱) ۰/۲۳ ۲) ۰/۲۸ ۳) ۰/۳۲ ۴) ۰/۳۸

پاسخ :

تست ۳۵ : اگر واکنش $Br_2(g)+Cl_2(g) \rightleftharpoons 2BrCl(g)$ و $K=1/6\times10^{-3}$ در ظرفی سربسته با حجم ۲ لیتر در دمای معین انجام شود و مقدار ۴ مول از هریک از گازهای کلر و برم در مخلوط تعادلی موجود باشد ، مقدار $BrCl$ در حالت تعادل برابر چند مول است ؟ (خارج کشور تجربی – ۸۶)

۱) ۰/۰۸ ۲) ۰/۱۶ ۳) ۰/۱۸ ۴) ۰/۰۹

پاسخ :

تست ۳۶ : مقدار ۶/۲۵۵ گرم PCl_5 را در ظرف سربسته ای گرما می‌دهیم تا تعادلی گازی زیر ، برقرار شود ، اگر در حالت تعادلی ، ۲/۷۵ گرم PCl_3 در ظرف موجود باشد ، حجم ظرف واکنش چند لیتر باشد ؟ $(P=31 \text{ و } Cl=35/5 g\cdot mol^{-1})$

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g)+Cl_2(g)$ و $K=8\times10^{-3}$ (خارج کشور تجربی – ۸۶)

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۴ ۴) ۵

پاسخ :

تست ۳۷ : تعادل گازی $CO(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g)+H_2O(g)$ و $K=0/81 mol^{-2}\cdot L^2$ ، در دمای معین در ظرفی سربسته برقرار است . اگر در حالت تعادل مقدار ۰/۱ مول گاز CO ، ۰/۰۰۳ مول گاز CH_4 ۰/۱ مول گاز هیدروژن در ظرف وجود داشته باشد ، حجم ظرف واکنش چند لیتر است ؟ (خارج کشور تجربی ۸۴ – ریاضی ۸۹)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ :

بخش دوم