

# آکادمی کنکور دانشگاه تهرانی ها

آدرس:

تهران-میدان انقلاب- ابتدای خیابان آزادی  
خیابان نوفلاح - جنب ایستگاه اتوبوس های انقلاب -

پلاک ۶۲

شماره تلفن:

۰۲۱-۶۶۱۳۵۵۳۴

۰۲۱-۶۶۱۳۵۴۴۸

کلاس کنکور

مشاوره

جزوه و کتاب

اولین

موسسه

کنکوری

کشور

با کادر

رتبه های

تک رقمی

و دو رقمی

برای رتبه برتر شدن باید از رتبه برتر ها یاری خواست

## جمع بندی فصل (۲) شیمی پیش دانشگاهی - تعادل شیمیایی

## قسمت (۱): تعادل، شرایط تعادل و انواع تعادل:

بسته‌ی آموزشی:

## ۱- در مورد یک واکنش تعادلی و شرایط تعادل:

برای اینکه یک فرایند برگشت پذیر به تعادل برسد، باید چهار شرط زیر را داشته باشد:

- ۱- ظرف واکنش در بسته بسته باشد.
- ۲- خواص ماکروسکوپی (خواص قابل مشاهده و اندازه گیری) سیستم مانند رنگ، دما، فشار و غلظت ثابت بماند.
- ۳- سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر باشد.
- ۴- غلظت مواد شرکت کننده در تعادل (مواد اولیه و محصولات) ثابت بماند. باز هم تأکید می‌کنم غلظت ثابت بماند نه برابر.

**تذکره (۱):** در حالت تعادل غلظت مواد شرکت کننده در واکنش با یکدیگر برابر نیست، بلکه در دمای ثابت، غلظت مواد شرکت کننده در واکنش ثابت است. چون سرعت‌های دو واکنش رفت و برگشت با یکدیگر برابر است، هر ماده‌ای با هر سرعتی که مصرف می‌شود با همان سرعت نیز تولید می‌شود و برعکس.

**تذکره (۲):** در لحظه‌ی تعادل واکنش‌های رفت و برگشت متوقف نمی‌شوند، بلکه همچنان با سرعتی برابر در حال انجام هستند. به همین خاطر تعادل مورد نظر را تعادل دینامیک یا پویا می‌گویند، یعنی در سطح مولکولی همواره تبدیل مواد به یکدیگر در حال انجام شدن است. اصطلاحاً می‌گویند واکنش از لحاظ خواص ماکروسکوپی (ظاهری) متوقف شده، ولی از لحاظ خواص میکروسکوپی (مولکولی) فعال است.

**سوال (۱):** کدام تساوی زیر شرط اساسی برقراری حالت تعادل را در واکنش‌های برگشت پذیر نشان می‌دهد؟ (کنگور سر اسری)

۱) انرژی پیوندی مواد طرف دوم = انرژی پیوندی مواد طرف اول

۲) سرعت واکنش برگشت = سرعت واکنش رفت

۳) حاصل ضرب غلظت‌های مواد طرف دوم = حاصل ضرب غلظت‌های مواد طرف اول

۴) میزان بی‌نظمی در مواد طرف دوم = میزان بی‌نظمی در مواد طرف اول

**دامها:** ۱- ارتباط انرژی پیوند با تعادل؟ ۲- ارتباط غلظت واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها با تعادل؟ ۳- ارتباط بی‌نظمی با تعادل؟

**راه حل ها:** ۱- در مورد یک سیستم تعادلی، از گزینه‌های فوق، تساوی موجود در گزینه‌های ۱ و ۴ ارتباطی با تعادل ندارند - ۲- در حالت تعادل غلظت مواد ثابت است و سرعت واکنش رفت و برگشت برابر هستند.

پاسخ: گزینه (۲)

**سوال (۲):** هنگام برقراری تعادل، در مقیاس ..... تغییری مشاهده نمی‌شود، اما از دید ..... پویایی وجود دارد. (کنگور سر اسری)

۱) مولکولی - ظاهری      ۲) مولکولی - میکروسکوپی      ۳) ظاهری - ماکروسکوپی      ۴) ظاهری - مولکولی

**راه حل ها:** تذکره (۲) راه حل مربوط به این سوال است. (خواص ماکروسکوپی یعنی خواص قابل رویت و خواص میکروسکوپی یعنی در حد مولکولی).

پاسخ: گزینه (۴)

**سوال (۳):** در واکنش تبدیل A به B و B به C با گذشت زمان غلظت واکنش دهنده‌ها ..... و غلظت فرآورده‌ها ..... می‌یابد. همین امر سبب ..... سرعت واکنش رفت و ..... سرعت واکنش برگشت می‌شود سرانجام زمانی فرا می‌رسد که سرعت واکنش رفت ..... سرعت واکنش برگشت می‌شود. (تالیفی)

۱) کاهش - کاهش - کاهش - افزایش - کمتر

۲) افزایش - کاهش - کاهش - افزایش - بیشتر

۳) کاهش - افزایش - کاهش - افزایش - مساوی

۴) کاهش - افزایش - افزایش - افزایش - مساوی

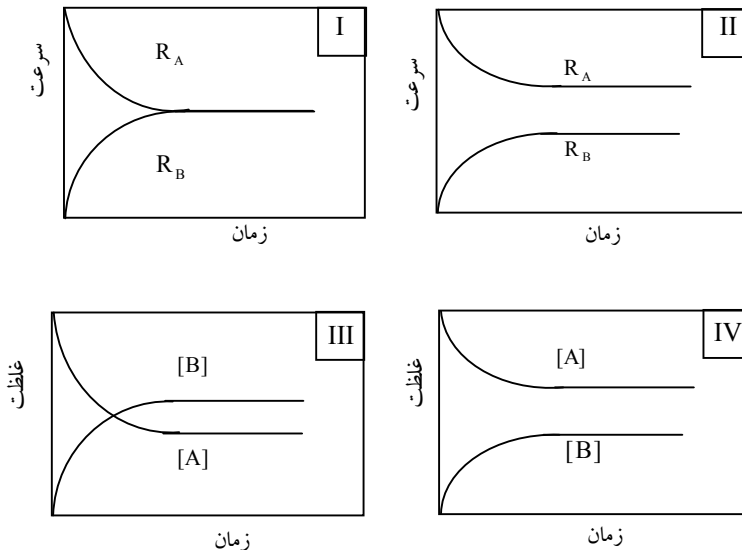
**دامها:** ۱- تغییر غلظت مواد از شروع تا برقراری تعادل - ۲- شرایط سرعت واکنش‌های رفت و برگشت از شروع تا برقراری تعادل.

**راه حل ها:** ۱- در شروع واکنش دهنده‌ها زیاد و فرآورده‌ها صفر است، پس واکنش رفت سریع و برگشت صفر است.

۲- با گذشت زمان غلظت واکنش دهنده‌ها کاهش و فرآورده‌ها افزایش می‌یابد بنابراین به تدریج سرعت واکنش رفت کاهش و سرعت واکنش برگشت افزایش می‌یابد. ۳- در زمان تعادل غلظت‌ها ثابت و سرعت واکنش رفت و برگشت برابر می‌شود.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۴): کدام نمودار یا نمودارها مربوط به واکنش تبدیل A به B و برقراری حالت تعادل است؟ (تالیفی)



(۴) فقط I و III و IV

(۳) فقط II و IV

(۲) فقط I و II و IV

(۱) فقط I و IV

راه حل ها: ۱- به جز نمودار (II)، بقیه نمودارها در هنگام تعادل اتفاق می افتد.

پاسخ: گزینه (۴)

### ثابت تعادل یکا دارد یا ندارد؟

ثابت تعادل در برخی از واکنشها دارای یکا است و در برخی از واکنشها یکا ندارد. زیرا در برخی از واکنشها واحدها در صورت و مخرج رابطه، توان یکسانی دارند و حذف می شوند و اما در برخی از واکنشها حذف نمی شوند. البته نوشتن واحد برای ثابت تعادل ضروری نیست، زیرا تأثیری در نتیجه گیری ندارد. برای به دست آوردن یکای ثابت تعادل می توانید از رابطه زیر استفاده کنید

$$\text{یکای ثابت تعادل} = (\text{mol.L}^{-1})^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_p - n_r \quad (\Delta n = \text{تعداد مولهای گازی محصولات} - \text{تعداد مولهای گازی واکنش دهنده ها})$$

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \quad K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(\text{mol.L}^{-1})^2}{(\text{mol.L}^{-1})} = ? \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{به عنوان مثال:}$$

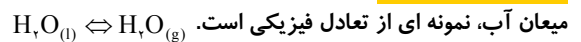
$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 \quad K = \frac{[CO_2][H_2]}{[H_2O][CO]} = \frac{(\text{mol.L}^{-1})(\text{mol.L}^{-1})}{(\text{mol.L}^{-1})(\text{mol.L}^{-1})} = ? \quad \text{اما در مثال مقابل ثابت تعادل بدون یکا است.}$$

سوال (۵): کدامیک از تعادل های زیر فیزیکی نیست؟ (تالیفی)

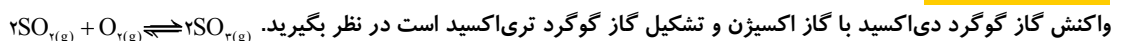


راه حل ها: انواع تعادل از لحاظ نوع واکنش یعنی فیزیکی یا شیمیایی بودن:

الف) تعادل فیزیکی: به تعادلی که در یک فرآیند فیزیکی برگشت پذیر اتفاق می افتد تعادل فیزیکی گفته می شود. به عنوان مثال تعادل بین تبخیر و



ب) تعادل شیمیایی: تعادل برقرار شده در یک تغییر یا فرآیند شیمیایی را تعادل شیمیایی گویند. یکی از واکنشهای شیمیایی برگشت پذیر را که



پاسخ: گزینه (۴)

سوال (۶): کدام یک از تعادل های زیر همگن است؟ (تالیفی)



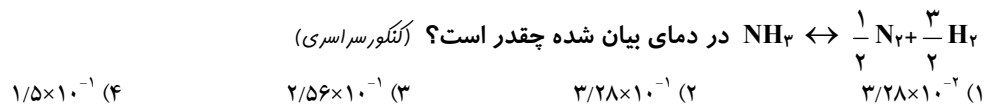
دامها: ۱- بلد بودن تعریف فاز و تشخیص فازهای موجود - ۲- بلد بودن تعریف تعادل همگن و ناهمگن؟

راه حل ها: انواع تعادل از لحاظ تعداد فازهای مواد شرکت کننده در تعادل:

## در مورد تعادل های همگن و ناهمگن:

- ۱- در تعادل همگن همیشه تمامی مواد موجود در تعادل یا در فاز گازی و یا در فاز محلول هستند و این گونه تعادلها شامل حالت جامد نمی شوند. یعنی در تعادل هایی که همه مواد شرکت کننده در تعادل گاز و یا محلول باشند، یک تعادل همگن به حساب می آیند.
- ۲- در یک تعادل ناهمگن حداقل یک فاز جامد وجود دارد. اگر در تعادل مورد نظر یک فاز جامد وجود داشته باشد، حتما یک تعادل ناهمگن است. مانند تعادل موجود در بین شکر حل شده و شکر جامد در محلول سیر شده آن، یا تعادل بین آب و یخ و ....
- ۳- در یک تعادل همگن به دلیل مخلوط شدن یکنواخت اجزای آن فقط یک فاز وجود دارد. اما برای تعیین تعداد فاز در تعادل های ناهمگن هر کدام از مواد خالص جامد موجود در تعادل را یک فاز در نظر بگیرید.
- به طور مثال در تعادل ناهمگن  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  دو فاز جامد شامل  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  و  $\text{CaO}(\text{s})$  و یک فاز گاز شامل  $\text{CO}_2(\text{g})$  است، بنابراین این تعادل ناهمگن یک تعادل سه فازی است. اگر در یک تعادل ناهمگن چند گاز وجود داشته باشد، گازهای موجود را یک فاز در نظر می گیریم، چون یک مخلوط همگن گازی است.

پاسخ: گزینه (۱)

سوال (۷): ثابت تعادل واکنش  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  در دمای  $633^\circ\text{C}$  برابر با  $1.0 \times 10^{-2}$  است، ثابت تعادل واکنش

راه حل ها: ۱- هرگاه واکنش در حال تعادل را معکوس کنیم، رابطه ی زیر بین ثابت تعادل دو واکنش وجود دارد.

$$K' = \frac{1}{K} \quad \text{یا} \quad K = \frac{1}{K'}$$

۲- اگر واکنشی را در عدد n ضرب کنیم ثابت تعادل واکنش جدید برابر است با ثابت تعادل واکنش اولیه به توان n و اگر واکنشی بر عدد n تقسیم یا

به عدد  $\frac{1}{n}$  ضرب شود، در این صورت ثابت تعادل واکنش جدید برابر است با ثابت تعادل واکنش اولیه به توان  $\frac{1}{n}$ .

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۸): اگر تعادل  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  در دمای  $800^\circ\text{C}$  برقرار شده باشد، کدام گزینه صحیح است؟ (تالیفی)۱) عبارت ثابت تعادل  $\frac{1}{[\text{CO}_2]}$  است.۲) حضور  $\text{CaO}$  و  $\text{CaCO}_3$  برای برقراری تعادل ضروری نیست.۳) غلظت  $\text{CaO}$  و  $\text{CaCO}_3$  صرف نظر از مقدار آن ها همچنان ثابت است.۴) فشار تعادلی گاز  $\text{CO}_2$  در مقادیر متفاوت از  $\text{CaO}$  و  $\text{CaCO}_3$  در تعادل مورد نظر همیشه متفاوت است.

دامها: ۱- رابطه ثابت تعادل-۲- وجود مواد جامد برای برقراری تعادل لازم است یا نه؟-۳- غلظت مواد جامد-۴- فشار تعادلی گاز؟

راه حل ها: ۱- مواد جامد و مایع خالص در رابطه ثابت تعادل قرار نمی گیرند، چون غلظت مواد جامد و مایع خالص مقداری ثابت است. ۲- حضور

مواد جامد برای برقراری تعادل ضروری است. ۳- در شرایط یکسان از دما، فشار تعادلی گاز کربن دی اکسید ربطی به مقدار  $\text{CaO}$  و  $\text{CaCO}_3$  ندارد.

پاسخ: گزینه (۳)

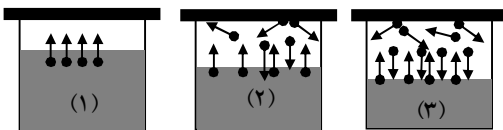
سوال (۹): با توجه به شکل مقابل، کدام مطلب درست است؟ (تالیفی)

۱) فشار بخار در شکل (۳) همچنان تغییر می کند.

۲) در شکل (۲) سرعت تبخیر صفر بوده و سرعت میعان بیشتر است.

۳) پس از برقراری تعادل فشار بخار ثابت است.

۴) در شکل (۳) فشار بخار ثابت است و تبخیر و میعان نیز متوقف شده اند.



راه حل ها: ۱- در تعادل آب مایع - بخار آب:

۱- وجود درپوش برای برقراری تعادل الزامی است.

۲- در ظرف (۱) فقط عمل تبخیر صورت می گیرد سرعت میعان و فشار بخار برابر صفر است.

۳- در ظرف (۲) تعداد مولکولهای بخار شده در واحد زمان و در واحد سطح بیشتر از تعداد مولکولهای مایع شده در واحد زمان و واحد سطح است. یعنی سرعت تبخیر بیشتر از سرعت میعان است.

۴- از ظرف (۱) تا ظرف (۳) به دلیل افزایش تعداد مولکولهای بخار آب فشار بخار در حال افزایش است.

۵- در ظرف (۳) سرعت تبخیر و میعان یکسان است و حالت تعادل وجود دارد.

۶- در ظرف (۳) به دلیل ثابت بودن تعداد مولکولهای آب در فاز گازی، فشار بخار ثابت است.

پاسخ: گزینه (۳)

### قسمت (۲): محاسبه مقدار ثابت تعادل و غلظتهای تعادلی:

#### محاسبه مقدار ثابت تعادل

**توجه کنید** که غلظتهای تعادلی تمام گونه های شرکت کننده در تعادل در دسترس نیست. در این موارد چنانچه دست کم غلظت یک گونه معلوم باشد، می توان با بهره گیری از استوکیومتری واکنش، غلظتهای تعادلی دیگر گونه ها را حساب کرد. در این گونه مسائل چنین عمل می کنیم:

(۱) غلظتهای اولیه و تعادلی گونه های را که مقادیر آنها معلوم است در جدولی مشخص می کنیم.

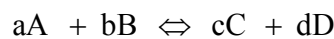
(۲) پس از تعیین شدن غلظتهای اولیه و تعادلی گونه های با مقادیر معلوم، تغییر غلظت آنها را هنگام رسیدن به تعادل و در حال تعادل مشخص می کنیم.

(۳) با توجه به رابطه ی استوکیومتری واکنش، تغییر غلظت سایر گونه های شرکت کننده در تعادل را با استفاده از تغییر غلظت مواد با مقادیر معلوم حساب می کنیم.

(۴) پس از مشخص کردن غلظتهای اولیه و تغییر غلظتها، غلظتهای تعادلی را تعیین می کنیم و با قرار دادن در معادله ی ثابت تعادل واکنش مورد نظر، مقدار ثابت تعادل را حساب می کنیم.

تغییر غلظت + غلظت اولیه = غلظت تعادلی یک ماده

تغییر غلظت برای یک ماده مصرفی مقداری منفی و برای یک ماده تولیدی مقداری مثبت است



	aA	bB	cC	dD
غلظت اولیه	m	n	o	o
تغییر غلظت	-ax	-bx	+cx	+dx
غلظت تعادلی	m - ax	n - bx	cx	dx

سه نکته ی بسیار مهم:

۱- از آنجائی که غلظت مواد شرکت کننده در تعادل بر حسب مول بر لیتر گزارش می شود، باید دقت کنیم که اگر حجم ظرفی که واکنش در حال تعادل است یک لیتر نباشد یعنی کمتر یا بیشتر از یک لیتر عنوان شود باید بر همان حجم تقسیم شود تا بر حسب مول بر لیتر بیان شود.

۲- اگر در سؤالی مقدار مواد شرکت کننده در تعادل بر حسب جرم داده شود، در این صورت ابتدا جرم را به مول تبدیل می کنیم. در این حالت هم اگر حجم ظرف یک لیتر نباشد، همان تعداد مولها بر حسب مولار بیان می شود، در غیر این صورت به غلظت مولی تبدیل می کنیم.

۳- احتمال دارد در سؤالی مقدار یک گاز بر حسب حجم داده شود در این صورت با توجه به شرایط واکنش حجم را به مول و مول را به مولار تبدیل می کنیم.

**مثال (۱):** در دمای  $55^{\circ}\text{C}$ ، یک مول  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  را در یک ظرف دربسته به حجم ده لیتر قرار می دهیم تا تعادل گازی  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  برآورد.

در آن برقرار شود. اگر تعداد کل مولهای موجود در ظرف در موقع تعادل  $1/75$  مول باشد. ثابت تعادل واکنش را حساب کنید.

جواب: جدول زیر را تشکیل می دهیم.

	$\text{N}_2\text{O}_4$	$2\text{NO}_2$
غلظت اولیه	۱	۰
تغییر غلظت	-x	+2x
غلظت تعادلی	1-x	2x

از آنجائیکه به ازای تجزیه‌ی یک مول  $N_2O_4$  ، دو مول  $NO_2$  حاصل می‌شود پس به ازای تجزیه‌ی  $x$  مول  $N_2O_4$  ،  $2x$  مول  $NO_2$  حاصل می‌شود. بنابراین تعداد کل مولها در حال تعادل برابر است با  $1/75$  مول:

$$(1-x) + 2x = 1 + x$$

$$1+x = 1/75 \text{ mol} \Rightarrow x = 0/75 \text{ mol}$$

چون تعادل در ظرف ۱۰ لیتری برقرار شده پس غلظت هر یک مواد را باید در ظرف ۱ لیتری تعیین کنیم.

$$\text{mol}_{N_2O_4} = 1 - x = 1 \text{ mol} - 0/75 \text{ mol} = 0/25 \text{ mol} \Rightarrow [N_2O_4] = \frac{0/25 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0/025 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{mol}_{NO_2} = 2x = 2 \times 0/75 \text{ mol} = 1/5 \text{ mol} \Rightarrow [NO_2] = \frac{1/5 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0/15 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0/15 \text{ mol.L}^{-1})^2}{(0/025 \text{ mol.L}^{-1})} = 0/9 \text{ mol.L}^{-1}$$

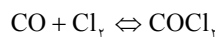
مثال (۲): مخلوطی از گازهای  $CO$  و  $Cl_2$  را به نسبت مولی برابر و معین در ظرف سربسته تا برقراری تعادل گازی زیر



گرم می‌کنیم. در این حالت غلظت  $COCl_2$  برابر  $0/4$  مول در لیتر است. غلظت  $Cl_2$  بر حسب مول در لیتر چند است؟

جواب: چون در شروع واکنش تعداد مولهای  $CO$  و  $Cl_2$  برابر بوده است و در معادله نیز ضرایب یکسانی دارند، پس به نسبت مولی برابر

مصرف می‌شوند و مقدار مساوی از آنها باقی می‌ماند. برای رسیدن به غلظت تعادلی  $Cl_2$  ، غلظت مولی آن را  $x$  فرض می‌کنیم و چون ضریب  $CO$  و  $Cl_2$  در معادله‌ی واکنش برابر است، بنابراین غلظت مولی  $CO$  هم  $x$  فرض می‌شود.



$$[CO] = [Cl_2] = x \quad , \quad [COCl_2] = 0/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} \Rightarrow 10 = \frac{0/4}{x \times x} \Rightarrow x^2 = 0/04 \Rightarrow x = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین غلظتهای تعادلی  $CO$  و  $Cl_2$  برابر است با:  $[CO] = [Cl_2] = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$

مثال (۳):  $0/3$  مول  $CO$  را با  $0/3$  مول  $Cl_2$  در ظرفی به حجم  $V$  لیتر به دمای معین می‌رسانیم، تا تعادل گازی  $COCl_2$  ،  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  ،  $K=10$  برقرار شود. در صورتیکه تعداد مولهای  $COCl_2$  در حالت تعادل برابر با  $0/2$  مول باشد، حجم ظرف چند لیتر است؟

جواب: جدول زیر را تشکیل می‌دهیم.

	$CO$	$Cl_2$	$COCl_2$
غلظت اولیه	$0/3$	$0/3$	$0$
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$
غلظت تعادلی	$0/3-x$	$0/3-x$	$0/2$

با توجه به ضرایب استوکیومتری معادله‌ی واکنش، برای تولید  $0/2$  مول  $COCl_2$  ، باید از هر کدام از مواد  $CO$  و  $Cl_2$  ،  $0/2$  مول مصرف شود، در این صورت از هر کدام  $0/1$  مول در تعادل باقی می‌ماند. بنابراین:

	$CO$	$Cl_2$	$COCl_2$
غلظت اولیه	$0/3$	$0/3$	$0$
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$
غلظت تعادلی	$0/1$	$0/1$	$0/2$

$$K = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} \Rightarrow 10 = \frac{(\frac{0/2}{V})}{(\frac{0/1}{V})^2} \Rightarrow V = \frac{0/1}{0/2} \Rightarrow V = 0/5 \text{ L}$$

سوال (۱۰): 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  $L \cdot mol^{-1}$  است؟ (تجربی - سراسری ۹۰)

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

دامها: ۱- تغییر مولها برای رسیدن به تعادل؟ -۲- مولهای تعادلی  $SO_2$ ،  $SO_3$  و  $O_2$  کدام است؟

راه حل ها: ۱- تغییر مولها از شروع تا برقراری تعادل (ردیف ۲). ۲- مولهای تعادلی  $SO_3$  برابر ۴ بوده، یعنی ۴ مول  $SO_3$  تولید شده است، پس ۴ مول از  $SO_2$  و ۲ مول از  $O_2$  مصرف شده است. بنابراین مولهای تعادلی مواد (ردیف ۳) و غلظتهای تعادلی (ردیف ۴) را تعیین و در رابطه ثابت تعادل قرار می‌دهیم. ۳- حجم ظرف ۲ لیتر است.

	$2SO_2$	$O_2$	$2SO_3$
مول اولیه	۴/۱	۲/۲	۰
تغییر مول	-۲X	-X	+۲X
مول تعادلی	۴/۱-۲X	۲/۲-X	۴
مول تعادلی	۴/۱-۴=۰/۱	۲/۲-۲=۰/۲	۴
غلظت تعادلی	$\frac{0/1}{2} = 0/05$	$\frac{0/2}{2} = 0/1$	$\frac{4}{2} = 2$

$$K = \frac{2^2}{(0/05)^2(0/1)} = 16000 = 1/6 \times 10^4$$

پاسخ: گزینه (۲)

سوال (۱۱): مخلوطی از ۵ مول گاز  $HCl$  را با ۱/۱ مول گاز اکسیژن در ظرف سربسته دو لیتری تا رسیدن به حالت تعادل:  $4HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$  تعادل در شرایط آزمایش برحسب  $L \cdot mol^{-1}$  کدام است؟ (تجربی - سراسری ۸۸)

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

دامها: ۱- حجم ظرف مهم است. -۲- در صد تجزیه  $HCl$  مهم است، چون با تغییر مولهای  $HCl$  برابر است.

راه حل ها: ۱- از ۵ مول گاز  $HCl$  برای برقراری تعادل ۸۰ درصد آن تجزیه شده است. یعنی ۴ مول آن تجزیه شده است. پس:  $4X = 4 \Rightarrow X = 1$

	$4HCl$	$O_2$	$2Cl_2$	$2H_2O$
مول اولیه	۵	۱/۱	۰	۰
تغییر مول	-۴X	-X	+۲X	+۲X
مول تعادلی	۵-۴X	۱/۱-X	+۲X	+۲X
مول تعادلی	۵-۴=۱	۱/۱-۱=۰/۱	۲	۲
غلظت تعادلی	$\frac{1}{2} = 0/5$	$\frac{0/1}{2} = 0/05$	$\frac{2}{2} = 1$	$\frac{2}{2} = 1$

$$K = \frac{1^2 \times 1^2}{(0/5)^4(0/05)} = 320$$

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۱۲): مقدار ۶/۲۵۵ گرم  $PCl_5$  را در ظرف سربسته ای گرما می‌دهیم تا تعادل زیر برقرار شود. اگر در حالت تعادل ۲/۷۵ گرم  $PCl_3$  در ظرف موجود باشد، حجم ظرف واکنش چند لیتر است؟ ( $P = 31g \cdot mol^{-1}$ ،  $Cl = 35/5g \cdot mol^{-1}$ ) (تجربی - خارج کشور ۸۵)



۵(۴)

۴(۳)

۳(۲)

۲(۱)

**دامها:** ۱- تبدیل گرم به مول ۲- تعیین تغییر مولها و مولهای تعادلی مواد.

**راه حل ها:** ۱- محاسبه تعداد مولهای هر یک از مواد:  $\text{molPCl}_5 = \frac{6/255\text{g}}{208/5\text{g/mol}} = 0.03\text{mol}$  و

۲- تشکیل جدول زیر و درک این جمله که  $\text{PCl}_3$  و  $\text{Cl}_2$  ضرایب یکسانی دارند و به مقدار مساوی تولید می شوند. ( $\text{molCl}_2 = 0.02\text{mol}$ ).

	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
مول اولیه	۰/۰۳	۰	۰
تغییر مول	-x	+x	+x
مول تعادلی	۰/۰۳-x	۰/۰۲	+x
مول تعادلی	۰/۰۳-۰/۰۲=۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
غلظت تعادلی	$\frac{0.01}{V}$	$\frac{0.02}{V}$	$\frac{0.02}{V}$

$$8 \times 10^{-3} = \frac{\left(\frac{0.02}{V}\right)^2}{\frac{0.01}{V}} \Rightarrow V = 5L$$

پاسخ: گزینه (۴)

**سوال (۱۳):** اگر در واکنش تعادلی تجزیه آمونیاک:  $\text{K} = 12$   $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  که در یک ظرف دو لیتری در

بسته در دمای معین برقرار است. مقدار  $1/2$  مول هیدروژن وجود داشته باشد. مقدار اولیه آمونیاک برابر چند مول بوده است؟ (شارح کشور ۹۰)

۰/۹۲(۱)      ۰/۸۴(۲)      ۰/۶۸(۳)      ۰/۵۲(۴)

**دامها:** ۱- رابطه استوکیومتری مواد- ۲- حجم ظرف دو لیتر است. -۳- رابطه مول و مولار و حجم ظرف.

**راه حل ها:** ۱- چون هیدروژن  $1/2$  مول تولید شده است، پس مولهای نیتروژن برابر  $\frac{1}{3}$  آن بوده و برابر  $0/4$  مول است. ۲- برای تولید این مقدار از

هیدروژن و نیتروژن با توجه به معادله و ضرایب آنها،  $0/8$  مول آمونیاک مصرف شده است. ۳- غلظت و مول باقیمانده آمونیاک در تعادل عبارت است از:

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2} \Rightarrow 12 = \frac{\left(\frac{0.4}{2}\right)\left(\frac{1.2}{2}\right)^3}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} \Rightarrow x = 0.12\text{mol}$$

بنابراین تعداد مولهای اولیه آمونیاک برابر است با:  $\text{molNH}_3 = 0.12 + 0.8 = 0.92\text{mol}$

پاسخ: گزینه (۱)

### قسمت (۳): خارج قسمت واکنش و پیش بینی جهت پیشرفت واکنش:

نکات مهم در مورد K و Q و رابطه‌ی بین آنها:

(۱) Q (خارج قسمت واکنش)، معیاری از پیشرفت واکنش است. وقتی مخلوط واکنش، تنها دارای واکنش دهنده‌هاست. صورت عبارت خارج قسمت واکنش برابر صفر می‌شود از این رو  $Q = 0$ .

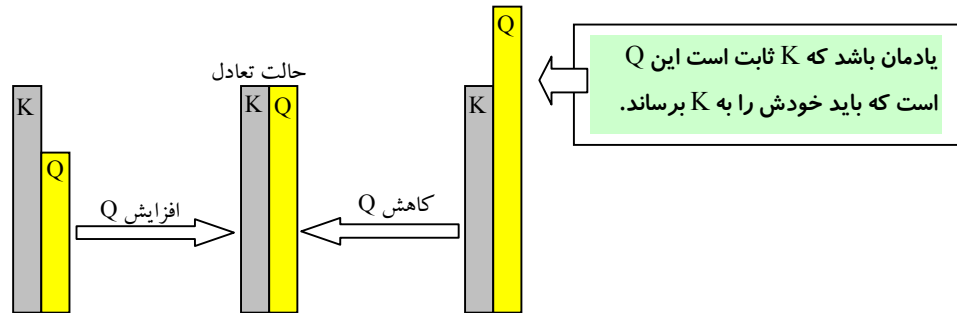
(۲) با پیشرفت واکنش مطابق عبارت خارج قسمت واکنش، غلظت فرآورده‌ها (صورت خارج قسمت واکنش) افزایش و غلظت واکنش دهنده‌ها (مخرج خارج قسمت واکنش) کاهش می‌یابد. در نتیجه مقدار Q زیاد خواهد شد.

(۳) اگر همگی واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها تبدیل شوند (واکنش کامل است) و مقدار Q بی‌نهایت خواهد بود.

(۴) اگر  $Q < K$  باشد در این صورت واکنش از چپ به راست می‌رود (واکنش رفت انجام می‌گیرد) تا به تعادل برسد. به این ترتیب Q تا جایی افزایش می‌یابد که با K برابر باشد. (به عبارت ساده Q از K عقب مانده و باید به سمت جلو حرکت کند تا با K برابر باشد.)



۵) اگر  $Q > K$  باشد. در این صورت واکنش از راست به چپ می رود (واکنش برگشت انجام می گیرد) تا به تعادل برسد به این ترتیب  $Q$  تا جایی کاهش می یابد که با  $K$  برابر شود. ( به عبارت ساده  $Q$  از  $K$  جلو زده و باید به سمت عقب برگردد تا با  $K$  برابر باشد ).  
 ۶) اگر  $Q = K$  باشد سیستم در حال تعادل است.



مقایسه مقدار  $K$  و  $Q$  و تعیین جهت پیشرفت واکنش

سوال (۱۴): اگر براساس واکنش تعادلی نمادین گازی:  $K = 2/25$ ،  $A + B \rightleftharpoons 2C$ ، مقدار  $0/1$  مول از هر یک از دو گاز  $A$  و  $B$  را با  $0/15$  مول گاز  $C$  در ظرفی یک لیتری، مخلوط کنیم تا با هم در شرایط آزمایش واکنش دهند، کدام وضعیت پیش می آید؟ (تئوری - سراسری ۸۸)  
 ۱) واکنش های رفت و برگشت با سرعت برابر انجام خواهند گرفت.  
 ۲)  $Q$  از  $K$  بزرگ تر است و تعادل در جهت رفت جابه جا می شود.  
 ۳)  $Q$  از  $K$  کوچک تر است و تعادل در جهت، برگشت جابه جا می شود.  
 ۴) مخلوط، در وضعیت تعادل قرار می گیرد و سرعت واکنش در هر دو طرف به صفر می رسد.

دامها: ۱- محاسبه مقدار  $Q$  - ۲- مقایسه  $K$  و  $Q$  - ۳- پیش بینی جهت پیشرفت واکنش تا رسیدن به تعادل.

راه حل ها: ۱-  $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(0/15)^2}{(0/1)^2} = 2/25$ ، چون  $Q=K$  است، پس واکنش در تعادل است و واکنش های رفت و برگشت با سرعت برابر انجام می شوند. اما این سرعت ها صفر نیستند.

پاسخ: گزینه (۱)

سوال (۱۵): واکنش تعادلی،  $K = 3/2 \text{ L.mol}^{-1}$ ،  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ ، به ازای غلظت های داده شده (بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}$ ) در کدام ردیف جدول روبه رو، در شرایط واکنش، به حالت تعادل وجود دارد؟ (ریاضی - فارغ کشور ۸۶)

$[\text{SO}_2]$	$[\text{O}_2]$	$[\text{SO}_3]$
۰/۳	۰/۵	۰/۴
۰/۵	۰/۲	۰/۳
۰/۵	۰/۲	۰/۴
۰/۳	۰/۵	۰/۳

- ۱) ردیف ۱  
 ۲) ردیف ۲  
 ۳) ردیف ۳  
 ۴) ردیف ۴

دامها: ۱- محاسبه مقدار  $Q$  - ۲- دانستن وضعیت  $K$  و  $Q$  در لحظه تعادل؟

راه حل ها: ۱- محاسبه مقدار  $Q$  برای هر یک از ردیف ها - ۲- در شرایط تعادل باید  $Q=K$  باشد. پس در هر کدام  $Q=K$  باشد، واکنش در تعادل است.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۱۶): در مورد سامانه ی برگشت پذیر زیر که شامل دو مول از هریک از واکنش دهنده ها و یک مول فراورده در یک ظرف یک لیتری است، کدام مطلب درست است؟ (ریاضی - فارغ کشور ۹۰)



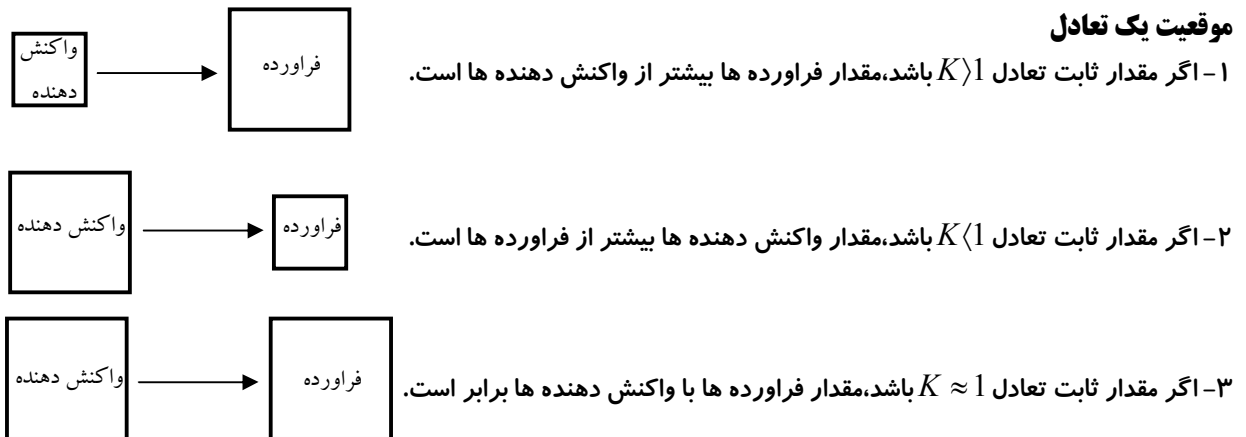
- ۱) در حال تعادل است.  
 ۲) در جهت برگشت جابجا می شود.  
 ۳) در جهت رفت جابجا می شود.  
 ۴) با افزایش دما در جهت برگشت جابجا می شود.

دامها: ۱- محاسبه مقدار  $Q$  - ۲- دانستن وضعیت  $K$  و  $Q$  در لحظه تعادل؟

**راه حل ها:** ۱- محاسبه مقدار Q برای واکنش ۲- چون مقدار Q از K بزرگ تر است پس واکنش در تعادل نیست و برای رسیدن به تعادل باید در جهت برگشت جابجا شود. ۳- واکنش گرماگیر است و با افزایش دما در جهت رفت جابجا می شود.

پاسخ: گزینه (۲)

### قسمت (۴): موقعیت تعادل و تفسیر ثابت تعادل و بررسی تعادل از جنبه سینتیک و ترمودینامیک:



یک تعادل را می توان از دو جنبه بررسی کرد.

#### ۱- بررسی تعادل از جنبه سینتیک

الف) اگر انرژی فعال سازی واکنش زیاد باشد، سرعت واکنش پایین بوده و زمان برقراری تعادل بیشتر خواهد بود. بنابراین چنین واکنشی از نظر سینتیکی کنترل می شود و از نظر سنتیکی نامساعد است.

زمان برقراری تعادل زیاد  $\Rightarrow$  سرعت واکنش پایین  $\Rightarrow$  انرژی فعال سازی زیاد

ب) اگر انرژی فعال سازی واکنش کم باشد، سرعت واکنش زیاد بوده و زمان برقراری تعادل کمتر خواهد بود. بنابراین چنین واکنشی از نظر سینتیکی کنترل نمی شود و از نظر سینتیکی مساعد است.

زمان برقراری تعادل کم  $\Rightarrow$  سرعت واکنش زیاد  $\Rightarrow$  انرژی فعال سازی کم

#### ۲- تفسیر ثابت تعادل

بررسی تعادل از نظر ترمودینامیکی در واقع بررسی موقعیت تعادل است که فقط از روی ثابت تعادل K، که خود یک ویژگی ترمودینامیکی است، صورت می گیرد. منظور از تفسیر ثابت تعادل استخراج اطلاعات حاصل از مقدار ثابت تعادل K واکنش مورد نظر است. برای درک بهتر این مطلب و تفسیر ثابت تعادل یک واکنش واکنشهای تعادلی را در چهار دسته تقسیم می کنیم.

برای بررسی موقعیت تعادل می توانید از جدول زیر استفاده کنید.

مقدار K	موقعیت تعادل	سهم واکنش دهنده ها یا فراورده ها
$K > 10^2$	در سمت راست (سمت فراورده ها)	سهم فراورده ها بیشتر است.
$K < 10^{-2}$	در سمت چپ (سمت واکنش دهنده ها)	سهم واکنش دهنده ها بیشتر است.
$10^{-2} < K < 10^2$	در میانه	واکنش دهنده ها و فراورده ها تقریباً سهم یکسانی دارند.
$K > 10^0$	در سمت فراورده ها	تقریباً واکنش دهنده ها بطور کامل مصرف می شوند.
$K < 10^{-10}$	در سمت واکنش دهنده ها	تقریباً واکنشی انجام نمی شود.

سوال (۱۷): اگر مقدار ثابت تعادل بسیار بزرگ باشد، کدام عبارت درباره این واکنش تعادلی همواره درست است؟ (ریاضی - فارغ کشور ۹۰)

(۱) در صورت انجام تا مرز کامل شدن پیش می رود.

(۲) با سرعت بسیار زیاد به حالت تعادل می رسد.

(۳) در مجاورت یک کاتالیزگر مناسب انجام گرفته است.

(۴) نسبت غلظت واکنش دهنده ها به فراورده ها در آن زیاد است.

راه حل ها: ۱- بزرگی K نشان از تبدیل زیاد واکنش دهنده ها به فراورده هاست، و نشان می دهد تعادل در سمت فراورده ها قرار دارد و سهم

واکنش دهنده ها در تعادل بسیار کم است. ۲- مقدار K ربطی به زمان برقراری تعادل ندارد. ۳- کاتالیزگر تاثیری در مقدار ثابت تعادل ندارد.

پاسخ: گزینه (۱)

سوال (۱۸): ثابت تعادل چهار واکنش تعادلی داده شده است. در کدام مورد می توان از روش های استوکیومتری محاسبات کمی را انجام داد؟

(تالیفی)

۱۰۲ (۱) ۷۹۴ (۲)  $1/6 \times 10^{-22}$  (۳)  $3 \times 10^{-2}$  (۴)

راه حل ها: ۱- برای واکنش کامل یا در مرز کامل شدن که مقدار K بسیار بزرگی دارد می توان از روش های استوکیومتری محاسبات کمی را

انجام داد.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۱۹): گزینه های زیر درستند به جز گزینه ..... (تالیفی)

(۱) در تعادل  $B \leftrightarrow A$  با  $K=10^{-2}$  مواد واکنش دهنده غالب هستند.

(۲) بزرگ بودن ثابت تعادل نشان دهنده ی سریع برقرار شدن تعادل است.

(۳) اگر در تعادل  $2C \leftrightarrow 2A+B$  با  $K=900$ ، ۲ مول A و ۱ مول B وارد ظرف شود، مقدار C بیشتر خواهد شد.

(۴) با استفاده از ثابت تعادل می توان میزان پیشرفت واکنش را تعیین کرد.

راه حل ها: ۱- K کوچک نشان از حضور زیاد مواد واکنش دهنده است. ۲- زمان رسیدن به تعادل ربطی به مقدار K ندارد. ۳- با افزودن مواد

واکنش دهنده تعادل در جهت رفت جابجا شده و مقدار فراورده ها بیشتر می شود. ۴- هر چه K بیشتر باشد، پیشرفت واکنش بیشتر است و بالعکس.

پاسخ: گزینه (۲)

## قسمت (۵): عوامل موثر بر تعادل (اصل لوشاتلیه):

شعار لوشاتلیه: (اضحای باید مصرف شود - کمبود باید جبران شود).

### ۱- اثر تغییر غلظت بر تعادل:

۱- اگر غلظت یکی از مواد موجود در تعادل افزایش یابد، تعادل چنان تغییر می کند که غلظت اضافه شده کاهش یابد، یعنی اضافه باید مصرف شود. به طوریکه:

الف) اگر غلظت یکی از مواد واکنش دهنده اضافه شود، تعادل برای مصرف آن در جهت رفت (به سمت راست) جابجا می شود.

ب) اگر غلظت یکی از فراورده ها اضافه شود، تعادل برای مصرف آن در جهت برگشت (به سمت چپ) جابجا می شود.

۲- اگر غلظت یکی از مواد موجود در تعادل کاهش یابد، تعادل چنان تغییر می کند که غلظت کاهش یافته را جبران کند، یعنی کمبود باید جبران شود. به طوریکه:

الف) اگر غلظت یکی از مواد واکنش دهنده کاهش یابد، تعادل برای تولید آن در جهت برگشت (به سمت چپ) جابجا می شود.

ب) اگر غلظت یکی از فراورده ها کاهش یابد، تعادل برای تولید آن در جهت رفت (به سمت راست) جابجا می شود.

**سؤال:** اثر هریک از تغییرات غلظت مواد زیر را برای واکنش تعادلی  $Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons FeSCN^{2+}_{(aq)}$  توضیح دهید؟  
(بی رنگ) (زرد کم رنگ) (قرمز تیره)

(الف) افزودن پتاسیم تیوسیانات  $KSCN$  (این ماده به صورت  $K^{+}$  و  $SCN^{-}$  در آب حل می شود)

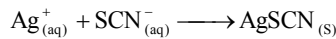
(ب)  $FeCl_3$  (این ماده به صورت  $Fe^{3+}$  و  $3Cl^{-}$  در آب حل می شود)

(ج) افزودن  $AgNO_3$  ( $AgSCN$  تشکیل شده تقریباً یک رسوب است).

**جواب:** الف) با افزودن  $KSCN$  و به هم زدن محلول این ماده به راحتی در محلول حل می شود و یونهای  $K^{+}$  و  $SCN^{-}$  وارد محلول می شود یعنی غلظت  $SCN^{-}$  افزایش می یابد. در نتیجه تعادل برای کاهش اثر این تغییر تحمیل شده به سمت راست جابجا شده و  $SCN^{-}$  اضافی را مصرف می کند و  $FeSCN^{2+}$  تولید می شود و رنگ محلول تیره تر می شود.

ب) با افزودن  $FeCl_3$  که به صورت یونهای  $Fe^{3+}$  و  $Cl^{-}$  در محلول اضافه می شود. غلظت  $Fe^{3+}$  بیشتر می شود و تعادل به سمت راست جابجا می شود تا  $Fe^{3+}$  اضافی را مصرف کرده و  $FeSCN^{2+}$  تولید کند و دوباره محلول تیره رنگ می شود.

ج) با افزودن  $AgNO_3$  که به صورت یونهای  $Ag^{+}$  و  $NO_3^{-}$  به محلول اضافه می شود. یونهای  $Ag^{+}$  با یونهای  $SCN^{-}$  واکنش داده و آنها را به صورت رسوب نقره تیوسیانات از محلول خارج می کنند. یعنی یون  $SCN^{-}$  از محلول خارج می شود.



در این حالت تغییر تحمیل شده کاهش یونهای  $SCN^{-}$  می باشد که تعادل برای جبران آن به سمت چپ جابجا شده و در جهت تجزیه یونهای رنگی  $FeSCN^{2+}$  تجزیه می شوند و یونهای بی رنگ  $SCN^{-}$  و زرد رنگ  $Fe^{3+}$  را تولید می کنند در نتیجه رنگ محلول روشن تر می شود.

**سوال (۲۰):** کدام مطلب درباره ی واکنش به حالت تعادل زیر، در ظرف سر بسته نادرست است؟ (تجربی - سراسری ۹۰)



(۱) یک واکنش تعادلی ناهمگن سه فازی است.

(۲) خارج کردن مقداری سدیم کربنات از سامانه، تعادل را به سمت چپ جابجا می کند.

(۳) با خارج کردن مقداری بخار آب از سامانه، از جرم مواد جامد کاسته می شود.

(۴) رابطه ی ثابت تعادل این واکنش به صورت  $K = [CO_2][H_2O]$  است.

**دامها:** ۱- تشخیص همگن یا ناهمگن بودن تعادل؟ ۲- تغییر مقدار یک ماده جامد که عضوی از تعادل است، چه تاثیری بر تعادل دارد؟

**راه حل ها:** ۱- تعادل مورد نظر یک تعادل سه فازی است. (جامدها هر کدام یک فاز و دو گاز با هم یک فاز تشکیل می دهند). ۲- افزودن ماده ی جامد به یک سیستم تعادلی و یا خارج کردن آن، سبب جابجایی تعادل نمی شود. ۳- با خارج شدن بخار آب تعادل برای جبران آن در جهت رفت جابجا می شود، ماده جامد سدیم کربنات تولید شده و جامد سدیم هیدروژن کربنات مصرف می شود و از آنجایی که تغییر تعداد مولهای سدیم هیدروژن کربنات ۲ برابر سدیم کربنات است، و از طرفی مقداری از مواد جامد به گاز تبدیل می شود، پس در مجموع جامد مصرف شده بیشتر از جامد تولید شده است. (البته غلظت مواد جامد همپتان ثابت است).

پاسخ: گزینه (۲)

**سوال (۲۱):** اگر تعادل گازی:  $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ ، در ظرفی با حجم ثابت روی دهد. جابجایی تعادل به سمت چپ، راست و راست،

به ترتیب، بر اثر ..... گاز..... و ..... گاز ..... انجام می گیرد. (ریاضی - فارغ کشور ۸۷)

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

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

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

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

**دامها:** ۱- تاثیر افزایش و کاهش یک ماده بر تعادل چیست؟ ۲- ماده ای که مقدار آن کاهش یا افزایش می یابد، یک فراورده است یا یک واکنش دهنده؟ ۳- تغییر ایجاد شده تعادل را در چه جهتی جابجا می کند.

**راه حل ها:** ۱- افزایش یک واکنش دهنده به تعادل و کاهش یک فراورده از تعادل، آن را در جهت رفت (راست) جابجا می کند. ۲- کاهش یک واکنش دهنده و افزایش یک فراورده به تعادل، تعادل را در جهت برگشت (چپ) جابجا می کند.

پاسخ: گزینه (۱)

سوال (۲۲): با وارد کردن مقداری اکسیژن در سیستم گازی به حالت تعادل  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$  غلظت‌های  $NO$  و  $N_2O_4$

به ترتیب چه می‌شوند؟ (کنکور سراسری)

(۱) زیاد - کم (۲) زیاد - زیاد (۳) کم - زیاد (۴) کم - کم

راه حل ها: ۱- افزودن گاز اکسیژن به تعادل، سبب جابجایی تعادل اول در جهت رفت می‌شود. (مقداری از  $NO$  به همراه مقداری از اکسیژن اضافه شده، مصرف می‌شود. در نتیجه مقداری  $NO_2$  تولید می‌شود و به تعادل دوم مقداری  $NO_2$  اضافه می‌شود و تعادل دوم نیز در جهت رفت جابجا می‌شود و در این حالت مقداری از  $NO_2$  تولید شده از جابجایی تعادل اول، مصرف شده و به  $N_2O_4$  تبدیل می‌شود و مقداری هم به مقدار تعادلی اولیه آن افزوده می‌شود. در نهایت اینکه نسبت به تعادل قبلی، غلظت  $NO$  کاهش و غلظت  $O_2$  و  $NO_2$  و  $N_2O_4$  افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه (۳)

۲- اثر تغییر فشار بر تعادل: تغییر فشار بر سیستم‌هایی مؤثر است که در آنها:

(الف) همه یا حداقل یکی از مواد موجود در تعادل گازی باشد.

(ب) تعداد مولهای گازی در دو سمت تعادل برابر نباشد.

بررسی اثر تغییر فشار بر تعادل:

اصل لوشاتلیه را برای انجام پیش‌بینی‌های کیفی در مورد اثر تغییرات فشار بر سیستم‌های در حال تعادل نیز می‌توان به کار برد. به طوریکه:

(الف) با افزایش فشار بر یک سیستم تعادلی، به دلیل کاهش حجم، سیستم برای برقراری تعادل جدید در جهت تولید تعداد مولهای کمتری شرفت می‌کند.

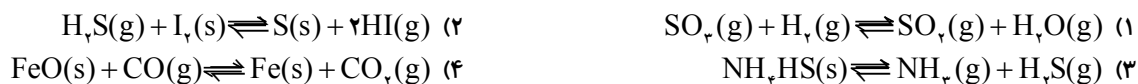
(ب) با کاهش فشار (افزایش حجم)، سیستم برای برقراری تعادل جدید در جهت تولید تعداد مولهای بیشتر جابجا می‌شود.

افزایش سرعت رفت و برگشت  $\longrightarrow$  افزایش غلظت مواد  $\longrightarrow$  افزایش فشار (کاهش حجم)

کاهش سرعت رفت و برگشت  $\longrightarrow$  کاهش غلظت مواد  $\longrightarrow$  کاهش فشار (افزایش حجم)

سوال (۲۳): کدام واکنش تعادلی ناهمگن است و بر اثر انتقال به ظرف سر بسته بزرگ تر یا کوچک تر در دمای ثابت، در جهت رفت یا برگشت

جابجا نمی‌شود؟ (ریاضی - خارج کشور ۸۶)



دامها: ۱- تشخیص تعادل همگن و ناهمگن - ۲- تشخیص تعادلی که تغییر حجم و فشار بر آن مؤثر نیست.

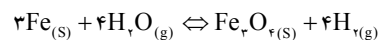
راه حل ها: ۱- تعادل گزینه (۱)، همگن و بقیه ناهمگن هستند. ۲- در تعادل گزینه (۴) که ناهمگن است، تعداد مولهای گازی در دو سمت برابر است،

پس تغییر حجم و فشار سبب جابجایی نمی‌شود. (بر واکنشهایی که در آنها تعداد مولهای گازی در دو سمت یک سیستم تعادلی برابر است

$(\Delta n_{(g)} = 0)$  تغییر فشار اثری بر موقعیت تعادل ندارد.)

۳- تغییرات فشار بیشترین اثر را بر تعادل‌های شامل مواد گازی دارد. به طوری که در تعادل‌های ناهمگن اثر فشار را می‌توان با شمارش تعداد مولهای

گاز در دو طرف واکنش پیش‌بینی کرد. به عنوان مثال تغییر فشار بر موقعیت تعادل زیر اثری ندارد، زیرا در هر دو طرف سمت، چهار مول گاز وجود دارد.



پاسخ: گزینه (۴)

سوال (۲۴): کدام واکنش تعادلی از نوع ناهمگن است و با انتقال مخلوط تعادلی به ظرف سر بسته بزرگ تر در دمای ثابت، در جهت رفت جابجا می

شود؟ (ریاضی - خارج کشور ۸۸)



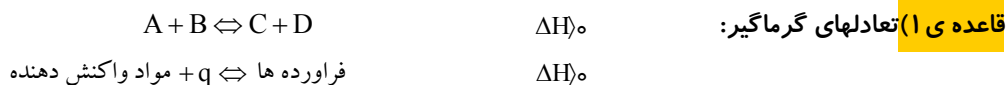
دامها: ۱- تشخیص تعادل همگن و ناهمگن - ۲- تشخیص تعادلی که تغییر حجم و فشار بر آن مؤثر بوده و سبب جابجایی در جهت رفت می‌شود.

راه حل ها: ۱- تعادل ۲ و ۴ ناهمگن است. ۲- ظرف بزرگ (افزایش حجم) سبب جابجایی در جهت تولید مولهای گازی بیشتر می‌شود. (تعادل (۲)).

پاسخ: گزینه (۲)

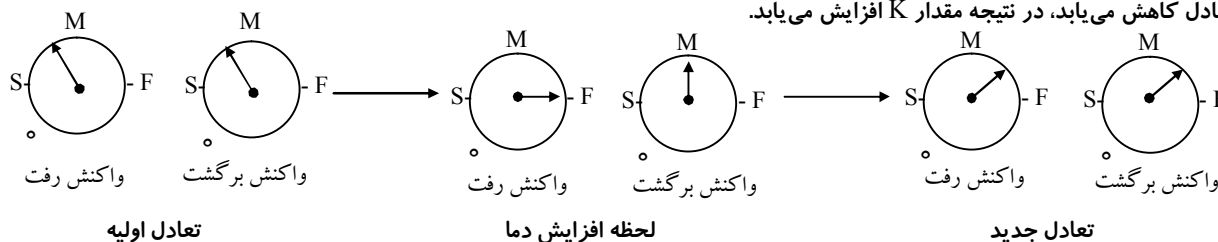
## ۳- اثر تغییر دما بر تعادل:

برای پیش‌بینی اثر تغییر دما بر یک سیستم در حال تعادل باید نوع واکنش از لحاظ گرماگیری و گرمایی مشخص باشد. به‌طور کلی می‌توانید با استفاده از دو قاعده‌ی زیر برای سیستم‌های تعادلی اثر تغییر دما را بررسی کنید.

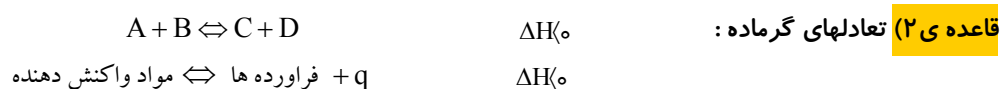
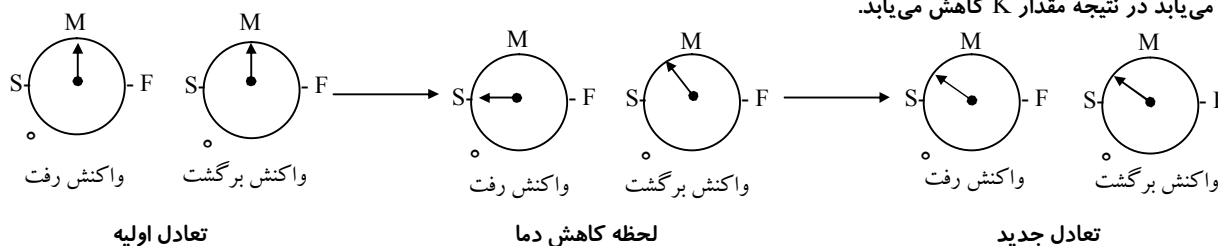


این واکنش تعادلی فرضی در جهت رفت گرماگیر و در جهت برگشت گرم‌است. بنابراین:

الف) با افزایش دما، هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت هر دو زیاد می‌شود اما سرعت واکنش رفت بیشتر افزایش می‌یابد. یعنی تعادل در جهت گرماگیری پیشرفت کرده و تعادل به سمت راست جابجا می‌شود. در این حالت صورت عبارت ثابت تعادل بیشتر شده و مخرج عبارت ثابت تعادل کاهش می‌یابد، در نتیجه مقدار K افزایش می‌یابد.

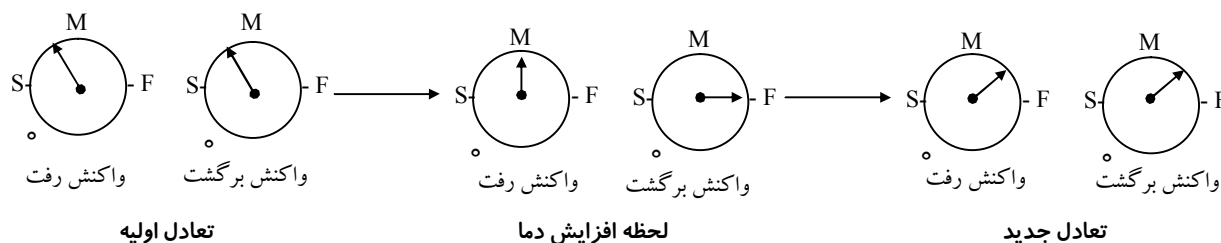


ب) با کاهش دما، هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت هر دو کم می‌شود اما سرعت واکنش رفت بیشتر کاهش می‌یابد. یعنی تعادل به سمت چپ جابجا می‌شود. یعنی محصولات به مواد اولیه تبدیل می‌شوند و صورت عبارت ثابت تعادل کاهش و مخرج عبارت ثابت تعادل افزایش می‌یابد در نتیجه مقدار K کاهش می‌یابد.

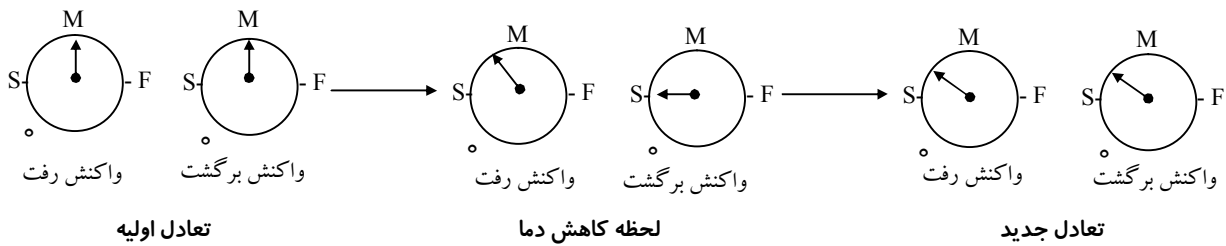


این واکنش تعادلی فرضی در جهت رفت گرماده و در جهت برگشت گرماگیر است. در این حالت:

الف) با افزایش دما، هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت هر دو زیاد می‌شود اما سرعت واکنش برگشت بیشتر افزایش می‌یابد. یعنی تعادل در جهت گرماگیری پیشرفت می‌کند، در نتیجه سبب جابجایی تعادل به سمت چپ شده و صورت عبارت ثابت تعادل کاهش و مخرج آن افزایش می‌یابد و مقدار K کاهش می‌یابد.



ب) با کاهش دما، هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت هر دو کم می‌شود اما سرعت واکنش برگشت بیشتر کاهش می‌یابد. یعنی سیستم تعادلی به سمت راست جابجا شده و صورت عبارت ثابت تعادل افزایش و مخرج عبارت ثابت تعادل کاهش می‌یابد در نتیجه، مقدار ثابت تعادل K افزایش می‌یابد.



عامل دو کاره در تعادل:

دما تنها عاملی است که علاوه بر جابجایی تعادل، مقدار عددی ثابت تعادل را نیز تغییر می دهد.

اثر دما بر تعادل:

نوع تعادل	تغییر دما	جهت جابجایی	تغییر مقدار K
گرماگیر	افزایش	در جهت رفت	افزایش
گرماگیر	کاهش	در جهت برگشت	کاهش
گرماده	افزایش	در جهت برگشت	کاهش
گرماده	کاهش	در جهت رفت	افزایش

همان طوری که در جدول فوق ملاحظه می کنید در تعادل های گرماگیر تغییر دما با مقدار K رابطه ی مستقیم و در تعادل های گرماده تغییر دما با مقدار K رابطه ی عکس دارد. در ضمن با افزایش دما تعادل در جهتی جابجا می شود که q در آن سمت قرار ندارد اما با کاهش دما تعادل در جهتی جابجا می شود که q در آن سمت قرار دارد.

سوال (۲۵): اگر در واکنش تعادلی گازی  $nA \rightleftharpoons mB$   $\Delta H < 0$  کوچک تر از n باشد، کدام عبارت همواره درباره آن درست است؟

(تهری - خارج کشور ۸۵)

- ۱) ثابت تعادل آن بزرگ تر از واحد است.  
 ۲) سرعت رسیدن آن به حالت تعادل، زیاد است.  
 ۳) افزایش دما سبب افزایش مقدار ثابت تعادل می شود.  
 ۴) با انتقال به ظرف کوچک تر در دمای ثابت، مقدار B افزایش می یابد.

دامها: ۱- به کلمه همواره توجه داشته باشید.

راه حل ها: ۱- غلظت های تعادلی در دسترس نیست و مقدار ثابت تعادل هم قابل پیش بینی نیست. ۲- زمان رسیدن به تعادل مشخص نیست، حتی اگر K هم معلوم باشد. ۳- تعادل گرماگیر است و با افزایش دما در جهت رفت جابجا می شود. در نتیجه ثابت تعادل بیشتر می شود. ۴- تعداد مولهای گازی در سمت فرآورده ها بیشتر است، پس انتقال آن به ظرف کوچک تر سبب جابجایی در جهت برگشت شده و مقدار B کاهش می یابد.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۲۶): با توجه به داده های جدول زیر که به واکنش تعادلی گازی:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  مربوط است، کدام مطلب نادرست

است؟ (تهری - خارج کشور ۹۰)

دما (°C)	K (mol <sup>-1</sup> .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 جابجا می شود.

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

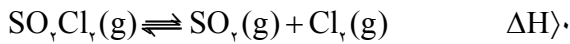
۴) انرژی فعالسازی واکنش در جهت رفت کم تر از مقدار آن در جهت برگشت است.

دامها: ۱- رابطه تغییر دما با مقدار K یا ثابت تعادل؟ ۲- تاثیر دما بر جابجایی تعادل؟ ۳- مقدار انرژی فعالسازی واکنش های رفت و برگشت در یک واکنش تعادلی؟

راه حل ها: ۱- با افزایش دما مقدار ثابت تعادل کاهش یافته است، یعنی تعادل در جهت رفت گرماده است و Q در سمت فرآورده ها قرار دارد و واکنش گرماده است. ۲- در تعادل گرماده با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابجا می شود. ۳- چه در تعادل های گرماده و چه در تعادل های گرماگیر، افزایش دما سبب افزایش سرعت و کاهش دما سبب کاهش سرعت واکنش های رفت و برگشت می شود. ۴- در یک واکنش گرماده مقدار انرژی فعالسازی واکنش رفت از برگشت کمتر است.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۲۷): مفهوم کدام گزینه در مورد سیستم تعادلی زیر نادرست است؟ (تالیفی)



(۱) با افزودن  $\text{SO}_2$ ، دمای سیستم افزایش می یابد.

(۲) با خارج کردن  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ، دمای سیستم کاهش می یابد.

(۳) با افزایش فشار، تعادل در جهت چپ جابجا می شود.

(۴) با کاهش دما، مقدار ثابت تعادل کاهش می یابد.

**دامها:** ۱- تاثیر افزایش یک ماده به تعادل یا خارج شدن یک ماده از تعادل بر جابجایی آن تعادل؟ - ۲- تاثیر تغییر فشار بر تعادل؟ - ۳- تاثیر کاهش دما

بر یک تعادل گرماگیر؟ - ۴- تاثیر دما بر مقدار ثابت تعادل؟

**راه حل ها:** ۱- تعادل گرماگیر است، پس جابجایی در جهت رفت سبب کاهش دمای سیستم و جابجایی در جهت برگشت سبب افزایش دمای سیستم می شود. از این رو با افزودن  $\text{SO}_2$  و خارج کردن  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  سبب جابجایی تعادل در جهت برگشت شده و دمای سیستم بدلیل تولید گرما افزایش می یابد.

۲- با افزایش فشار تعادل در سمت چپ جابجا می شود. (بدلیل تولید مولهای گازی کمتر). ۳- با کاهش دما، تعادل در جهت برگشت جابجا شده و مقدار ثابت تعادل کاهش می یابد.

پاسخ: گزینه (۲)

سوال (۲۸): در واکنش تعادلی  $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$  ;  $\Delta H < 0$  اگر دما را بالا ببریم، ثابت تعادل و زمان رسیدن به تعادل به ترتیب دستخوش

کدام تغییر می شوند؟ (کنکور سراسری)

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

**راه حل ها:** ۱- تعادل گرماده است، پس افزایش دما سبب جابجایی در جهت برگشت شده و مقدار  $K$  کاهش می یابد. ۲- با افزایش دما سرعت

واکنشهای رفت و برگشت هر دو افزایش می یابد و زمان رسیدن به تعادل کمتر می شود.

پاسخ: گزینه (۳)

## ۴- اثر کاتالیزگر بر تعادل:

نکات مهم در مورد نقش کاتالیزگر در تعادل:

۱- کاتالیزگر قبل از برقراری تعادل، با افزایش سرعت واکنشهای رفت و برگشت سبب می شود تا تعادل زودتر برقرار شود اما پس از برقراری تعادل، اثری بر موقعیت یک تعادل شیمیایی ندارد، زیرا به طور یکسان بر سرعت واکنش رفت و برگشت اثر می گذارد.

۲- یک کاتالیزگر تأثیری بر غلظتهای تعادلی و مقدار  $K$ ، ثابت تعادل ندارد، اما می تواند سیستم را زودتر به تعادل برساند.

۳- میزان پیشرفت کلی واکنش از آغاز تا برقراری تعادل در حضور کاتالیزگر و یا در غیاب آن هیچ فرقی نمی کند.

۴- کاتالیزگر بر ثابت سرعت واکنشهای رفت  $k_f$  و برگشت  $k_r$  به یک میزان اثر می گذارد و از آنجایی که ثابت تعادل برابر نسبت ثابت سرعت رفت بر ثابت سرعت برگشت است، در نتیجه کاتالیزگر بر مقدار ثابت تعادل بی تاثیر است.

$$K = \frac{k_f}{k_r}$$

سوال (۲۹): کدام مطلب درباره نقش کاتالیزگر در واکنشهای برگشت پذیر، نادرست است؟ (ریاضی - خارج کشور ۱۵)

(۱) زمان برقرار شدن حالت تعادل را کوتاه تر می کند.

(۲) مقدار ثابت تعادل را بزرگ تر می کند و بر پایداری فرآورده ها می افزاید.

(۳) سرعت واکنشهای رفت و برگشت را به یک اندازه افزایش می دهد.

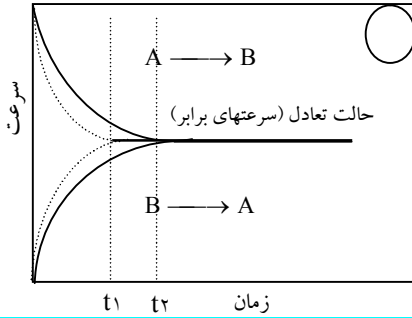
(۴) انرژی فعالسازی واکنشهای رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می دهد.

**راه حل ها:** ۱- همانطوری که در فصل ۱ عنوان شد کاتالیزگرها از طریق کاهش انرژی فعالسازی، سبب افزایش سرعت واکنشها می شوند.

کاتالیزگرها در یک واکنش برگشت پذیر انرژی فعالسازی واکنشهای رفت و برگشت را به یک میزان کاهش می دهند. در نتیجه سرعت واکنشهای



رفت و برگشت را افزایش می‌دهند. بنابراین سرعت واکنشهای رفت و برگشت سریعتر از زمان مورد نظر برابر می‌شود و تعادل زودتر برقرار می‌شود. نمودار زیر اثر کاتالیزگر بر یک تعادل را نشان می‌دهد.



زمان برقراری تعادل در حضور کاتالیزگر =  $t_1$

زمان برقراری تعادل بدون حضور کاتالیزگر =  $t_2$

پاسخ: گزینه (۲)

سوال (۳۰): در سیستم به حالت تعادل  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4 + q$  کدام تغییر زیر شدت رنگ خرمایی واکنش را کاهش می‌دهد؟

- (۱) افزایش دما (۲) افزایش فشار (۳) بکاربردن کاتالیزگر (۴) به هم زدن مخلوط در حال تعادل

کنکور سراسری

**دامها:** ۱- دانستن رنگ این دو گاز موجود در تعادل؟ ۲- تاثیر عوامل ذکر شده بر تعادل؟

**راه حل ها:** ۱-  $NO_2$  به رنگ خرمایی و  $N_2O_4$  بی رنگ است. ۲- تعادل گرماگیر بوده و با افزایش دما در جهت رفت جابجا می‌شود و مقدار  $NO_2$  بیشتر و شدت رنگ خرمایی افزایش می‌یابد. ۳- افزایش فشار سبب جابجایی در جهت برگشت شده و از شدت رنگ خرمایی کاسته می‌شود. ۴- کاتالیزگر و بهم زدن تعادل تاثیری ندارد.

پاسخ: گزینه (۲)

سوال (۳۱): کدام تغییر سبب جابجایی تعادل گازی  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4 + 57kJ$  به سمت راست می‌شود؟ (تالیفی)

- I. افزایش فشار II. افزایش حجم ظرف III. افزایش دما IV. کاتالیزگر  
 (۱) فقط I و II و IV (۲) فقط I و II و III (۳) فقط II و III (۴) فقط I و III

**راه حل ها:** ۱- افزایش فشار و کاهش حجم در جهت تولید مولهای کمتر جابجا می‌شود و بالعکس. ۲- افزایش دما در جهت گرماگیری (مصرف گرما) جابجا می‌شود. ۳- کاتالیزگری بر جابجایی تعادل ندارد.

پاسخ: گزینه (۳)

سوال (۳۲): کاتالیزگر در یک واکنش برگشت پذیر با ..... انرژی فعال سازی واکنش های رفت و برگشت سبب می‌شود تا

سرعت واکنش های رفت و برگشت ..... برابر شده و زمان رسیدن به تعادل ..... یابد. (تالیفی)

- (۱) افزایش - زودتر - افزایش (۲) کاهش - زودتر - کاهش  
 (۳) کاهش - دیرتر - کاهش (۴) افزایش - دیرتر - افزایش

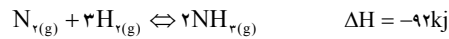
**راه حل ها:** ۱- کاتالیزگر انرژی فعال سازی واکنش رفت و برگشت را کاهش می‌دهد در نتیجه سرعت واکنشهای رفت و برگشت را افزایش می‌دهد. و در زمان کمتری سرعت ها برابر شده و تعادل برقرار می‌شود.

پاسخ: گزینه (۲)

## قسمت (۶): فرآیند هابر، نمونه ای از کاربرد عملی تعادل (کاربرد اصل لوشاتلیه در صنعت):

سوال (۳۳): فرایند هابر، گرما ... است و کاهش دما، سبب می شود که واکنش در جهت تولید آمونیاک ... جابه جا شود، اما سبب ... سرعت واکنش های رفت و برگشت می شود. به همین دلیل، این واکنش را در دماهای ... انجام می دهند. (تپیری - سراسری ۸۶)

- ۱) ده - بیش تر - کاهش - بالاتر  
 ۲) ده - کم تر - افزایش - پایین تر  
 ۳) گیر - بیش تر - کاهش - بالاتر  
 ۴) گیر - کم تر - افزایش - پایین تر



راه حل ها: شرایط فرآیند هابر:

- ۱- غلظت های زیادی از هیدروژن و نیتروژن باید در نظر گرفت.
- ۲- باید گاز آمونیاک را به محض تشکیل از محیط واکنش خارج ساخت تا غلظت این گاز هرگز زیاد نشود. زیرا در صورت زیاد شدن غلظت آمونیاک، تعادل در جهت برگشت جابه جا شده و آمونیاک تولید شده دو باره تجزیه می شود.
- ۳- دمای انتخاب شده باید به اندازه ای زیاد باشد که واکنش، سرعت معقولی داشته باشد و به اندازه ای کم باشد تا واکنش معکوس انجام نشود.
- ۴- باید از کاتالیزگری استفاده شود که انرژی فعال سازی واکنش را کاهش دهد. معمولاً از آهن با مقادیر کمی پتاسیم اکسید ( $K_2O$ ) و آلومینیوم اکسید ( $Al_2O_3$ ) به عنوان کاتالیزگر استفاده می شود.
- ۵- در طول فرایند فشار زیادی باید اعمال شود.

پاسخ: گزینه (۱)

سوال (۳۴): از دیدگاه نظری (تئوری)، در واکنش تعادلی  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ، در دمای ..... و فشار .....، دو شرط لازم برای پیشرفت واکنش اند. (تپیری - فارغ کشور ۸۸)

- ۱) پایین - پایین (۲) بالا - بالا (۳) بالا - پایین (۴) پایین - بالا

دامها: ۱- آیا این سوال مربوط به فرایند هابر است یا نه؟ ۲- تاثیر دما و فشار بر این تعادل؟

راه حل ها: ۱- دقت کنید که اگر در معادله مربوط به تهیه آمونیاک اگر بحث فرایند هابر مطرح باشد باید مثل سوال قبلی برخورد شود، اما اگر بحث این فرایند نباشد، (دیدگاه تئوری مطرح باشد)، با این تعادل هم مثل سایر تعادل ها برخورد می کنیم. یعنی برای جابجایی در جهت رفت باید دما کاهش و فشار افزایش یابد.

پاسخ: گزینه (۴)

موفق باشید - حسن عیسی زاده