

شیمی دوازدهم

فصل چهارم

عوامل موثر بر تعادل

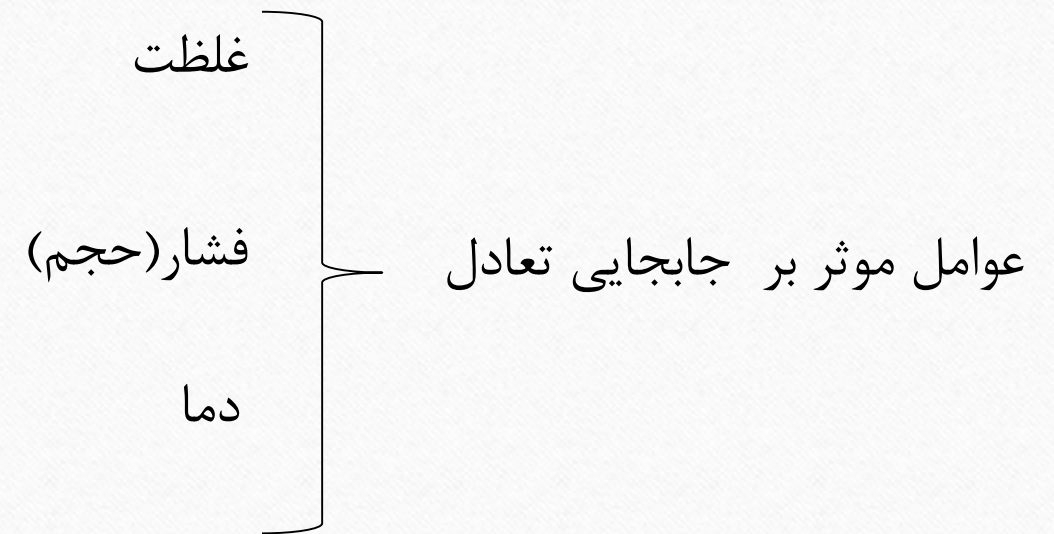
نفیسه عباس زاده



اگر شرایط آزمایش (مانند دما یا فشار) در یک سیستم تعادلی تغییر کند، چه اتفاقی می افتد؟

اصل لوشاتلیه می گوید سیستم در حال تعادل نسبت به تنش ایجادشده، واکنش نشان می دهد به نحوی که تا حد امکان با این تنش مقابله نموده و حالت تعادلی جدیدی را برقرار می کند.



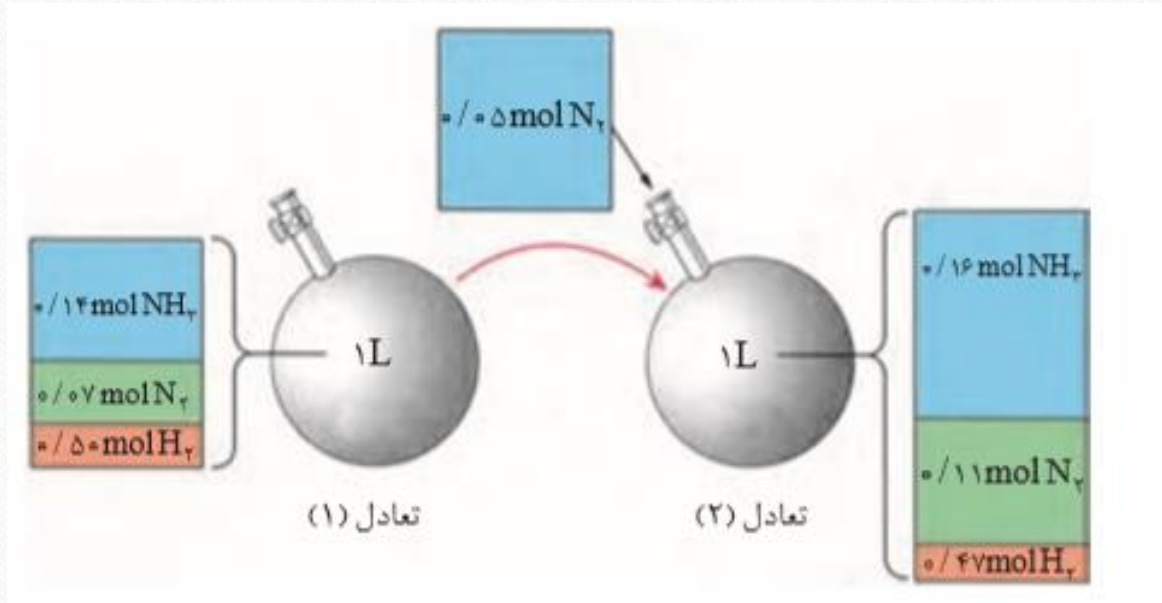


عامل موثر بر K (ثابت تعادل): دما



غلظت

شکل روبرو تاثیر غلظت بر تعادل را نشان میدهد.



باتوجه به شکل، با تغییر مقدار یک ماده:

(۱) مقدار مواد دیگر نیز دچار تغییر میشود

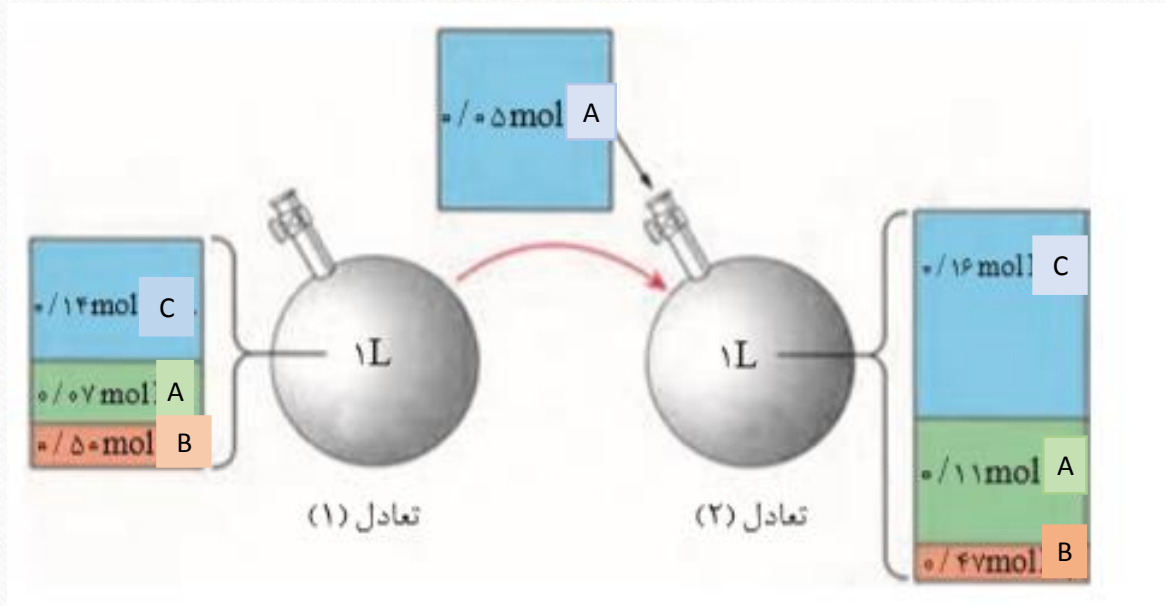
(۲) میزان تغییرات مواد نسبت به هم با توجه به نسبتهای استوکیومتری انجام شده است

(۳) مقدار ثابت تعادل در هر دو تعادل حدود $2/24$ است. لذا تغییر غلظت اگرچه از عوامل جابجایی تعادل است

اما ثابت تعادل را تغییر نمیدهد

(۴) تعادل در جهتی جابجا میشود که با این تغییر مقابله کند اما این تقابل 100 درصد نبوده به همین دلیل نمیتوان به

تعادل قبل دست یافت بلکه به تعادل جدید میرسیم



(مثال)

در محفظه ای تعادل گازی $aA + bB \rightleftharpoons cC$ برقرار است به این تعادل 0.05 مول ماده A می افزاییم پس از مدتی تعادل 2 برقرار میشود. مقدار ثابت تعادل را برای دو تعادل محاسبه کنید.

ثابت تعادل این واکنش به صورت $K = \frac{[C]^c}{[A]^a[B]^b}$ تعریف می شود لذا برای محاسبه آن باید توان های a ، b و c مشخص شوند.

در ظرف ابتدا 0.07 مول ماده A وجود داشته است پس از افزودن 0.05 دیگر از آن، باید در ظرف جدید 0.12 مول از آن وجود داشته باشد در حالیکه 0.11 است واضح است که در این بین 0.01 مول از آن مصرف شده در نتیجه این عمل، 0.02 مول به C (2×0.01) افزوده و 0.03 مول B (3×0.01) مصرف شده است.



لذا تعادل به صورت $A + 3B \rightleftharpoons 2C$ بوده است و عبارت ثابت تعادل این گونه خواهد شد:

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3}$$

که با جایگزینی ثابت تعادل بدون تغییر بوده و برابر $2/24$ است. به یاد دارید ثابت تعادل تنها تحت تأثیر دما است.

فشار (حجم)

افزایش فشار بر تعادل $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ را در نظر بگیرید در واکنش رفت دو مول گاز، با از میان رفتن سه مول گاز تولید می شود. دو مول گاز به اندازه سه مول گاز فشار ایجاد نمی کند. از این رو وقتی فشار بر این مخلوط تعادلی افزایش یابد (حجم سیستم کم شود) تعادل به سمت راست (مول های گازی کمتر) جابجا می شود و بدین ترتیب سیستم با تغییر ایجاد شده مقابله می کند. ولی کاهش فشار (افزایش حجم) موجب جابجا شدن این تعادل به طرف چپ می شود.

شایان توجه است که برای واکنش هایی که در آن ها $\Delta n = 0$ باشد تغییر فشار اثری بر وضع تعادل ندارد مثلاً تغییر فشار در تعادل سیستم های زیر تأثیری ندارد زیرا حجم کلی هیچ یک از این سیستم ها نه در واکنش رفت و نه در واکنش برگشت تغییر نکرده است.



در اینگونه موارد اگرچه شمار مولهای مواد شرکت کننده تغییری نمیکند اما به دلیل تغییر حجم، غلظت مولی دچار تغییر میشود.



۱- در تعادل گازی $aA \rightleftharpoons cC + bB$ با افزایش فشار، واکنش در جهت جابجا می‌شود. کدام یک از موارد زیر درست است؟

$$a < b+c$$

- با انتقال واکنش به ظرف بزرگ‌تر، واکنش در جهت برگشت جابجا می‌شود.

□ عبارت دوم صحیح است.

۲- چنانچه حجم ظرف واکنش تعادلی $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$ را در دمای ثابت، به ۴ برابر مقدار اولیه‌اش افزایش می‌دهیم، کدام پدیده روی می‌دهد؟

- تعداد مول‌های O_2 و مقدار K کاهش می‌یابد.

- تعداد مول‌های NO افزایش و مقدار K کاهش می‌یابد.

- تعداد مول‌های H_2O و NO افزایش و K ثابت می‌ماند.

- تعداد مول‌های NH_3 و O_2 افزایش و مقدار K ثابت می‌ماند.

□ مورد سوم صحیح است. افزایش حجم موجب جابجا شدن تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی بیشتر می‌شود پس تعداد مول NO و H_2O زیاد می‌شود. ثابت تعادل با تغییر غلظت و فشار تغییر نمی‌کند.



؟ کدام مطلب درباره تعادل گازی $aA + bB \rightleftharpoons cC$ نادرست است؟
- اگر $a+b > c$ باشد، با افزایش فشار، تعادل به سمت چپ جابجا می‌شود.
- اگر $a+b = c$ باشد، با افزایش فشار، تعادل جابجا نمی‌شود.
□ عبارت اول

دما

در واکنشهای گرماگیر: رابطه مستقیم میان دما و ثابت تعادل برقرار است. افزایش دما موجب جابجایی تعادل در جهت رفت میشود و ثابت تعادل افزایش می یابد

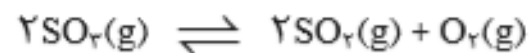
در واکنشهای گرماده: رابطه معکوس میان دما و ثابت تعادل. افزایش دما موجب جابجایی تعادل در جهت برگشت میشود و ثابت تعادل کاهش می یابد

تاثیر دما بر روی ثابت تعادل

لذا ابتدا باید بتوانیم با توجه به اطلاعات، گرماگیر و یا گرماده بودن واکنش را مشخص کنیم



جدول زیر اثر دما بر ثابت تعادل زیر را نشان میدهد اگر در این تعادل دما را کاهش دهیم ثابت تعادل و مقدار هریک از مواد شرکت کننده چه تغییری میکند؟

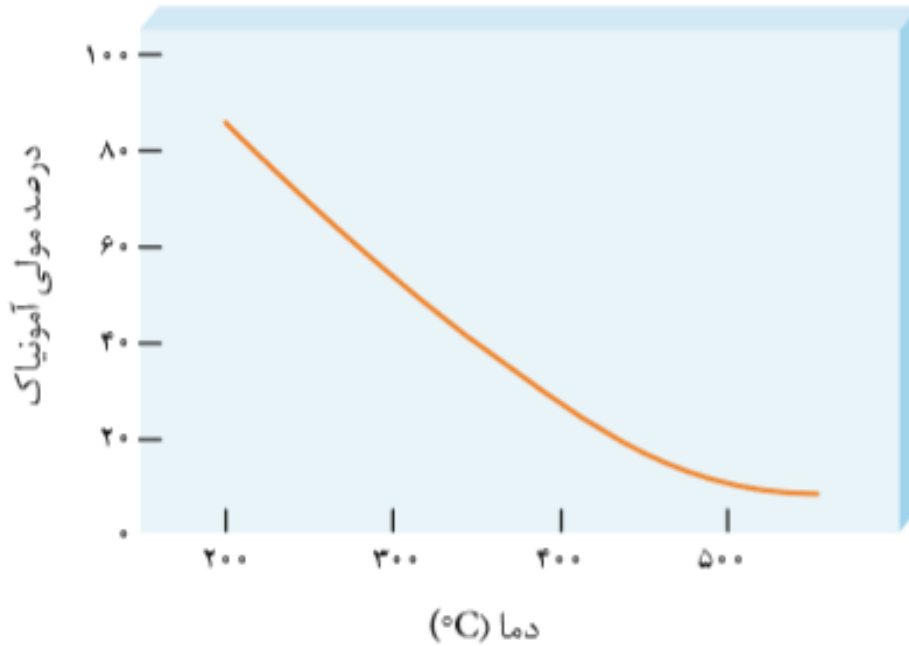
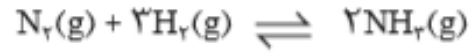


دما (°C)	۲۵	۲۲۵	۴۲۵
K	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}

باتوجه به جدول، با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش یافته (رابطه مستقیم) لذا واکنش گرماگیر بوده و طبق رابطه مستقیم، با کاهش دما، ثابت تعادل کاهش می یابد البته میتوان اینگونه هم استدلال کرد: گرما در طرف واکنش دهنده ها قرار دارد و با کاهش آن، تعادل به سمت تولید گرما، یعنی در جهت برگشت جابجا شده و ثابت تعادل کاهش می یابد

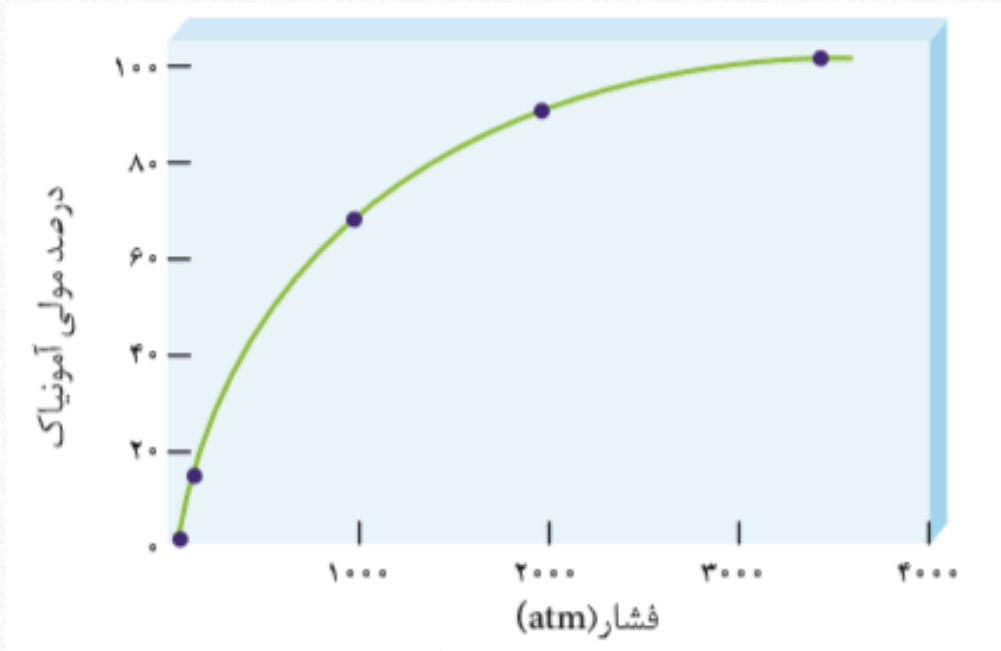


نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان میدهد با افزایش دما، ثابت تعادل چه تغییری میکند؟



در این نمودار رابطه میان دما و درصد مولی آمونیاک نشان داده شده است، در می یابیم که واکنش گرماده است در واکنش گرماده رابطه میان گرما و ثابت تعادل معکوس است لذا با افزایش دما، ثابت تعادل کاهش می یابد

هابر برای انجام این تعادل، چندین دما و فشار را مورد بررسی قرار داد او ابتدا دما را افزایش داد اما با توجه به گرماده بودن واکنش، با افزایش دما، درصد مولی آمونیاک کاهش یافت او سپس از کاتالیزگر استفاده کرد اما باز هم به نتیجه دلخواهی نرسید در آخر فشار را افزایش داد تا به نتیجه مطلوب دست پیدا کرد.



به دلیل برگشت پذیر بودن واکنش و گازی بودن همه مواد شرکت کننده در تعادل، جداسازی آمونیاک از دو گاز دیگر مشکل است لذا هابر این مواد را براساس نقطه جوش از هم تفکیک کرد:

او مخلوط را تا دمایی نزدیک به دمای جوش آمونیاک (مثلاً -40 درجه سانتی گراد) سرد کرد (میدانیم یک گاز، با سرد کردن به حالت فیزیکی مایع تبدیل می شود).

← در حال سرد کردن

H_2	N_2	NH_3	دمای واکنش
-253	-196	-33	450

