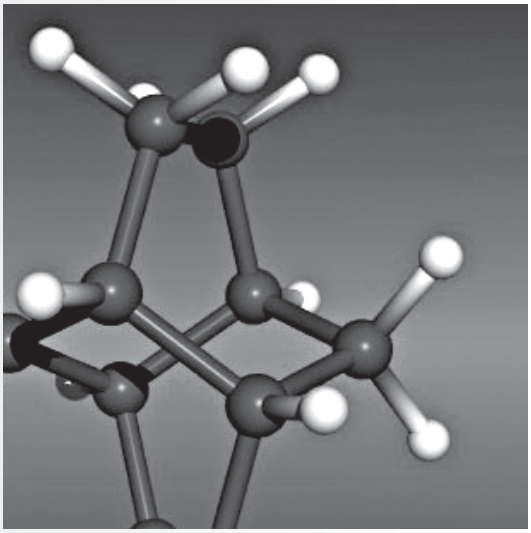


یک طرح آموزشی
برگشت‌پذیری و تعادل پویا

اصغر بداقی
معلم شیمی ناحیهٔ ۳ قم

اشاره
تدریس مفاهیم شیمی با آزمایش و طرح‌های ساده درک عمیق‌تر مطالب را در دانش‌آموزان به همراه دارد. طرحی که در ادامه ارائه می‌شود در تفهیم برگشت‌پذیری واکنش‌ها و تعادل پویا می‌تواند سودمند باشد.

کلیدواژه‌ها: واکنش‌های شیمیایی، تعادل پویا، واکنش‌های برگشت‌پذیر

مقدمه
زمانی که درپوش یک بطری نوشابه بسته است هیچ حباب گازی در بطری نوشابه مشاهده نمی‌شود اما هنگامی که درپوش برداشته می‌شود فشار داخل بطری کاهش می‌یابد و حباب‌های گاز کربن‌دی‌اکسید از محلول نوشابه خارج می‌شوند؛ برعکس، چنانچه در بطری دوباره بسته شود فشار درون آن زیاد شده، خروج حباب‌های گاز متوقف می‌شود.

$$CO_2(g) \underset{\text{کاهش فشار}}{\overset{\text{افزایش فشار}}{\rightleftharpoons}} CO_2(aq)$$

در نمونه‌ای دیگر، اگر آمونیوم کلرید گرم شود، بلورهای سفید موجود در ته لولهٔ آزمایش ناپدید می‌شوند. زیرا گرما، آمونیوم‌کلرید را به دو بخش گازی شکل یعنی آمونیاک و هیدروژن کلرید تجزیه می‌کند:

$$NH_4Cl(s) \rightarrow NH_3(g)+HCl(g)$$

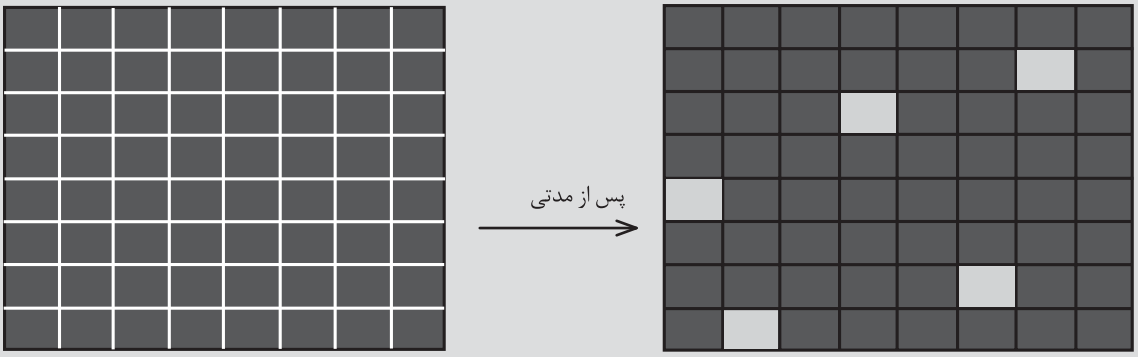
در همین حال، در بالای لولهٔ آزمایش گرد سفیدی تشکیل می‌شود زیرا در بالای لوله که سرد است، این دو گاز دوباره با هم ترکیب می‌شوند و آمونیوم کلرید جامد را تشکیل می‌دهند:

$$NH_3(g)+HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$$

این دو مثال، نمونه‌هایی از واکنش‌های برگشت‌پذیرند.
واکنش‌های برگشت‌پذیر، واکنش‌هایی هستند که می‌توانند در هر دو جهت رفت و برگشت انجام شوند. واکنش برگشت‌پذیر و برقراری تعادل در شرایط و سامانه‌های «بسته» روی می‌دهد. سامانهٔ بسته به این معناست که هیچ ماده‌ای به مخلوط واکنش افزوده نشده، هیچ ماده‌ای از آن خارج نشود. باید توجه شود که امکان دارد گرما (انرژی) به سامانه وارد، یا از آن خارج شود.

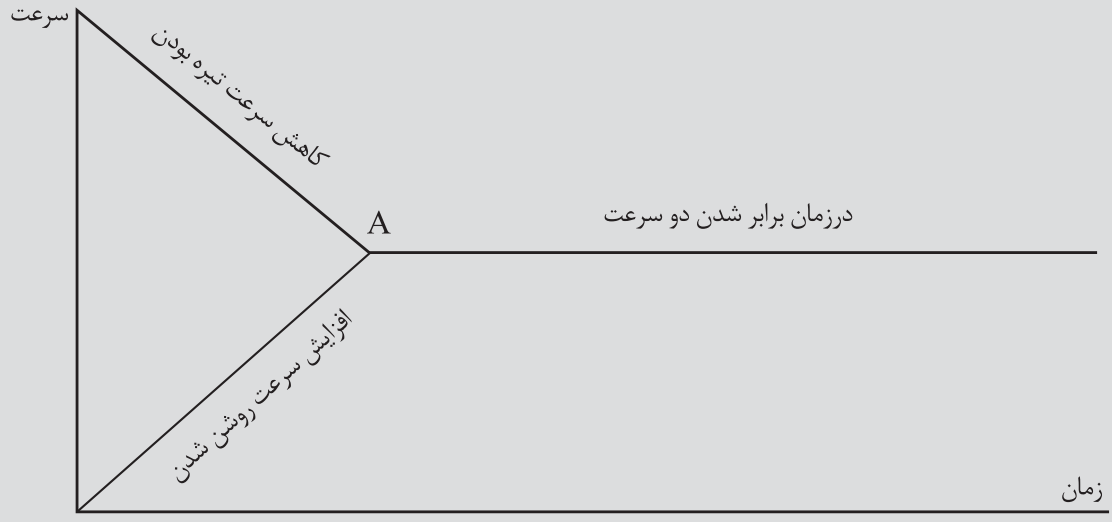
طرح شماتیک

تصور کنید یک ماده تنها می‌تواند به دو شکل وجود داشته باشد. ما در این طرح یکی از شکل‌ها را با مربع‌های تیره و شکل دیگر را با مربع‌های روشن نمایش می‌دهیم. فرض کنید واکنش با نمونه‌ای که از مربع‌های تیره تشکیل شده است، شروع شود.



مربع‌های تیره در سامانهٔ بسته — شکل ۱ — برخی از مربع‌های تیره، روشن شده‌اند

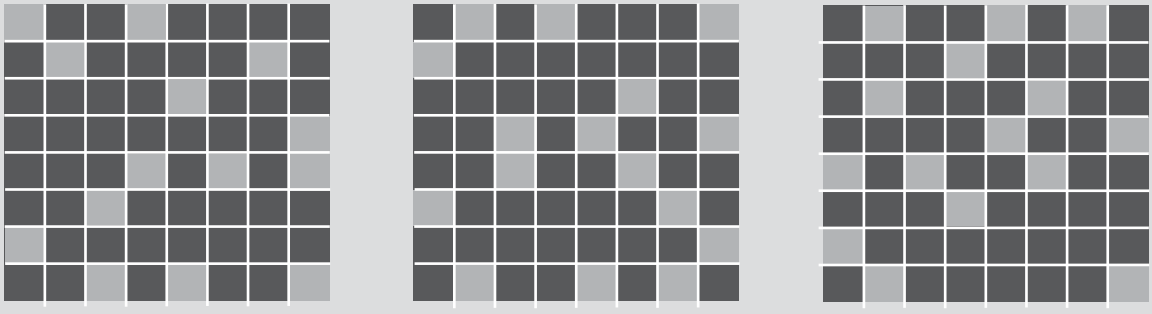
از آنجا که شمار مربع‌های تیره (غلظت واکنش‌دهنده) در آغاز فرایند زیاد است، سرعتی که مربع‌های تیره را به مربع‌های روشن تبدیل می‌کند، نسبتاً زیاد است. منظور از سرعت در اینجا، شمار مربع‌هایی است که در هر ثانیه تغییر رنگ می‌دهند. همچنان که مربع‌های تیره مصرف می‌شوند، شمار مربع‌هایی که در هر ثانیه تغییر رنگ می‌دهند، کاهش می‌یابد.
اما مربع‌های روشن می‌توانند دوباره به مربع‌های تیره تبدیل شوند یعنی این واکنش، برگشت‌پذیر است. در آغاز واکنش، هیچ مربع روشنی وجود ندارد. بنابراین سرعت تغییر از روشن به تیره صفر است. همچنان که شمار مربع‌های روشن افزایش می‌یابد، سرعت تبدیل مربع‌های روشن به تیره نیز زیاد می‌شود.



نمودار ۱

توضیح: فرض کنید شما با ٦٤ مربع شروع کرده باشید و شانس تغییر رنگ ۱ در ٤ باشد. در ثانیه اول، ١٦ مربع تغییر رنگ خواهند داشت و ٤٨ مربع باقی خواهند ماند. در ثانیهٔ بعدی، یک‌چهارم این مربع‌ها تغییر رنگ خواهند داد در حالی‌که تنها ۱۲ مربع تغییر رنگ داده‌اند و ٣٦ مربع، تیره مانده‌اند. در ثانیه سوم، ۹ مربع تغییر رنگ خواهد داد و... . همان‌طور که شمار مربع‌ها کمتر می‌شود سرعت نیز کاهش می‌یابد.

سرانجام زمانی فرا می‌رسد که سرعت هر دو واکنش برابر می‌شود. در این حال، تعداد مربع‌های تیره که به مربع‌های روشن تبدیل می‌شوند با شمار مربع‌های روشن که به تیره تبدیل می‌شوند، دقیقاً برابر است. این وضعیت از نقطهٔ A در نمودار ۱ آغاز می‌شود و در تمام سمت راست آن ادامه دارد. در این شرایط، چه تغییری در مخلوط واکنش مشاهده می‌شود؟ شمار کل مربع‌های تیره و روشن ثابت باقی می‌ماند اما واکنش همچنان انجام می‌گیرد. اگر ما سرنوشت یک مربع را به‌طور ویژه دنبال کنیم، خواهیم دید که آن مربع، گاه تیره است و گاه روشن خواهد بود.



شکل۲ تغییرات انجام شده با گذشت زمان

این طرح نشان‌دهندهٔ یک تعادل پویاست. پویا بودن به این معناست که واکنش همچنان انجام می‌گیرد و شمار کل مربع‌های مختلفی که وجود داشت، ثابت است. تعادل پویا تنها زمانی برقرار می‌شود که سامانه بسته باشد. برای نمونه، اگر از مربع‌های روشن حذف شوند، دوباره و به سرعت تشکیل می‌شوند.

*** منابع**

1. Robinson, W. R., Odom, J. D., Holtzclaw, H. F., Chemistry Concepts and Models, 1992.
2. J. Clark, R, Oliver, Longman Chemistry for IGCSE, 6th impression, (2007).
3. Norris, R., Rayan, L., Acaster, D., Chemistry Coursebook., Cambridge University Press., 2011.
4. Norris, R., Chemistry for IGCSE. Nelson Thomes Ltd 2009.

۵. جلیلی، سیف‌الله و دیگران، شیمی ۱ و ۲ (فرایندهای شیمیایی) دوره پیش‌دانشگاهی، چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. تهران.