

درسنامه ۱

سینتیک شیمیایی

سینتیک شیمیایی، شاخه‌ای از علم شیمی است که به مطالعه‌ی موارد زیر می‌پردازد:

- ۱) شرایط انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۲) چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۳) محاسبه‌ی سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی
- ۴) عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

تفاوت سینتیک با ترمودینامیک

در مورد تفاوت این دو شاخه از علم شیمی با توجه به متن کتاب درسی، می‌توان پنج عبارت زیر را نوشت:

- ۱) سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک را می‌توان مکمل یک‌دیگر دانست.
- ۲) ترمودینامیک با تعیین ΔG واکنش، امکان وقوع آن را بررسی می‌کند، در حالی که سینتیک شیمیایی به بررسی چگونگی و سرعت انجام واکنش می‌پردازد.
- ۳) خودبه‌خودی بودن یک واکنش از دید ترمودینامیک به این معنا نیست که واکنش یادشده از دید سینتیک بایستی با سرعت انجام شود.
- ۴) واکنش‌های بسیاری وجود دارد که ترمودینامیک امکان وقوع آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند، اما از دید سینتیک شیمیایی راه مناسبی برای وقوع آن‌ها وجود ندارد. در واقع سرعت بسیار کم، مانع از انجام آن‌ها می‌شود.
- ۵) دانش ترمودینامیک، امکان وقوع واکنش را بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که واکنش موردنظر انجام‌پذیر یا انجام‌ناپذیر است. اگر واکنش انجام‌پذیر باشد. دانش سینتیک، چگونگی انجام واکنش را مورد بررسی قرار می‌دهد، یعنی بررسی می‌کند که واکنش مورد نظر، سریع یا آهسته انجام می‌شود.

ترمودینامیکی ← امکان وقوع واکنش بررسی می‌شود.
سینتیکی ← چگونگی انجام واکنش بررسی می‌شود.

بررسی واکنش

۱. درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را تعیین کنید و در صورت نادرست بودن، شکل درست آن را بنویسید.
(آ) خودبه‌خودی بودن یک واکنش از دید ترمودینامیک به این معنا است که واکنش یادشده بایستی با سرعت انجام شود.
(ب) واکنش‌های بسیاری وجود دارد که ترمودینامیک امکان وقوع آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند اما از دید سینتیک شیمیایی، راه مناسبی برای وقوع آن‌ها وجود ندارد.
(پ) ترمودینامیک، چگونگی انجام شدن واکنش و سینتیک، امکان وقوع واکنش را بررسی می‌کند.
(ت) سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک را می‌توان مکمل یک‌دیگر دانست.
۲. مطالعه بر روی هر یک از موارد زیر، در قلمرو کدام‌یک از دو مبحث سینتیک و ترمودینامیک قرار دارد؟
(آ) امکان وقوع واکنش
(ب) سرعت زنگ زدن اشیای آهنی
(پ) آنتروپی واکنش
(ت) گرمای واکنش
(ث) شرایط و چگونگی تجزیه‌ی سلولز
(ج) عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی
۳. واکنش فلز پتاسیم با آب به‌صورت مقابل انجام می‌گیرد.
$$2K(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) + H_2(g)$$

این واکنش گرماده ($\Delta H < 0$) بوده و با افزایش بی‌نظمی ($\Delta S > 0$) همراه است. آیا می‌توان گفت که با سرعت انجام می‌شود؟ چرا؟

درسنامه ۲

پیشرفت واکنش



- ۱) پیشرفت یک واکنش نشان می‌دهد که چه مقدار از واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند.
- ۲) پیشرفت، کمیتی ترمودینامیکی است و امکان وقوع واکنش را نشان می‌دهد.
- ۳) اگر مقدار قابل توجهی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل شود، پیشرفت واکنش زیاد است و اگر مقدار کمی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل شود، پیشرفت واکنش کم است.

۴) پیشرفت یک واکنش هیچ ارتباطی به سرعت آن ندارد. ممکن است پیشرفت یک واکنش خوب باشد، ولی سرعت انجام آن بسیار کم باشد. در این صورت، واکنش تا مرز کامل شدن پیش می‌رود، ولی رسیدن به این میزان پیشرفت، زمان بسیار زیادی می‌خواهد.

مثال بسیاری از کتاب‌های دست‌نویس و چاپی قدیمی در گذر زمان، زرد و پوسیده شده‌اند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیه‌ی سلولز کاغذ اگرچه پیشرفت خوبی دارد، ولی بسیار کند رخ می‌دهد.

مفهوم سرعت

سرعت واکنش، مقدار پیشرفت واکنش در واحد زمان را نشان می‌دهد. به بیان دیگر، آهنگ مصرف یا تولید یک ماده‌ی شرکت‌کننده در واکنش در گستره‌ی زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را با \bar{R} نمایش می‌دهند. R حرف اول واژه‌ی Rate به معنای نرخ، آهنگ یا سرعت است.

$$R = \frac{\Delta n}{\Delta t} (\text{mol.s}^{-1})$$

تعریف سرعت متوسط در شیمی ← آهنگ مصرف یا تولید یک ماده در بازه‌ای از زمان.

در ارتباط با سرعت واکنش، عبارت‌های زیر را از متن کتاب درسی به خاطر بسپارید.

- ۱) سرعت واکنش، کمیتی تجربی است، یعنی با آزمایش در آزمایشگاه قابل محاسبه است.
 - ۲) سرعت را می‌توان با اندازه‌گیری آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها یا با اندازه‌گیری آهنگ تولید فراورده‌ها تعیین کرد.
 - ۳) تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری و محاسبه‌ی سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت‌کننده در یک واکنش به ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری مانند جرم، فشار و ... بستگی دارد.
 - ۴) سرعت یک واکنش، با توجه به شرایط لازم برای انجام واکنش به‌ویژه دما و فشار، تغییر می‌یابد.
 - ۵) سرعت واکنش‌های شیمیایی در شرایط یکسان با هم تفاوت دارد. برخی از آن‌ها تند و برخی کند است. این مطلب نشان می‌دهد، سرعت یک واکنش بیش از آن‌که تابع عوامل محیطی نظیر دما، فشار و ... باشد، تابع فعالیت شیمیایی (واکنش‌پذیری) واکنش‌دهنده‌هاست.
 - ۶) زمان لازم برای وقوع کامل واکنش‌های شیمیایی گستره‌ای کم‌تر از چند صدم ثانیه تا چند سده را دربرمی‌گیرد.
 - ۷) سرعت واکنش، تابع غلظت واکنش‌دهنده‌ها می‌باشد. بیش‌تر واکنش‌ها در آغاز یعنی هنگامی که غلظت واکنش‌دهنده‌ها زیاد است، سریع هستند، ولی با گذشت زمان و با مصرف واکنش‌دهنده‌ها سرعت آن‌ها رفته رفته کاهش می‌یابد.
- نکته** با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها، هر دو کاهش می‌یابند.
- ۸) شمار اندکی از واکنش‌های شیمیایی همواره با سرعت ثابتی پیشرفت می‌کنند.

۴. درستی یا نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را تعیین کنید و در صورت نادرست بودن، شکل درست آن را بنویسید.
 (آ) انفجار یک واکنش شیمیایی بسیار سریع است که در آن از مقدار زیادی از ماده‌ی منفجرشونده به حالت جامد یا مایع، حجم بسیار زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.
 (ب) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نیتрат باعث تشکیل آرام رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود.
 (پ) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.
 (ت) زرد و پوسیده شدن سلولز کاغذ، نوعی تغییر فیزیکی بسیار آهسته است.
۵. واکنش $A(g) \rightarrow 2B(g)$ نسبت به واکنش $C(g) \rightarrow 2D(g)$ گرماده‌تر بوده و همراه با افزایش آنتروپی بیش‌تری است. در مقایسه‌ی سرعت و پیشرفت این دو واکنش چه می‌توان گفت؟
۶. درستی یا نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را تعیین کنید و در صورت نادرست بودن، علت و یا شکل درست آن را بنویسید.
 (آ) به مقدار پیشرفت واکنش در واحد حجم، سرعت واکنش می‌گویند.
 (ب) سرعت واکنش کمیتی تجربی است.
 (پ) سرعت واکنش‌های شیمیایی مختلف در شرایط یکسان با هم برابر است.
 (ت) با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها کاهش و سرعت تولید فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

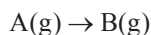
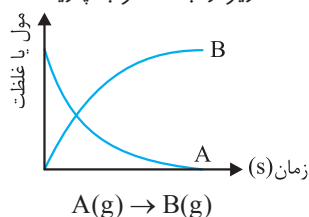
(همه‌هنگ کشوری)

درسنامه ۳

نمودار پیشرفت واکنش

منظور از نمودار پیشرفت واکنش، نموداری است که محور عمودی آن مول یا غلظت و محور افقی آن زمان باشد. بنابراین نمودار «مول-زمان» یا «غلظت-زمان» را نمودار پیشرفت واکنش گویند. در مورد نمودار پیشرفت واکنش نکات زیر را به خاطر بسپارید.

۱) همواره با گذشت زمان، از مقدار واکنش‌دهنده‌ها کاسته و بر مقدار فراورده‌ها افزوده می‌شود. بنابراین، نمودار پیشرفت برای واکنش‌دهنده‌ها همواره نزولی و برای فراورده‌ها همواره صعودی است.

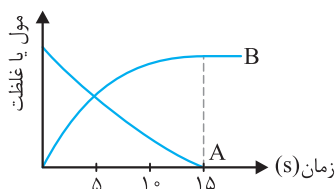


۲) در لحظات ابتدایی واکنش، شدت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها بیش‌تر است و با گذشت زمان از این شدت کاسته می‌شود. بنابراین مقدار شیب نمودار پیشرفت، چه برای واکنش‌دهنده و چه برای فراورده با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

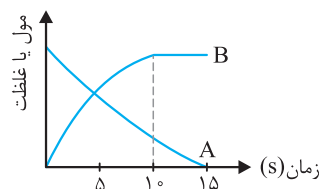
۳) تغییر مول یا تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست. بدیهی است هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش بزرگ‌تر باشد، تغییر مول یا تغییر غلظت و به عبارتی شیب نمودار پیشرفت آن بیش‌تر است.

۴) پس از پایان واکنش، غلظت همه‌ی اجزای شرکت‌کننده در واکنش به مقدار ثابتی می‌رسد. نکته‌ی مهم این‌جاست که نمودار تغییر غلظت همه‌ی مواد شرکت‌کننده در واکنش باید هم‌زمان به مقدار ثابتی برسد و افقی شود.

مثال به لحظه‌ی ثابت شدن غلظت گونه‌ها در واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ دقت کنید.



نمودار تغییر غلظت A و B هم‌زمان افقی شده است.
(درست)



نمودار تغییر غلظت A و B هم‌زمان افقی نشده است.
(نادرست)

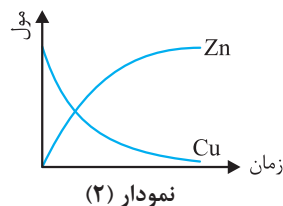
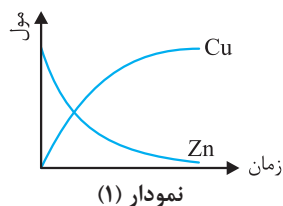
۵) غلظت یک ماده‌ی جامد (s) یا مایع خالص (l) از تقسیم جگالی بر جرم مولی آن به‌دست می‌آید و همواره مقدار ثابتی است. بنابراین اگر در معادله‌ی یک واکنش، ماده‌ی جامد (s) یا مایع خالص (l) وجود داشته باشد، با گذشت زمان بدون توجه به این‌که ماده‌ی موردنظر مصرف یا تولید می‌شود و مقدار (جرم و مول) آن چه تغییری می‌کند، غلظت مولی چنین ماده‌ای در طول انجام واکنش ثابت می‌ماند.

۷. با توجه به شکل‌های زیر که مربوط به واکنش $Zn(s)$ با $Cu^{2+}(aq)$ است، به سؤالات داده‌شده پاسخ دهید.



(آ) این شکل بیانگر چه مفهومی است؟

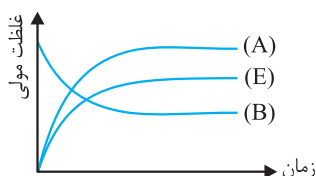
(ب) کدام یک از دو نمودار پیشرفت زیر در ارتباط با واکنش فوق به‌درستی رسم شده است؟ توضیح دهید.



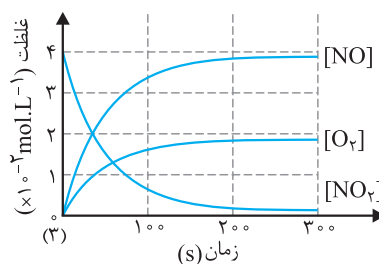
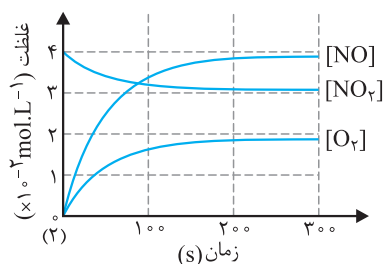
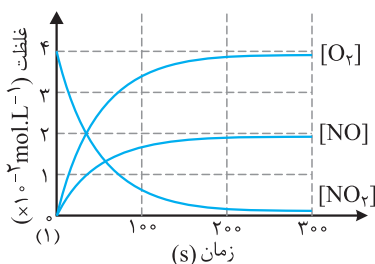
۸. با توجه به نمودار غلظت - زمان به سؤال‌ها پاسخ دهید.

(آ) آیا ضرایب استوکیومتری ماده‌های A و E برابر است؟ چرا؟

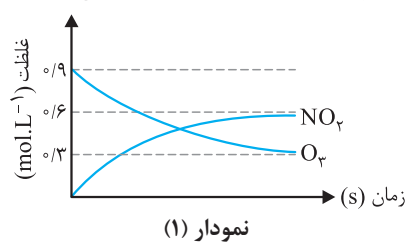
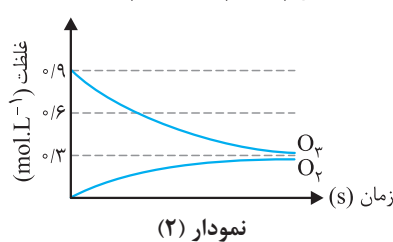
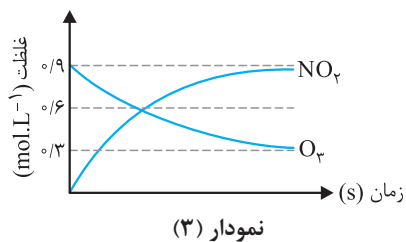
(ب) مواد واکنش‌دهنده و فراورده را با ذکر علت مشخص کنید.



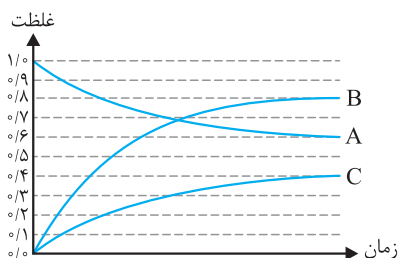
۹. نمودار غلظت - زمان مربوط به واکنش $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ ، کدام است؟ چرا؟



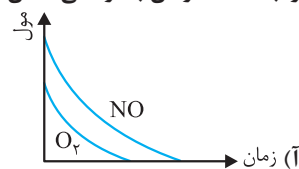
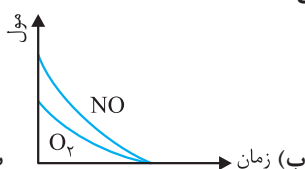
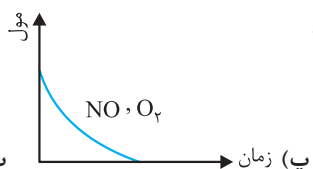
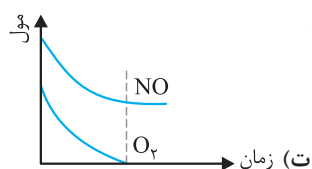
۱۰. کدام یک از نمودارهای غلظت - زمان زیر در مورد واکنش $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$ درست است؟ چرا؟



۱۱. معادله‌ی واکنش مربوط به نمودار روبه‌رو را بنویسید.



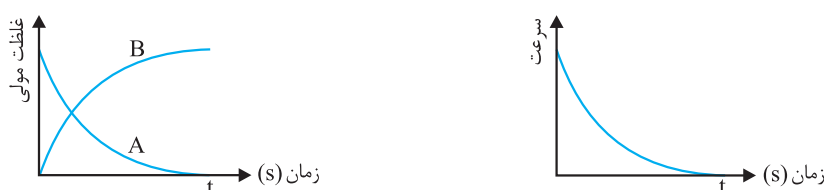
۱۲. اگر در واکنش $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ واکنش‌دهنده‌ی اضافی وجود نداشته باشد، کدام نمودار زیر، تغییر مول واکنش‌دهنده‌ها را با گذشت زمان به‌درستی نشان می‌دهد؟



درسنامه ۴

رابطه‌ی سرعت واکنش با زمان

بیش‌تر واکنش‌ها در آغاز یعنی هنگامی که غلظت واکنش‌دهنده‌ها زیاد است، سریع هستند ولی با گذشت زمان و با مصرف واکنش‌دهنده‌ها، تعداد برخوردهای مؤثر بین مواد واکنش‌دهنده کاهش یافته و سرعت آن‌ها رفته‌رفته کاهش می‌یابد. این کاهش ادامه می‌یابد تا این که سرعت به صفر برسد، در این هنگام واکنش به‌طور کامل انجام شده است. واکنش کامل واکنشی است که سرعت آن در پایان واکنش به صفر و حداقل غلظت یک واکنش‌دهنده نیز به صفر برسد. توجه کنید در صورت وجود واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده، غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها یعنی محدودکننده به صفر می‌رسد و در غیر این‌صورت، غلظت همه‌ی واکنش‌دهنده‌ها به صفر خواهد رسید. در زیر، نمودار «غلظت-زمان» و «سرعت-زمان» برای واکنش کامل $A(g) \rightarrow B(g)$ نشان داده شده است. همان‌طور که می‌بینید بعد از گذشت t ثانیه، با پایان یافتن غلظت A ، سرعت واکنش نیز به صفر می‌رسد.

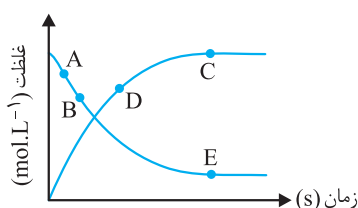


نکته نمودار «سرعت-زمان» هم برای واکنش‌دهنده‌ها و هم برای فراورده‌ها نزولی است. در واقع، با کاهش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش و به‌عبارتی سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها هر دو کاهش می‌یابد.

۱۳. درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را تعیین کنید و در صورت نادرست بودن، شکل درست آن را بنویسید.

- (آ) بیش‌تر واکنش‌ها در آغاز سریع هستند، ولی با گذشت زمان سرعت آن‌ها رفته‌رفته کاهش می‌یابد.
 (ب) چنان‌چه سرعت واکنشی به مقدار ثابتی برسد، می‌گویند که واکنش به‌طور کامل انجام شده است.
 (پ) با گذشت زمان، تغییر غلظت فراورده‌ها در بازه‌های زمانی یکسان، افزایش می‌یابد.

۱۴. سرعت واکنش در نقاط نشان داده‌شده روی نمودار غلظت-زمان روبه‌رو را با هم مقایسه کنید.



۱۵. جدول زیر تغییر غلظت‌های A و B و سرعت متوسط آن‌ها را در واکنش فرضی $A \rightarrow B$ نشان می‌دهد. درستی یا نادرستی مقایسه‌های زیر را با بیان علت مشخص کنید.

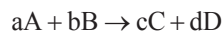
سرعت متوسط تولید B	تغییر غلظت B $\Delta[B]$	سرعت متوسط مصرف A	تغییر غلظت A $\Delta[A]$	گستره‌ی زمانی ۲۰ دقیقه
\bar{R}'_1	y_1	\bar{R}_1	x_1	از آغاز تا دقیقه‌ی ۲۰
\bar{R}'_2	y_2	\bar{R}_2	x_2	از دقیقه‌ی ۲۰ تا دقیقه‌ی ۴۰
\bar{R}'_3	y_3	\bar{R}_3	x_3	از دقیقه‌ی ۴۰ تا دقیقه‌ی ۶۰

(آ) $y_1 > 0, x_1 < 0$ (ب) $\bar{R}_1 > \bar{R}_2 > \bar{R}_3$ (پ) $\bar{R}'_1 > \bar{R}'_2 > \bar{R}'_3$ (ت) $y_3 > y_2 > y_1$

درسنامه ۵

رابطه‌ی سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

یک مطلب مهم که باید به آن توجه کنید آن است که هر جزء از اجزای یک واکنش برای خود سرعت مستقل و مجزایی دارد. واکنش کلی مقابل را در نظر بگیرید:



در واکنش فوق سرعت مصرف A و B و یا سرعت تولید C و D لزوماً با یکدیگر برابر نیست. در واقع سرعت مصرف یا تولید هر یک از مواد موجود در یک واکنش بستگی به ضریب استوکیومتری آن ماده در معادله‌ی موازنه‌شده دارد. به‌طوری‌که هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش بزرگ‌تر باشد، سرعت مصرف یا تولید آن نیز بیش‌تر است و هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش کوچک‌تر باشد، سرعت مصرف یا تولید آن کم‌تر است. با تقسیم سرعت متوسط تشکیل یا مصرف یک ماده‌ی شرکت‌کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن در معادله‌ی موازنه‌شده، سرعت واکنش به‌دست می‌آید. به‌طور کلی می‌توان رابطه‌ی میان سرعت مواد شرکت‌کننده در واکنش فوق را چنین نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$$

ضرایب استوکیومتری چه مواردی را نشان می‌دهند؟

- ۱) در نمودارهای پیشرفت، شیب منحنی تولید یا مصرف مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
- ۲) سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
- ۳) تغییر غلظت مولی مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

۱۶. کدام مطلب زیر در مورد واکنش کلی $aA + bB \rightarrow cC + dD$ نادرست است؟ چرا؟

- آ) سرعت مصرف یا تولید هر ماده بستگی به ضریب استوکیومتری آن در معادله‌ی موازنه‌شده دارد.
 ب) با تقسیم سرعت متوسط تشکیل یا مصرف یک ماده بر ضریب استوکیومتری آن، سرعت واکنش به‌دست می‌آید.
 پ) سرعت مصرف A و B یا سرعت تولید C و D با یکدیگر برابر است.

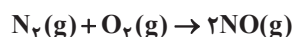
۱۷. آ) با توجه به معادله‌ی واکنش $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ ، در یک گستره‌ی زمانی معین، سرعت متوسط تشکیل NO_2 با

سرعت متوسط مصرف N_2O_5 چه رابطه‌ای دارد؟ چرا؟

ب) در واکنش تجزیه‌ی NO_2 بر اثر گرما مطابق معادله‌ی $2NO_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2NO(g) + O_2(g)$ ، چه رابطه‌ای میان سرعت متوسط تولید O_2 و سرعت متوسط مصرف NO_2 وجود دارد؟

پ) سرعت واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ، براساس تشکیل یا ناپدید شدن کدام ماده کم‌تر است؟

۱۸. یکی از آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها، گاز نیتروژن مونواکسید (NO) است. این گاز درون موتور خودرو در دماهای بالا مطابق



واکنش روبه‌رو تولید می‌شود:

اگر در شرایط معینی $\bar{R}(N_2) = 0.15 \text{ mol.s}^{-1}$ باشد، $\bar{R}(O_2)$ و $\bar{R}(NO)$ را برحسب mol.min به‌دست آورید.

۱۹. در واکنش زیر سرعت مصرف HF برابر با $2 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ می‌باشد. سرعت تشکیل آب چند مول بر دقیقه است؟ (هماهنگ کشوری)

۲۰. دی‌نیتروژن پنتوکسید مطابق واکنش روبه‌رو تجزیه می‌شود:

(هماهنگ کشوری)

در صورتی که سرعت متوسط مصرف N_2O_5 برابر $4 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ باشد،

آ) سرعت متوسط تولید NO_2 چند mol.s^{-1} است؟ (حجم ظرف واکنش ۲ L است).

ب) سرعت واکنش چند $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ است؟

درسنامه ۶

بیان سرعت واکنش برحسب تغییر مول

سرعت واکنش را می‌توان برحسب تعداد مول‌های یکی از مواد واکنش‌دهنده که در واحد زمان در محیط واکنش مصرف می‌شود و یا تعداد مول‌های یکی از مواد حاصل که در واحد زمان در محیط واکنش تولید می‌شود، بیان کرد. واکنش $A \rightarrow B$ را در نظر بگیرید، می‌توان نوشت:

$$\text{تعداد مول‌های مصرف‌شده‌ی آن واکنش‌دهنده} = \frac{\text{سرعت متوسط مصرف یک واکنش‌دهنده}}{\text{زمان لازم برای مصرف آن}}$$

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t}$$

$$\Delta n_A = n_p A - n_i A$$

$$\Delta t = t_p - t_i$$

توجه علامت (-) در رابطه‌ی فوق نشان‌دهنده‌ی مصرف شدن A می‌باشد. همچنین نشان می‌دهد که A یک واکنش‌دهنده است.

$$\text{تعداد مول‌های تولیدشده‌ی آن فراورده} = \frac{\text{سرعت متوسط تولید یک فراورده}}{\text{زمان لازم برای تولید آن}}$$

$$\bar{R}_B = +\frac{\Delta n_B}{\Delta t}$$

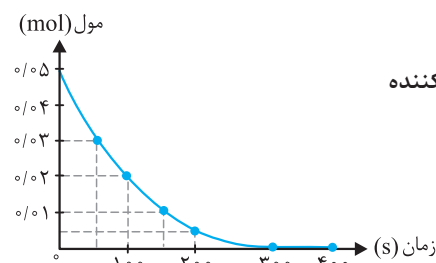
$$\Delta n_B = n_p B - n_i B$$

$$\Delta t = t_p - t_i$$

توجه علامت (+) در رابطه‌ی فوق نشان‌دهنده‌ی تولید شدن B می‌باشد. همچنین نشان می‌دهد که B یک فراورده است.

۲۱. در یک آزمایش ۱۶٪ مول N_2O_5 در یک ظرف یک لیتری قرار داده شد، تا مطابق واکنش $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ تجزیه شود. دیده شد که در دقیقه‌های دوم و چهارم از شروع واکنش مقدار N_2O_5 باقی‌مانده در ظرف به ترتیب برابر ۰/۸ و ۰/۴٪ مول است. سرعت متوسط تجزیه شدن N_2O_5 در فاصله‌ی زمانی دقیقه‌های صفر تا ۲ و در فاصله‌ی زمانی دقیقه‌های ۲ تا ۴ چه قدر است؟

۲۲. تعداد مول یکی از مواد شرکت‌کننده در واکنشی در مدت ۳۰ دقیقه به ۰/۱٪ مول کاهش یافته است. اگر سرعت متوسط مصرف این ماده 2×10^{-4} مول بر ثانیه باشد، تعداد مول‌های اولیه‌ی این ماده را به دست آورید.



۲۳. با توجه به نمودار روبه‌رو که تغییر مول‌های نوعی رنگ غذا در واکنش با یک محلول سفیدکننده را نشان می‌دهد، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

(آ) مول‌های واکنش‌دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟
(ب) شیب نمودار مول-زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟
(پ) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا برحسب $\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$ چه قدر است؟

۲۴. با توجه به جدول روبه‌رو که در مورد واکنش $2A(g) \rightarrow 4B(g)$ است، به پرسش‌ها پاسخ دهید:

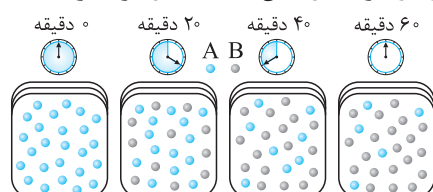
زمان (دقیقه)	۰	۱	۲	۳	۴
تعداد مول A	۱۳	۸	۶/۵	۴	۴

(آ) سرعت واکنش چند مول بر دقیقه است؟
(ب) سرعت تولید ماده‌ی B چند مول بر دقیقه می‌باشد؟

۲۵. جدول مقابل، در ارتباط با واکنش $A \rightarrow 2B$ رسم شده است. پس از گذشت چند دقیقه از آغاز واکنش مقدار ماده‌ی B به ۱۰ مول می‌رسد؟

زمان (min)	مول B	سرعت واکنش ($\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$)
۲۰	۵	$\frac{1}{8}$
x	۱۰	

۲۶. از واکنش منیزیم با هیدروکلریک اسید، در فشار ۱ atm و دمای 27°C در مدت ۱۰ دقیقه ۴۹۲ میلی‌لیتر هیدروژن به دست آمده است. سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن را برحسب مول بر دقیقه حساب کنید. (حجم مولی گازها را در شرایط آزمایش ۲۴/۶ L در نظر بگیرید.)



۲۷. شکل روبه‌رو پیشرفت واکنش فرضی $A \rightarrow B$ را در فاز گازی نشان می‌دهد. اگر هر گوی هم‌ارز ۰/۴ مول از ماده‌ی مورد نظر باشد، سرعت متوسط مصرف ماده‌ی A در ۲۰ دقیقه سوم واکنش نسبت به ۲۰ دقیقه‌ی اول واکنش، چقدر است؟

۲۸. ۱/۳۸ گرم سدیم را در آب می‌اندازیم. در مدت ۳۰ ثانیه سدیم به طور کامل مصرف می‌شود. سرعت سدیم مصرف‌شده و گاز هیدروژن تولیدشده برحسب $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ چه قدر است؟ ($N_A = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

درسنامه ۲

بیان سرعت واکنش بر حسب تغییر غلظت

هرگاه واکنش دهنده یا فراورده‌ی یک واکنش به حالت گاز (g) یا محلول (aq) باشد، می‌توان سرعت تولید یا مصرف شدن آن را بر حسب تغییر غلظت بیان نمود. غلظت مواد جامد (s) و مایع خالص (l) از تقسیم جگالی ماده بر جرم مولی آن به دست می‌آید. بنابراین غلظت چنین ماده‌ای بدون توجه به مقدار آن، ثابت خواهد بود. از این رو نمی‌توان سرعت تولید یا مصرف شدن مواد جامد و مایع خالص را بر حسب تغییر غلظت بیان نمود.

واکنش $A \rightarrow B$ را که در حالت گاز یا محلول انجام می‌شود، در نظر بگیرید، می‌توان نوشت:

$$R_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \quad R_B = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

نکته $\Delta[A]$ و $\Delta[B]$ ، تغییر غلظت مولی A یا B را بر حسب mol.L^{-1} نشان می‌دهد.

۲۹. رابطه‌ی سرعت یک واکنش (R) با سرعت متوسط واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها به صورت زیر است: **(هماهنگ کشوری)**

$$R = \frac{1}{2} \times \frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \times \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

(آ) معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش را بنویسید.

(ب) سرعت واکنش با سرعت کدام ماده برابر است؟

۳۰. بر روی محلول 2mol.L^{-1} هیدروژن پراکسید، چند قطره کاتالیزگر KI(aq) می‌افزاییم تا واکنش تجزیه‌ی H_2O_2 شروع شود. در

دقیقه‌های دوم و چهارم پس از شروع واکنش، غلظت H_2O_2 به ترتیب به $1/6\text{mol.L}^{-1}$ و $1/4\text{mol.L}^{-1}$ کاهش می‌یابد. سرعت متوسط

تجزیه‌ی H_2O_2 را در فاصله‌ی زمانی داده‌شده بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ حساب کنید. **(هماهنگ کشوری)**

۳۱. داده‌های زیر، برای واکنش $\text{CO(g)} + \text{NO}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + \text{NO(g)}$ در دمای معین به دست آمده است. **(هماهنگ کشوری)**

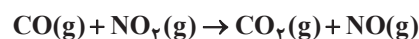
غلظت گاز $\text{NO}(\text{mol.L}^{-1})$	۰/۶۵	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰
زمان (s)	۶۰	۵۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰

(آ) سرعت تولید شدن NO(g) را در گستره‌ی زمانی ۵۰-۳۰ ثانیه بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ به دست آورید.

(ب) سرعت مصرف شدن CO(g) را در همین گستره‌ی زمانی بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ به دست آورید.

(پ) سرعت واکنش را در گستره‌ی زمانی (۰-۶۰) ثانیه بر حسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ محاسبه کنید.

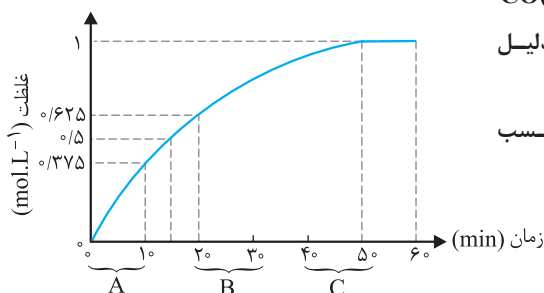
۳۲. برای واکنش داده‌شده نمودار «غلظت- زمان» کربن دی‌اکسید به صورت زیر است: **(هماهنگ کشوری)**



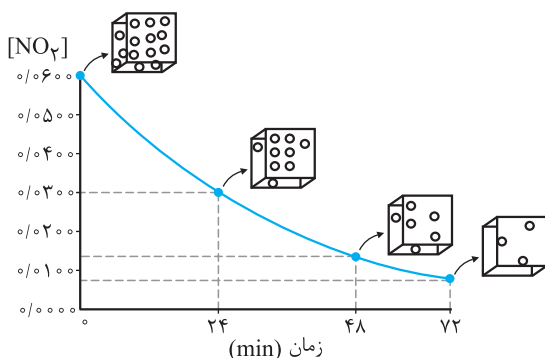
(آ) در کدام یک از فواصل زمانی A، B و C سرعت واکنش بیش تر است؟ دلیل پاسخ خود را بدون محاسبه توضیح دهید.

(ب) سرعت متوسط تشکیل CO_2 را در فاصله‌ی زمانی ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، بر حسب مول بر لیتر بر دقیقه محاسبه کنید.

(پ) زمان کل واکنش چند دقیقه است؟ چرا؟



(همانگ کشوری)



۳۳. با توجه به نمودار و واکنش داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید:



(آ) سرعت متوسط مصرف $\text{NO}_2(\text{g})$ در گستره‌ی زمانی صفر تا ۲۴ دقیقه

چند $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ است؟

(ب) اگر حجم ظرف واکنش ۳/۰L باشد، سرعت متوسط تولید $\text{O}_2(\text{g})$ در

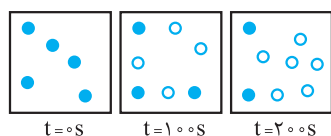
همین گستره‌ی زمانی چند mol.s^{-1} است؟

(پ) در کدام مورد سرعت واکنش بیش تر است: وقتی مول‌های اولیه به $\frac{1}{4}$

می‌رسند یا به $\frac{1}{4}$ ؟ چرا؟ (بدون محاسبه)

۳۴. در شکل زیر گوی‌های (●) ماده‌ی A و گوی‌های (○) ماده‌ی B را نشان می‌دهند. فرض کنید که هر گوی معادل ۰/۲ مول از ماده باشد.

(همانگ کشوری)



(آ) سرعت متوسط مصرف A در ۱۰۰ ثانیه‌ی اول چند mol.s^{-1} است؟

(ب) سرعت متوسط تولید B در ۱۰۰ ثانیه‌ی دوم چند $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ است؟

(پ) در معادله‌ی واکنش $a\text{A}(\text{g}) \rightarrow b\text{B}(\text{g})$ ضرایب a و b را تعیین کنید.

(همانگ کشوری)

۳۵. واکنش $2\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{B}(\text{g})$ در ظرفی به حجم ۲/۰L در حال انجام است. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

(آ) سرعت واکنش در کدام فاصله‌ی زمانی بیش تر است؟ (۲۰ ثانیه اول یا ۲۰

ثانیه‌ی سوم) بدون محاسبه، علت را بنویسید.

(ب) سرعت متوسط تولید ماده‌ی B در فاصله‌ی زمانی ۶۰-۴۰ ثانیه برحسب

$\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ به دست آورید.

(پ) سرعت متوسط مصرف A را در ۲۰ ثانیه‌ی اول برحسب mol.min^{-1}

محاسبه کنید. (هر ذره را معادل ۰/۰۲ مول فرض کنید.)

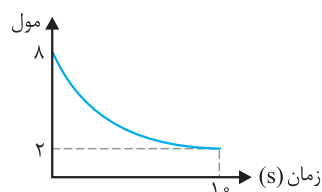
۳۶. جدول زیر، در ارتباط با تجزیه‌ی دی‌نیتروژن پنتوکسید رسم شده است. غلظت N_2O_5 در ثانیه‌ی ۶۰۰ چه قدر است؟



زمان (s)	$[\text{N}_2\text{O}_5]$	$\frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} (\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1})$
۰	۰/۰۲۰۰	$1/28 \times 10^{-3}$
۶۰۰	?	

۳۷. مقداری N_2O_5 در یک ظرف ۱۰ لیتری در حال تجزیه شدن است. با توجه به نمودار زیر، سرعت متوسط تشکیل گاز اکسیژن پس از ۱۰

ثانیه از آغاز واکنش برحسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ چه قدر است؟ $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$



۳۸. نمودار مقابل تغییرات عده‌ی مول‌های مواد شرکت‌کننده در واکنش فرضی $2\text{A} \rightarrow 2\text{B} + \text{C}$ را نشان می‌دهد. اگر حجم ظرف واکنش ۲L

باشد:

(آ) هر منحنی مربوط به کدام ماده است؟

(ب) سرعت متوسط مصرف A در طول واکنش برحسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$ چه قدر است؟ (با محاسبه)

(پ) سرعت متوسط مصرف A با سرعت تغییر کدام ماده برابر است؟

