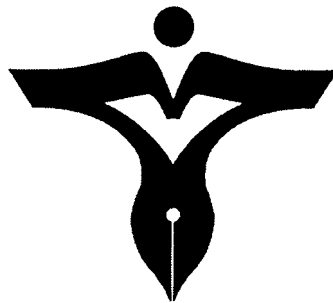


بسم الله الرحمن الرحيم

شیمی ۱ و ۲

پیش دانشگاهی



انتشارات خوشفوان

مؤلفان: حسین معینی، امیررضا مهدی زاده، علیرضا مسکاران

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش اول سینتیک شیمیایی	۵
پیشگفتار ناشر	۱
مقدمه	۳
بخش اول: سینتیک شیمیایی	۵
جلسه اول	۵
تمرین ۱-۱	۹
جلسه دوم	۱۱
تمرین ۲-۱	۱۵
جلسه سوم	۱۹
تمرین ۳-۱	۲۳
جلسه چهارم	۲۶

۳۳	تمرین ۴-۱
۳۷	جلسه پنجم
۴۴	تمرین ۵-۱
۴۹	پاسخ کلیدی تمرینات بخش اول
۵۱	پاسخ تشریحی تمرینات بخش اول
۶۴	سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۱)
۸۵	پاسخ کلیدی سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۱)
۸۶	پاسخ تشریحی سؤالات کنکور بخش (۱)
۹۷	بخش دوم: تعادل شیمیایی
۹۷	جلسه ششم
۱۰۲	تمرین ۱-۲
۱۰۸	جلسه هفتم
۱۱۱	تمرین ۲-۲
۱۱۴	جلسه هشتم
۱۱۹	تمرین ۳-۲
۱۲۱	جلسه نهم
۱۲۴	تمرین ۴-۲
۱۲۶	جلسه دهم
۱۳۱	تمرین ۵-۲
۱۳۷	پاسخ کلیدی تمرینات بخش دوم
۱۳۸	پاسخ تشریحی تمرینات بخش دوم
۱۵۴	سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۲)
۱۶۹	پاسخ کلیدی سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۲)
۱۷۰	پاسخ تشریحی سؤالات کنکور بخش (۲)

۱۸۳	بخش سوم: اسیدها و بازها
۱۸۳	جلسه یازدهم
۱۸۷	تمرین ۱-۳
۱۸۹	جلسه دوازدهم
۱۹۱	تمرین ۲-۳
۱۹۲	جلسه سیزدهم
۲۰۱	تمرین ۳-۳
۲۰۴	جلسه چهاردهم
۲۰۸	تمرین ۴-۳
۲۱۰	جلسه پانزدهم
۲۱۳	تمرین ۵-۳
۲۱۵	جلسه شانزدهم
۲۱۹	تمرین ۶-۳
۲۲۱	جلسه هفدهم
۲۲۶	تمرین ۷-۳
۲۲۷	جلسه هجدهم
۲۳۰	تمرین ۸-۳
۲۳۱	جلسه نوزدهم
۲۳۵	تمرین ۹-۳
۲۳۷	جلسه بیستم
۲۴۰	تمرین ۱۰-۳
۲۴۱	پاسخ کلیدی تمرینات بخش سوم
۲۴۳	پاسخ تشریحی تمرینات بخش سوم
۲۶۰	سوالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۳)

۲۸۲	پاسخ کلیدی سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۳)
۲۸۴	پاسخ تشریحی سؤالات کنکور بخش (۳)
۳۰۳	بخش چهارم: الکتروشیمی
۳۰۳	جلسه بیست و یکم
۳۰۷	تمرین ۱-۴
۳۱۰	جلسه بیست و دوم
۳۱۴	تمرین ۲-۴
۳۱۶	جلسه بیست و سوم
۳۲۲	تمرین ۳-۴
۳۲۴	جلسه بیست و چهارم
۳۲۶	تمرین ۴-۴
۳۲۷	جلسه بیست و پنجم
۳۳۱	تمرین ۵-۴
۳۳۴	جلسه بیست و ششم
۳۳۹	تمرین ۶-۴
۳۴۲	پاسخ کلیدی تمرینات بخش چهارم
۳۴۳	پاسخ تشریحی تمرینات بخش چهارم
۳۵۸	سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۴)
۳۷۷	پاسخ کلیدی سؤالات کنکور سراسری و آزاد بخش (۴)
۳۷۹	پاسخ تشریحی سؤالات کنکور بخش (۴)

بخش اول

سینتیک شیمیایی

جلسه اول

سینتیک شیمیایی یکی از شاخه‌های شیمی است که به مطالعه‌ی شرایط و چگونگی وقوع واکنش‌های شیمیایی، سرعت واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر سرعت آن‌ها می‌پردازد.

سرعت واکنش

وقتی کمیتی با گذشت زمان در حال تغییر باشد، برای آن می‌توان سرعت تغییر تعریف کرد. واکنش‌ها نیز مانند یک متحرک سرعت دارند. (لحظه‌ای و متوسط)

سرعت واکنش کمیتی است تجربی و با اندازه‌گیری سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها یا سرعت تولید فراورده‌ها معین می‌شود. از این رو با خواص قابل اندازه‌گیری از جمله جرم، حجم، فشار، غلظت و رنگ می‌توان سرعت یک واکنش شیمیایی را تعیین کرد.

$$\text{سرعت متوسط تولید یکی از فراورده‌ها} = \frac{\text{مقدار تولید آن فراورده}}{\text{زمان انجام واکنش}}$$

$$\text{سرعت متوسط مصرف یکی از واکنش دهنده‌ها} = \frac{\text{مقدار مصرف آن واکنش دهنده}}{\text{زمان انجام واکنش}}$$

یکاهای سرعت واکنش

یکاهای سرعت معمولاً برحسب حالت فیزیکی اجزاء تعیین می‌شوند.

(۱) یکای مول بر زمان - برای هر حالت فیزیکی می‌توان استفاده کرد. نمادی که آن را نمایش می‌دهند به صورت زیر است:

$$\frac{\text{mol}}{\text{s}}, \quad \frac{\text{mol}}{\text{min}}, \quad \dots$$

که s نشان دهنده‌ی ثانیه (second) و min نشان دهنده‌ی دقیقه (minute) است.

(۲) یکای غلظت مولی بر زمان - برای اجزایی که به صورت محلول هستند استفاده می‌شود. که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

که M نشان دهنده‌ی غلظت مولی (تعداد مول‌های جزء حل شده در یک لیتر محلول) است.

(۳) یکای حجم بر زمان - می‌توان برای موادی با حالت گازی استفاده کرد. که با نماد زیر نشان داده می‌شود:

$$\frac{\text{l}}{\text{s}}, \quad \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

که l نشان دهنده‌ی لیتر و ml نشان دهنده‌ی میلی لیتر است.

با توجه به کند یا تند بودن واکنش می‌توان یکای مناسبی برای زمان انتخاب کرد. در واکنش‌های سریع مانند سوختن گاز شهری از یکاهای کوچک مانند ثانیه استفاده می‌شود و واکنش‌های کند یا خیلی کند مانند زنگ زدن آهن از یکاهایی مانند ساعت، روز، ... استفاده می‌شود.

محاسبه‌ی سرعت متوسط واکنش

طبق تعریف سرعت را می‌توان برحسب واکنش دهنده یا فراورده تعیین کرد.

(۱) برحسب مواد واکنش دهنده

در مورد واکنش فرضی $A \rightarrow B$ نمودار مول بر زمان ماده‌ی A نزولی

است. چون ماده‌ی واکنش دهنده با گذشت زمان مصرف می‌شود.

از طرفی $\Delta n_A = n_{A_f} - n_{A_i} < 0$ است بنابراین برای مثبت شدن

سرعت واکنش، از یک علامت منفی در رابطه‌ی آن استفاده می‌کنیم.

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

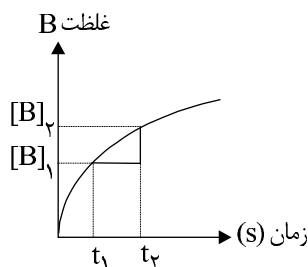
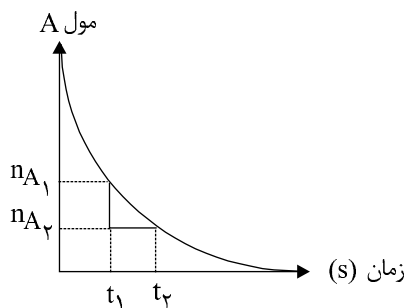
\bar{R}_A : سرعت متوسط مصرف ماده‌ی A

(۲) برحسب مواد فراورده

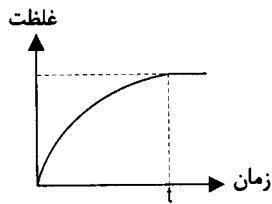
در مورد واکنش فرضی $A \rightarrow B$ نمودار غلظت - زمان ماده‌ی B صعودی است. چون با گذشت زمان به مقدار فراورده‌ها افزوده می‌شود.

$[B]$: غلظت مولی B

$$\bar{R}_B = \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$$



نکته ۱: در صورتی که نمودار غلظت - زمان یک فراورده به صورت مقابل باشد، در این حالت:

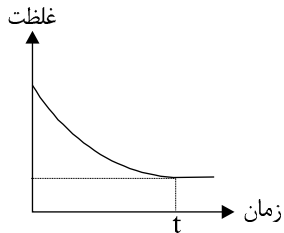


(۱) مواد واکنش دهنده‌ی آن در زمان t به پایان رسیده است.

یا

(۲) در زمان t به تعادل رسیده است (در بخش ۲ بررسی می‌شود)

در صورتی که نمودار غلظت - زمان یک واکنش دهنده به صورت مقابل باشد در این حالت



(۱) واکنش دهنده‌ی مورد نظر در آن واکنش دهنده‌ی اضافی است.

یا

(۲) در زمان t به تعادل رسیده است.

■ تست ۱: اگر در واکنش: $2x \rightarrow y$ غلظت x در ثانیه‌های چهارم و دهم به ترتیب ۱ و ۰/۴ مول بر لیتر باشد. سرعت مصرف x در این فاصله‌ی زمانی کدام است؟

۰/۶ (۴)

۰/۱ (۳)

۰/۲ (۲)

۰/۰۵ (۱)

□ پاسخ: گزینه‌ی ۳

$$\bar{R}_x = -\frac{0.4 - 1}{10 - 4} = \frac{0.6}{6} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$$

• واکنش کاربردی ندارد.

• علامت منفی در فرمول فراموش نشود.

■ تست ۲: در واکنش سدیم با آب، سرعت برحسب هیدروژن تولید شده $0.1 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ است. در مدت ۲۰ ثانیه چند لیتر گاز هیدروژن در شرایط استاندارد تولید می‌شود؟

۴/۴۸ (۴)

۲/۲۴ (۳)

۴۴/۸ (۲)

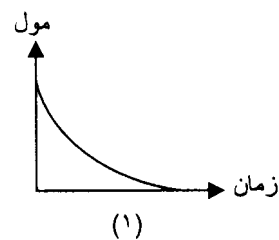
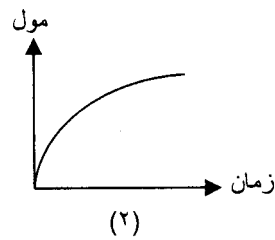
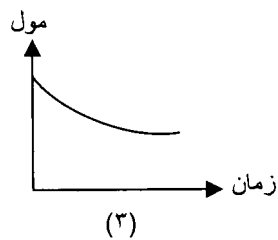
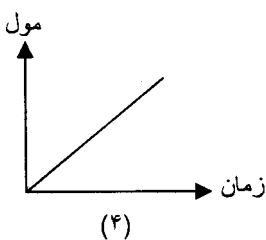
۲۲/۴ (۱)

□ پاسخ: گزینه‌ی ۲ (هر یک مول گاز در شرایط STP ۲۲/۴ لیتر حجم اشغال می‌کند)

$$\bar{R}_{H_2} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \quad \Delta t = 20 \text{ s}$$

$$0.1 = \frac{\Delta n_{H_2}}{20} \rightarrow \Delta n_{H_2} = 2 \text{ mol} \quad V_{H_2} = 2 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 44.8 \text{ L}$$

■ تست ۳: در یک ظرف ۲ مول ماده‌ی B و ۱ مول ماده‌ی A وارد کرده‌ایم. تا واکنش فرضی: $A + B \rightarrow C$ انجام شود. نمودار مول برحسب زمان B کدام است؟

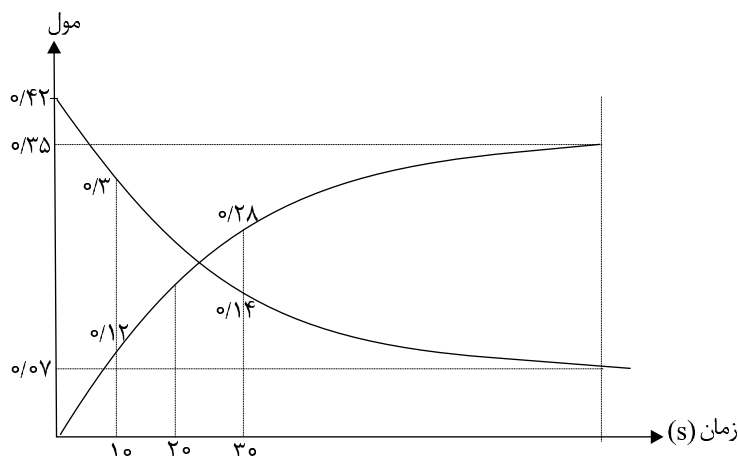


□ پاسخ: گزینه ی ۳ با توجه به مقادیر واکنش دهنده و ضرایب آن ها B واکنش دهنده ی اضافی و A محدودکننده است پس در پایان واکنش مقدار B به صفر نمی رسد.

$$x \text{ mol B} = \frac{1 \text{ mol B}}{1 \text{ mol A}} \times 1 \text{ mol A} = 1 \text{ mol B}$$

۱ مول از B اضافه باقی می ماند.

■ تست ۴: با توجه به واکنش $A \rightarrow B$ و نمودار زیر، سرعت متوسط B در فاصله ۱۰ تا ۳۰ ثانیه، برحسب مول بر ثانیه کدام است؟



- ۰٫۰۰۸ (۱)
- ۰٫۰۸ (۲)
- ۰٫۰۰۹ (۳)
- ۰٫۰۹ (۴)

□ پاسخ: گزینه ۱ ماده ی B فراورده است پس نمودار غلظت - زمان آن صعودی است. سرعت متوسط به راحتی در محدوده زمانی داده شده محاسبه می شود.

$$\bar{R}_B = \frac{0.28 - 0.12}{30 - 10} = 0.008 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

■ تست ۵: واکنش تجزیه ی دی نیتروژن پنتوکسید را در نظر بگیرید: $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ با توجه به جدول زیر غلظت NO_2 در ثانیه ی ۲۰۰ کدام است؟

$\frac{+\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t}$	$[\text{NO}_2](\frac{\text{mol}}{\text{l}})$	زمان (S)
5.0×10^{-5}	۰	۰
	۰٫۰۰۵	۱۰۰
4.0×10^{-5}	x	۲۰۰

- ۰٫۰۰۹ (۴)
- ۰٫۰۱۵ (۳)
- ۰٫۰۲ (۲)
- ۰٫۰۰۱ (۱)

□ پاسخ: گزینه ۴ با توجه به جدول، سرعت متوسط تولید NO_2 در فاصله ی زمانی ۱۰۰ تا ۲۰۰ ثانیه معلوم است. از طرف دیگر غلظت اولیه ی NO_2 در زمان $t = 100$ هم مشخص است پس یک معادله داریم و یک مجهول.

$$\bar{R}_{\text{NO}_2} = \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} \rightarrow 4 \times 10^{-5} = \frac{x - 0.005}{200 - 100} \rightarrow x = 0.009 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

دقت کنید: سرعت متوسط بین زمان ۰ تا ۱۰۰ ثانیه اطلاعات اضافی است و در حل مسأله بکار نمی رود.

تمرین ۱-۱

(۱) سینتیک شیمیایی اطلاعات زیر را در اختیار ما قرار می‌دهد به جز

(۱) چگونگی وقوع انواع واکنش‌های شیمیایی

(۲) عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌ها

(۳) ساختار و ویژگی‌های گونه‌هایی که در هر مرحله تولید یا مصرف می‌شوند.

(۴) پیش‌بینی امکان وقوع انجام واکنش

(۲) زمان لازم برای وقوع کامل واکنش‌های شیمیایی در چه محدوده‌ای است؟

(۱) ثانیه تا روز

(۲) ثانیه تا سال

(۳) کم‌تر از صدم ثانیه تا روز

(۴) کم‌تر از صدم ثانیه تا چند سده

(۳) کدام مطلب درست است؟

(۱) خود به خودی بودن واکنش از دید ترمودینامیک یعنی واکنش با سرعت انجام می‌شود.

(۲) تعداد کمی از واکنش‌ها وجود دارند که ترمودینامیک امکان وقوع آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند.

(۳) سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک شیمیایی مکمل یکدیگرند.

(۴) سینتیک در مورد تعیین سطح انرژی مواد شرکت کننده در واکنش و تغییر آنتروپی گفت‌وگو می‌کند.

(۴) واکنش پر بازده واکنشی است که

(۱) در مدتی کوتاه انجام شود.

(۲) با سرعت زیاد انجام شود.

(۳) مقدار زیادی فراورده تولید کند.

(۴) مقدار زیادی فراورده با سرعت زیاد تولید کند.

(۵) از ویژگی‌های زیر برای اندازه‌گیری میزان مصرف واکنش‌دهنده یا تولید فراورده استفاده می‌شود، به جز

(۱) رنگ

(۲) آنتالپی

(۳) غلظت

(۴) فشار

(۶) در مدت ۱/۵ دقیقه غلظت یکی از مواد حاصل در یک واکنش از ۱/۲ به ۲/۱ مول بر لیتر افزایش یافت. سرعت متوسط ماده‌ی

تولید شده برحسب مول بر لیتر بر ثانیه کدام است؟

(۱) ۰/۰۱

(۲) ۰/۱۵

(۳) $\frac{11}{3}$

(۴) $\frac{11}{20}$

(۷) اگر سرعت متوسط واکنش آلومینیم با هیدروکلریک اسید در شرایط آزمایش برابر ۰/۱ مول Al در دقیقه باشد، پس از ۲۰ ثانیه

چند گرم آلومینیم مصرف می‌شود؟ $Al = 27$

(۱) ۰/۹

(۲) ۵۴

(۳) ۰/۰۳۳

(۴) ۰/۰۴۵

(۸) در واکنش فرضی $A \rightarrow B$ تعداد مول‌های ماده‌ی A در مدت زمان ۲۰ ثانیه به ۰/۲ مول می‌رسد. در صورتی که سرعت متوسط

واکنش برحسب A، $3 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$ باشد، تعداد مول‌های اولیه‌ی A کدام است؟

(۱) ۰/۸

(۲) ۱/۲

(۳) ۶۰/۲

(۴) ۵۹/۸

(۹) در مورد واکنش $A \rightarrow B$ کدام یک از موارد زیر درست است؟

(۱) $\Delta t > 0$ ، $\Delta[A] < 0$

(۲) $\Delta t > 0$ ، $\Delta[B] < 0$

(۳) $\Delta t < 0$ ، $\Delta[A] > 0$

(۴) $\Delta t < 0$ ، $\Delta[B] > 0$

(۱۰) در واکنش: $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ تعداد برخوردها 10^{24} برخورد در ثانیه است. ۸۰٪ برخوردها مؤثر می‌باشند. سرعت

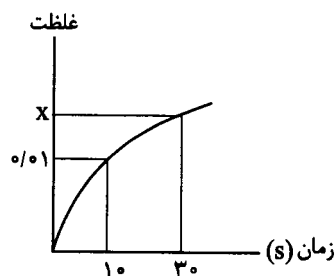
این واکنش برحسب تولید HCl چقدر است؟

$$\frac{2,66 \text{ mol}}{\text{s}} \quad (4) \quad \frac{1,33 \text{ mol}}{\text{s}} \quad (3) \quad \frac{1,66 \text{ mol}}{\text{s}} \quad (2) \quad \frac{3,33 \text{ mol}}{\text{s}} \quad (1)$$

(۱۱) واکنش گازی: $2\text{NO}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$ در یک ظرف ۲ لیتری انجام می‌شود. اگر در مدت زمان ۵ ثانیه ۰/۵ مول NO تولید شود، سرعت تولید NO برحسب $\frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{min}}$ کدام است؟

$$3 \quad (4) \quad 6 \quad (3) \quad 0,05 \quad (2) \quad 0,1 \quad (1)$$

(۱۲) نمودار زیر تغییرات غلظت یکی از اجزای واکنش را با زمان نشان می‌دهد. اگر سرعت تولید این ماده در محدوده‌ی زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه، $10^{-3} \times 2,5$ مول بر لیتر بر ثانیه باشد، غلظت در ثانیه‌ی ۳۰ کدام است؟



$$0,04 \quad (1) \\ 0,06 \quad (2) \\ 0,05 \quad (3) \\ 0,03 \quad (4)$$

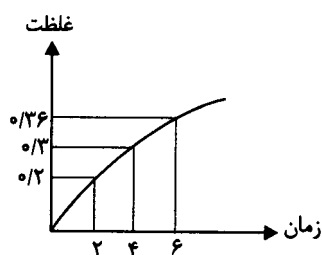
(۱۳) با توجه به جدول، کدام مقایسه بین سرعت‌های N_2 در ۲۰ ثانیه‌ی اول (R_1) و ۲۰ ثانیه‌ی دوم (R_2) درست است؟

$$4\text{KNO}_{3(s)} \rightarrow 2\text{K}_2\text{O}_{(s)} + 2\text{N}_{2(g)} + 5\text{O}_{2(g)}$$

زمان (s)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
$[\text{N}_2]$	۰/۲	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۳

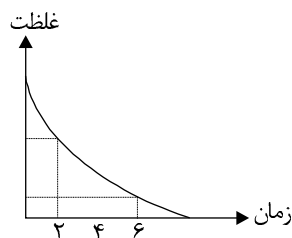
$$R_1 = 0,5R_2 \quad (4) \quad R_1 = 0,2R_2 \quad (3) \quad R_1 = \frac{3}{4}R_2 \quad (2) \quad R_1 = \frac{7}{3}R_2 \quad (1)$$

(۱۴) در نمودار زیر تغییرات غلظت یکی از محصولات یک واکنش برحسب زمان داده شده است. با توجه به آن کدام گزینه مقایسه متوسط سرعت تشکیل این محصول در طول نخستین دو دقیقه (R_1) را با متوسط آن در سومین دو دقیقه (R_3) دقیق‌تر نشان می‌دهد؟



$$R_3 = 1,8R_1 \quad (1) \\ R_3 = 0,6R_1 \quad (2) \\ R_3 = 3R_1 \quad (3) \\ R_3 = 0,3R_1 \quad (4)$$

(۱۵) با توجه به نمودار زیر کدام مقایسه در مورد سرعت متوسط R_1 و R_2 صحیح است؟



$$\Delta t_1 = 0 \rightarrow 2 \quad R_1$$

$$\Delta t_2 = 0 \rightarrow 6 \quad R_2$$

$$R_2 > R_1 \quad (2)$$

$$R_1 > R_2 \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{1}{3}R_1 \quad (4)$$

$$R_1 = R_2 \quad (3)$$

(۱۶) براساس واکنش $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$ و با توجه به جدول زیر، سرعت تولید NH_3 در محدوده‌ی زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه کدام است؟

زمان (s)	۱۰	۲۰	۳۰
$[\text{NH}_3] \times 10^{-2}$	۴	۶	۷

$$1/5 \times 10^{-2} \frac{\text{M}}{\text{s}} \quad (4) \quad 1/5 \frac{\text{M}}{\text{s}} \quad (3) \quad 1/5 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}} \quad (2) \quad 0/15 \frac{\text{M}}{\text{s}} \quad (1)$$

۱۷) در زمان ۱۰ ثانیه ۰/۵ مول HI مطابق واکنش $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ تولید می‌شود. اگر سرعت متوسط تولید HI در این محدوده‌ی زمانی $0/5 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$ باشد، حجم ظرف واکنش چند لیتر است؟

$$0/011 \quad (4) \quad 0/11 \quad (3) \quad 11 \quad (2) \quad 101 \quad (1)$$

۱۸) تغییر غلظت یک واکنش دهنده در ثانیه‌های اول، دوم، سوم و چهارم به قرار زیر است. کدام یک تغییر غلظت را در ثانیه‌ی سوم نشان می‌دهد؟

$$0/2 \quad (4) \quad 0/4 \quad (3) \quad 0/8 \quad (2) \quad 0/5 \quad (1)$$

جلسه دوم

روابط بین سرعت اجزای یک واکنش

سرعت‌هایی که تا اینجا برای واکنش تعریف شد، سرعت متوسط مصرف شدن یک واکنش دهنده یا تولید یک فراورده بود. مقدار این سرعت‌ها در یک واکنش ممکن است از یک واکنش دهنده به واکنش دهنده‌ی دیگر یا از یک فراورده به یک فراورده‌ی دیگر متفاوت باشد.

برای مثال در واکنش: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ اگر سرعت متوسط مصرف N_2 ، $1 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ باشد، سرعت متوسط مصرف

H_2 سه برابر آن، یعنی $3 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ می‌باشد و سرعت متوسط تولید NH_3 برابر $2 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ خواهد بود. (به ضرایب استوکیومتری واکنش نگاه کنید.)

با توجه به ضرایب واکنش موازنه شده می‌توان رابطه‌ی بین سرعت اجزای یک واکنش را به دست آورد. در حال حاضر ما به دنبال سرعتی هستیم که مستقل از هر واکنش دهنده یا فراورده‌ای باشد. این سرعت را می‌توان از تقسیم کردن سرعت متوسط هر جزء (واکنش دهنده یا فراورده) بر ضریب آن در معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش به دست آورد.

برای مثال در واکنش فرضی: $a\text{A} + b\text{B} \rightarrow c\text{C} + d\text{D}$ چهار سرعت متوسط برحسب اجزا می‌توان تعریف کرد و یک سرعت متوسط، که متعلق به کل واکنش است.

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

که در این رابطه:

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}, \quad \bar{R}_B = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t}, \quad \bar{R}_C = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}, \quad \bar{R}_D = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

نکته ۲: در هر واکنش بیش‌ترین سرعت مربوط به جزیی است که بزرگ‌ترین ضریب را در معادله‌ی واکنش دارد.

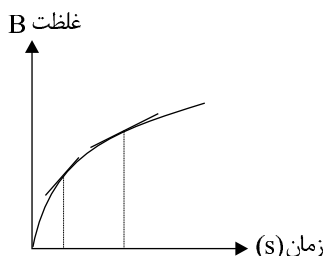
سرعت لحظه‌ای

سرعتی است که واکنش در هر لحظه خواهد داشت و طبق تعریف داریم:

$$R_B = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{d[B]}{dt}$$

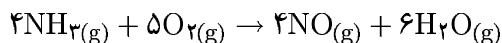
تعبیر هندسی آن عبارت است از قدرمطلق شیب خط مماس بر منحنی غلظت - زمان

B در زمان t. (کاربرد قدرمطلق به علّت مثبت بودن سرعت در هر لحظه می‌باشد)



نکته ۳: با گذشت زمان اندازه‌ی شیب منحنی (سرعت واکنش) کاهش می‌یابد. (در قسمت‌های بعدی دلیل آن را خواهیم گفت)

■ تست ۶: با توجه به واکنش زیر کدام رابطه بین سرعت اجزا درست است؟



$$\frac{-\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} \quad (2)$$

$$\frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\frac{-\Delta[\text{NH}_3]}{4\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{6\Delta t} \quad (4)$$

$$-4\frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} = 6\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t} \quad (3)$$

□ پاسخ: گزینه ۴ در این تست باید به دو نکته توجه کرد:

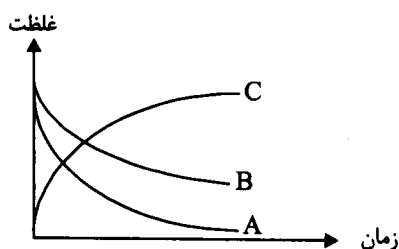
(۱) رابطه‌ی بین سرعت اجزای واکنش

(۲) در رابطه‌ی سرعت مواد واکنش‌دهنده علامت (-) فراموش نشود.

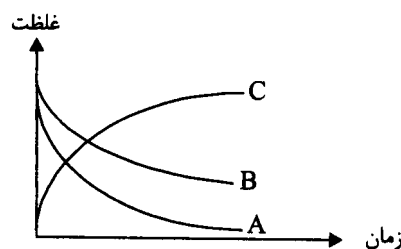
بنابراین:

$$\frac{R_{\text{NH}_3}}{4} = \frac{R_{\text{O}_2}}{5} = \frac{R_{\text{NO}}}{4} = \frac{R_{\text{H}_2\text{O}}}{6} \quad \text{یا} \quad \frac{-\Delta[\text{NH}_3]}{4\Delta t} = \frac{-\Delta[\text{O}_2]}{5\Delta t} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{4\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{6\Delta t}$$

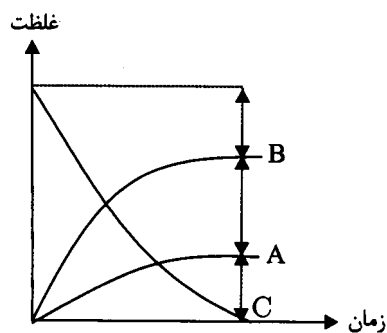
■ تست ۷: کدام نمودار غلظت - زمان مربوط به واکنش فرضی $3\text{C}(\text{g}) \rightarrow \text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g})$ است؟



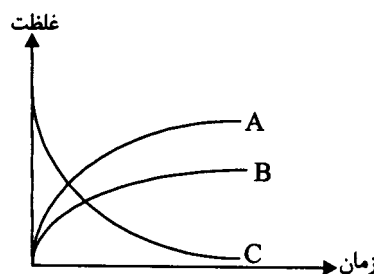
(۲)



(۱)



(۴)



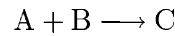
(۳)

□ پاسخ: گزینه ۴ هر چه ضریب یک جزء بزرگ‌تر باشد، سرعت آن جزء بیش‌تر است. در نتیجه قدرمطلق شیب منحنی غلظت -

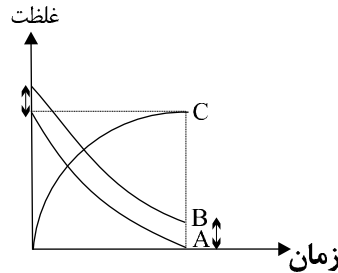
زمان آن بیش‌تر است. از طرفی دیگر، غلظت واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان کاهش و غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد. پس گزینه‌های ۱ و ۲ نادرست هستند.

نمودارهای غلظت - زمان

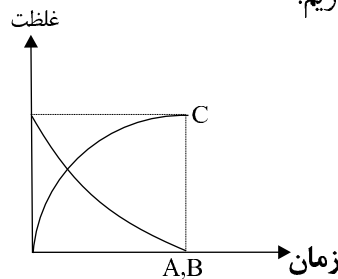
برای مثال در واکنش: $C \rightarrow A + B$ چون ضرایب A و B برابرند و از ابتدا A و B در ظرف واکنش وجود ندارند، پس نمودار آن‌ها بر هم منطبق است. همچنین قدرمطلق شیب C با شیب‌های A و B برابر است. برابر بودن قدرمطلق شیب‌ها را می‌توان از تغییرات غلظت C و A (یا B) در کل زمان انجام واکنش تشخیص داد. در نمودار مقابل، چون ضریب استوکیومتری C با A (B) برابر است، اندازه‌ی تغییرات غلظتشان نیز برابر خواهد بود. در واکنش فرضی:



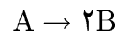
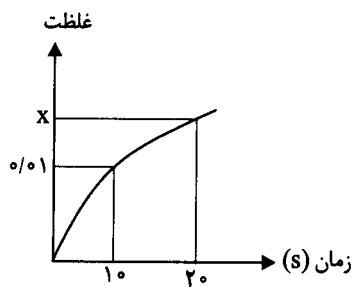
در نمودار زیر A واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده و B واکنش‌دهنده‌ی اضافی است. اما در طول زمان واکنش شیب A و B و قدرمطلق شیب C با هم برابرند.



در نمودار زیر واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده نداریم:



■ تست ۸: سرعت متوسط واکنش، در محدوده‌ی زمانی مشخص شده 0.002 مول بر لیتر بر ثانیه است. غلظت B در ثانیه‌ی ۲۰ کدام است؟



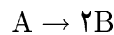
(۱) 0.05

(۲) 0.03

(۳) 0.02

(۴) 0.04

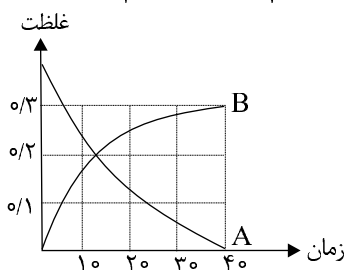
□ پاسخ: گزینه ۱ (می‌دانیم که طی واکنش غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد لذا) نمودار داده شده نمودار غلظت - زمان B است، در حالی که سرعت داده شده، سرعت متوسط واکنش است. پس ابتدا سرعت متوسط تولید B را به دست می‌آوریم، سپس به سراغ غلظت B در ثانیه‌ی ۲۰ می‌رویم.



$$\bar{R} = \frac{\bar{R}_A}{1} = \frac{\bar{R}_B}{2} \rightarrow 0.002 = \frac{\bar{R}_B}{2} \rightarrow \bar{R}_B = 0.004 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

$$\bar{R}_B = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1} \rightarrow 0,004 = \frac{x - 0,01}{20 - 10} \rightarrow x = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

■ تست ۹: با توجه به نمودار زیر، سرعت برحسب کدام ماده و در کدام محدوده‌ی زمانی بیش‌ترین مقدار خود را دارد؟



(۱) B - ۳۰ تا ۴۰

(۲) A - ۰ تا ۱۰

(۳) B - ۰ تا ۱۰

(۴) A - ۳۰ تا ۴۰

□ پاسخ: گزینه ۲ با نگاه کردن به نمودار، متوجه می‌شویم که شیب نمودار غلظت - زمان A بیش‌تر از B است. پس سرعت متوسط آن هم بیش‌تر است. از طرف دیگر با توجه به نکته‌ی ۳، سرعت (شیب) در لحظات اولیه بیش‌تر است.

دقت کنید: سرعت در محدوده‌ی زمانی ۰ تا ۱۰ بیش‌تر از سرعت در محدوده‌ی ۰ تا ۳۰ است. و بزرگ بودن محدوده‌ی زمانی ۰ تا ۳۰ دلیلی بر زیاد بودن سرعت متوسط در این محدوده نیست. بلکه برعکس، با دور شدن از زمان صفر به تدریج از سرعت لحظه‌ای واکنش کاسته می‌شود و کاهش سرعت لحظه‌ای اثر خود را بر سرعت متوسط می‌گذارد. (روش دوم: می‌توانید با وصل کردن دو انتهای نمودار و پیدا کردن شیب در دو محدوده زمانی سرعت‌ها را مقایسه کنید)

■ تست ۱۰: با توجه به جدول زیر و واکنش تجزیه‌ی N_2O_5 ، مقدار x و y به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



زمان s	$[\text{N}_2\text{O}_5]$	$\frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{2\Delta t}$	$\frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t}$ (ضریب NO_2)
۰	۰,۲	x	y
۱۰	۰,۱		

(۲) ۰,۰۰۵ - نمی‌توان محاسبه کرد

(۱) ۰,۰۱ - ۰,۰۲

(۴) ۰,۰۱ - نمی‌توان محاسبه کرد

(۳) ۰,۰۰۵ - ۰,۰۰۵

□ پاسخ: گزینه ۳ $X = Y$ چرا؟ چون هر دو عبارت $\frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{2\Delta t}$ و $\frac{\Delta[\text{NO}_2]}{4\Delta t}$ همان سرعت متوسط واکنش است که به واکنش‌دهنده یا فراورده‌ی خاصی بستگی ندارد. (برای یک واکنش یک سرعت متوسط تعریف می‌شود). پس کافی است با استفاده از جدول X را محاسبه کنیم.

$$\frac{-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{2\Delta t} = -\frac{(0,1 - 0,2)}{(10 - 0) \times 2} = 0,005 \frac{\text{mol}}{\text{l.s}}$$

(راه سریع‌تر: چون $X = Y$ فقط گزینه‌ی ۳ می‌تواند صحیح باشد)

■ تست ۱۱: کدام گزینه در مورد سینتیک واکنش: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ درست است؟

(۱) سرعت برحسب اکسیژن کم‌تر از سرعت واکنش است

(۲) شیب منحنی غلظت - زمان H_2O کم‌تر از شیب نمودار غلظت - زمان بقیه‌ی اجزای واکنش است.

(۳) شیب منحنی غلظت - زمان NO با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

(۴) سرعت واکنش از سرعت اجزای واکنش کم‌تر است.

□ پاسخ: گزینه‌ی ۴ در مورد گزینه‌ی ۱: $R_{\text{واکنش}} = \frac{R_{\text{O}_2}}{5}$ ، در نتیجه $R_{\text{واکنش}} > R_{\text{O}_2}$. پس گزینه‌ی ۱ نادرست است. گزینه‌ی ۲ هم نادرست است. چون ضریب H_2O از بقیه‌ی اجزا بیشتر است. پس سرعت آن (شیب نمودار غلظت - زمان) نیز بیش‌تر از بقیه‌ی اجزا است.

قدرمطلق شیب غلظت - زمان همه‌ی اجزای واکنش با گذشت زمان کم می‌شود. پس گزینه‌ی ۳ هم نادرست است. و اما گزینه‌ی ۴:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{R_{\text{NH}_3}}{4} = \frac{R_{\text{O}_2}}{5} = \frac{R_{\text{NO}}}{4} = \frac{R_{\text{H}_2\text{O}}}{6}$$

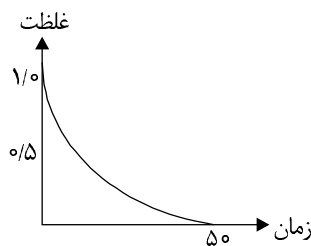
$$\left. \begin{array}{l} R_{\text{NO}} = R_{\text{NH}_3} = 4R_{\text{واکنش}} \\ R_{\text{O}_2} = 5R_{\text{واکنش}} \\ R_{\text{H}_2\text{O}} = 6R_{\text{واکنش}} \end{array} \right\} \Rightarrow R_{\text{واکنش}} < R_{\text{NO}} = R_{\text{NH}_3} < R_{\text{O}_2} < R_{\text{H}_2\text{O}}$$

■ تست ۱۲: در واکنش گازی $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ سرعت متوسط مصرف N_2O_5 برابر $0.4 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$ است. سرعت متوسط واکنش کدام است؟

- (۱) 0.4 (۲) 0.2 (۳) 0.8 (۴) اطلاعات مسأله کافی نیست.

□ پاسخ: گزینه‌ی ۲ $\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = \bar{R}_{\text{واکنش}} \Rightarrow \bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{0.4}{2} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$

■ تست ۱۳: با توجه به واکنش: $2\text{A} \rightarrow \text{B} + 3\text{C}$ و نمودار زیر، سرعت بر حسب C چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟



- (۱) 0.02 (۲) 0.06 (۳) $\frac{4}{300}$ (۴) 0.03

□ پاسخ: گزینه‌ی ۴ (چون نمودار نزولی است پس مربوط به تغییرات غلظت A می‌باشد).

ابتدا سرعت متوسط مصرف A را به دست می‌آوریم، سپس از طریق ضرایب استوکیومتری سرعت بر حسب C را محاسبه می‌کنیم.

$$\bar{R}_A = -\frac{0 - 1}{50 - 0} = 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}} \quad \frac{\bar{R}_A}{2} = \frac{\bar{R}_C}{3} \rightarrow \bar{R}_C = \frac{3}{2} \times 0.02 = 0.03 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

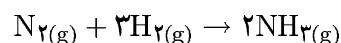
تمرین ۲-۱

۱۹) کدام رابطه‌ی زیر در مورد سرعت اجزای واکنش $4\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$ درست است؟

$$\bar{R}_{\text{N}_2} = 2 \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} \quad \bar{R}_{\text{KNO}_3} = \frac{-\Delta n_{\text{KNO}_3}}{\Delta t} \quad (۱)$$

$$\bar{R}_{\text{K}_2\text{O}} = -\frac{\Delta n_{\text{K}_2\text{O}}}{2 \Delta t} \quad \bar{R}_{\text{O}_2} = 2 \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \quad (۳)$$

۲۰) اگر گاز هیدروژن با سرعت متوسط 0.6 مول بر ثانیه با نیتروژن واکنش دهد، پس از گذشت چند ثانیه، 136 گرم آمونیاک تولید می‌شود؟ ($\text{H} = 1$ و $\text{N} = 14$)



۲۰ (۴)

۱۳٫۵ (۳)

۶٫۵ (۲)

۱۰ (۱)

(۲۱) در صورتی که در واکنش $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ سرعت متوسط واکنش برحسب هیدروژن $\frac{\text{mol}}{\text{s}}$ ۰٫۰۴ باشد. سرعت متوسط برحسب CO_2 و سرعت متوسط واکنش به ترتیب از راست به چپ کدام هستند؟

۰٫۰۴، ۰٫۰۲ (۴)

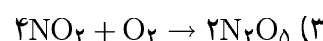
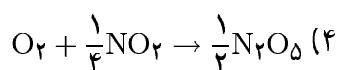
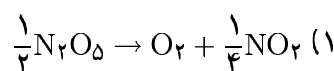
۰٫۰۱، ۰٫۰۲ (۳)

۰٫۰۱، ۰٫۰۱ (۲)

۰٫۰۴، ۰٫۰۱ (۱)

(۲۲) با توجه به رابطه‌ی زیر کدام گزینه واکنش مربوطه را به درستی نشان می‌دهد؟

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



(۲۳) در واکنش: $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ هنگامی که سرعت تشکیل نیتروژن ۰٫۰۲ مول بر لیتر بر ثانیه باشد، سرعت ناپدید شدن گاز هیدروژن چند مول بر دقیقه است، به شرطی که حجم ظرف واکنش ۰٫۵ لیتر باشد؟

۰٫۰۲ (۴)

۴٫۸ (۳)

۲٫۴ (۲)

۱٫۲ (۱)

(۲۴) در واکنش: $4\text{KNO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{K}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{N}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$ کدام گزینه سرعت متوسط واکنش را به درستی نشان می‌دهد؟

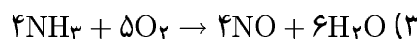
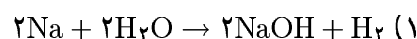
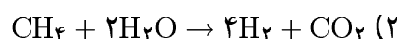
$$\bar{R} = \frac{-\Delta n_{\text{KNO}_3}}{4\Delta t} \quad (4)$$

$$\bar{R} = 2\bar{R}_{\text{K}_2\text{O}} \quad (3)$$

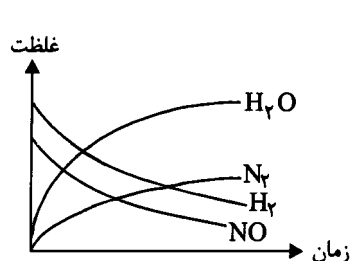
$$\bar{R} = \frac{-R_{\text{N}_2}}{2} \quad (2)$$

$$\bar{R} = \bar{R}_{\text{O}_2} \quad (1)$$

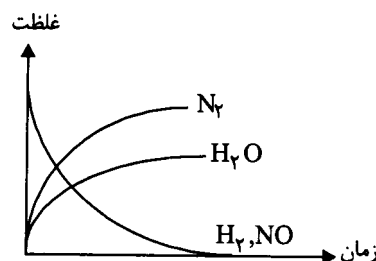
(۲۵) در کدام گزینه سرعت متوسط واکنش از سرعت برحسب همه‌ی مواد واکنش‌دهنده و فراورده کم‌تر است؟



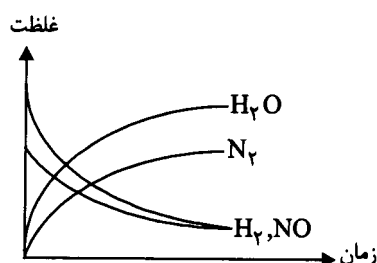
(۲۶) کدام نمودار تغییرات غلظت مواد شرکت‌کننده با زمان را در واکنش گازی: $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ به درستی نشان می‌دهد؟



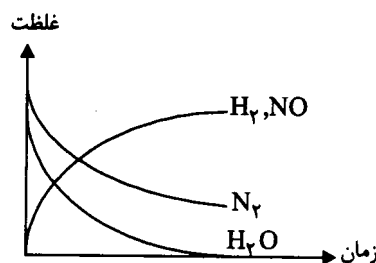
(۲)



(۱)



(۴)



(۳)