



هم کلاسی
Hamkelasi.ir

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه

سپاس خدای متعال را که در سختی‌ها ما را تنها نگذاشته و به بندگان مخلص خود، توان دو چندان عنایت می‌کند. پروردگارا قدر الطاف تو را می‌دانیم و با تلاشی بیشتر از گذشته، سعی می‌کنیم تا منشأ تحولاتی مثبت باشیم. دوستای خوبم، سالهاست که اساتید عزیز ما در عرصه‌ی انتشار کتاب‌های کمک آموزشی و کنکوری، خدمت به شما جوانان ایران زمین را سرلوحه‌ی کار خودشون قرار دادن. نشر و چاپ کتاب همواره با مشکلات و سختی‌های فراوان مواجه هست و تنها اراده‌ی مستحکم و عزمی جزم، اون رو امکان پذیر می‌سازه. شما عزیزان لیاقت اون رو دارید تا با صرف کم‌ترین زمان ممکن، بیشترین بهره‌ی رو از مطالعه‌ی یک کتاب ببرید و در نتیجه باید کتابی کم

نقص، پرمحتوا و جذاب رو در کنار خودتون ببینید.

در همین راستا بنده سعی کردم تا کتابی رو تنظیم کنم تا شما عزیزان با بهره‌گیری از اون بتونین تو مسیری که پیش رو دارین موفق بشید. این کتاب حاصل دو سال تلاش بی وقفه هستش که هدف اون ارائه یک مجموعه‌ی کامل و بی‌نقص هست تا شما دانش‌آموزان بتونید به واسطه‌ی اون بهترین نتیجه رو تو کنکور کارشناسی کسب کنید.

از نکات قابل توجه در مورد این کتاب میشه به موارد زیر اشاره کرد:

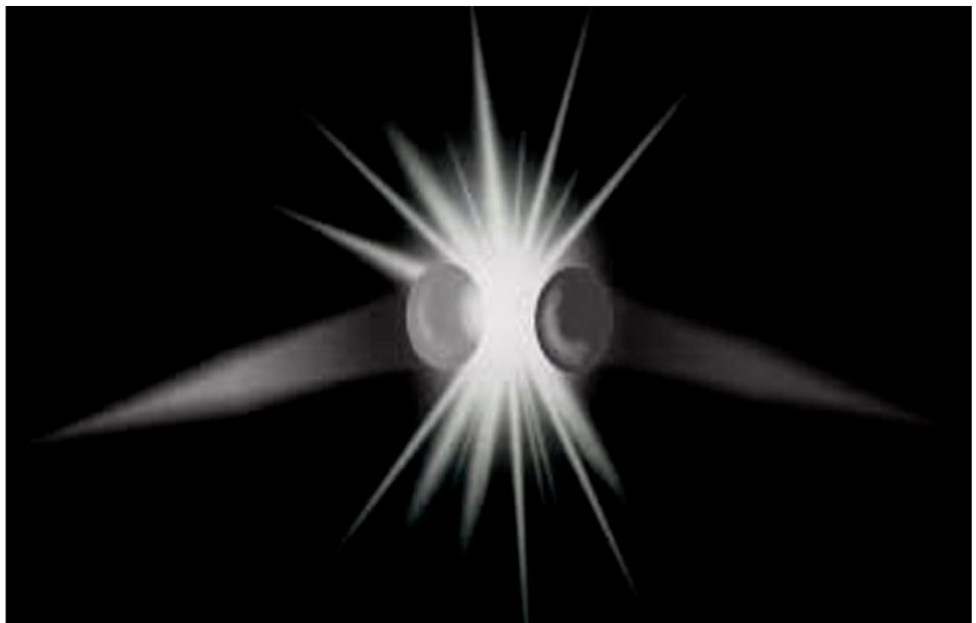
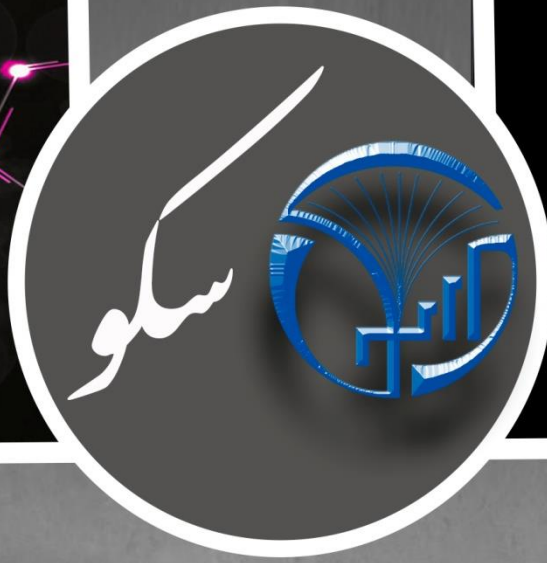
- آموزش مفهومی و ترکیبی مطالب درسی همراه با طبقه‌بندی‌های مناسب جهت یادگیری بهتر مطالب.
- شرح مطالب درسی با متنی ساده و روان تا شما دانش‌آموزان بتونید به راحتی با اون ارتباط برقرار کنید.
- آموزش مطالب همراه با تصویرهای کاملاً واضح که شما رو در یادگیری مطالب یاری می‌کنه.
- موشکافی تمامی تصاویر کتاب درسی
- ارائه‌ی نکات فراوان و متنوع که میشه با بهره‌گیری از اون‌ها به راحتی به سؤال‌ها پاسخ صحیح داد.
- قرار دادن خلاصه‌ی هر بخش تحت عنوان جان کلام به عنوان دسته‌بندی مطالب.
- ارائه‌ی تست‌های تألیفی و سراسری به همراه پاسخ‌های کاملاً تشریحی.
- حل تست‌های مطرح شده در آزمون‌های سراسری و آزاد در پایان هر فصل.

بچه‌ها تو نگارش این اثر، هدف ما ارائه‌ی یک مجموعه‌ی کامل و بی‌نقص بوده، اما از اونجایی که احتمال بروز اشتباهات سهوی وجود داره، از شما دوستان گرامی تقاضا می‌کنم تا ما رو در جهت رفع نقایص احتمالی یاری کنید و در ضمن پیشنهادات و انتقادات خودتون رو از طریق سایت زیر به ما منتقل کنید.

ایمیل: javadmalekzadeh71@gmail.com

مؤلف: بهاد ملک زاده

«کلیه‌ی حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و برداشت تمام یا قسمتی از این اثر را به صورت چاپ، فوتوکپی و جزوه را ندارد. در غیر این صورت متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند»



سلام به همه‌ی پیش‌دانشگاهی‌های عزیز که به یه جورایی هم دم بخت محسوب میشین. منظورم از بخت کنکوره هاللا! حالا اونیم که تو فکرتونه ایشالله بعد از کنکور و دانشگاه. خیلی خوشحالم که با یه کتاب و یه فصل دیگه از علم شیمی در خدمتون هستم. دوستای خوبم اسم مستعار این کتاب رو گذاشتم سورپرایز. حالا چرا سورپرایز؟ بذارید یه چشمشو نشونتون بدم. بچه‌ها کتاب پیش یک با وجود این که فقط دو فصل داره، ولی از ظرافت و نکات ریزی برخوردار هستش. لیدیز آند جنٹلمن، می‌خوام از سورپرایز اول همین جا رو نمایم کنم: مطمئن باشید با خوندن این کتاب و توجه به نکاتش خیلی راحت (حتی راحت تر از آب خوردن) می‌تونید تست‌های کنکور رو رنده کنید. این کتاب شامل دو فصل سینتیک و تعادل هستش که من سعی کردم به زبون خیلی خودمونی مطالب رو براتون حلای کنم.

و اما سورپرایز دوم: بچه‌ها خوندن این کتاب در کنار کتاب درسی اصلی شما رو از خوندن هر کتاب دیگه‌ای بی‌نیاز می‌کنه. یعنی اگه مطالب این کتاب رو خوب یاد بگیرید فقط تنها زحمتی که براتون می‌مونه اینه که سؤالات این مباحث رو سر جلسه‌ی کنکور نگاه کنید، بقیش خودش حله. حالا با سرعت بریم سراغ فصل اول.

دوستای خوبم در ابتدای این فصل می‌خوایم در مورد واکنش‌های شیمیایی صحبت کنیم و اون‌ها رو با هم بررسی و تجزیه و تحلیل کنیم. تعریف واکنش‌های شیمیایی که یادتون هست، فرآیندی که توی اون یک یا چند ماده‌ی شیمیایی روی همدیگه اثر می‌ذارن و مواد شیمیایی دیگه‌ای تولید می‌کنن رو واکنش شیمیایی میگن. به عبارت دیگه هر واکنش شیمیایی توصیفی از یک تغییر شیمیایی هست. اما برای بررسی واکنش‌های شیمیایی باید دو شاخه از علم شیمی رو بلد باشید که عبارت‌اند از :

۱- سینتیک ۲- ترمودینامیک.

با ترمودینامیک که به طور مفصل تو سال سوم آشنا شدید. اما تو این کتاب ما هم سینتیک رو براتون ریز ریز می‌کنیم و هم ترمودینامیکو. در واقع تو فصل اول شیمی پیش ۱ بیشتر در مورد سینتیک بحث می‌کنیم و تو فصل دوم که تعادل هست، بیشتر کارمون با ترمودینامیکه .

سینتیک شیمیایی

دوستای گلم، تو همین اول بحثی می‌خوام سینتیک رو با ترمودینامیک، مقایسه کنم:

سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از علم شیمی هستش که با **سرعت واکنش‌های شیمیایی، عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های**

شیمیایی و چگونگی انجام اون‌ها سر و کار داره .

در واقع اگه بخوام صفر تا صد سینتیک شیمیایی رو بگم می‌شه این :

۱ - بررسی سرعت واکنش‌های شیمیایی

۲ - بررسی عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

۳ - بررسی چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی

۴ - بررسی مسیر انجام واکنش‌های شیمیایی به شکل مرحله به مرحله

۵ - تولید فرآورده با صرفه ی اقتصادی



شاید می‌پرسید که حالا این سینتیک چه فایده‌ای واسه ما داره؟ یکی از فایده‌های مهم سینتیک اینه که شیمیادان‌های عزیز با آگاهی از **عوامل مؤثر بر سرعت واکنش** می‌تونن سرعت واکنش رو کنترل کنن و هر جا که لازم باشه با اعمال تغییری مناسب، سرعت واکنش رو افزایش، کاهش و یا حتی اون واکنش رو متوقف کنن.

اما ترمودینامیک چیکار می‌کنه ؟

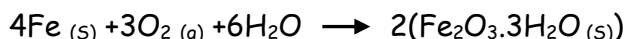
همون‌طور که تو فصل ۲ شیمی سال سوم خوندید، ترمودینامیک با استفاده از یک سری کمیت‌های ریاضی مثل تغییر آنتالپی

(ΔH)، تغییر آنتروپی (ΔS) و با تعیین ΔG واکنش، امکان **وقوع واکنش** رو پیش‌بینی می‌کنه. در واقع ترمودینامیک مشخص

می‌کنه که واکنش خودبه‌خودی انجام میشه یا نه.



مثلاً از دید ترمودینامیک امکان زنگ زدن آهن به طور خودبه‌خودی وجود دارد ($\Delta G < 0$).



به طور کلی می‌تونیم وظایف ترمودینامیک رو به صورت زیر خلاصه کنیم:

- ۱ - تعیین سطح انرژی واکنش دهنده‌ها (H_1) و فرآورده‌ها (H_2)
- ۲ - تعیین تغییر آنتالپی (ΔH)
- ۳ - تعیین تغییر آنتروپی (ΔS)
- ۴ - تعیین تغییر انرژی آزاد گیبس (ΔG)
- ۵ - پیش‌بینی امکان وقوع خودبه‌خودی بودن واکنش ($\Delta\text{G} < 0$) و یا خودبه‌خودی نبودن واکنش ($\Delta\text{G} > 0$)
- ۶ - بررسی میزان پیشرفت واکنش

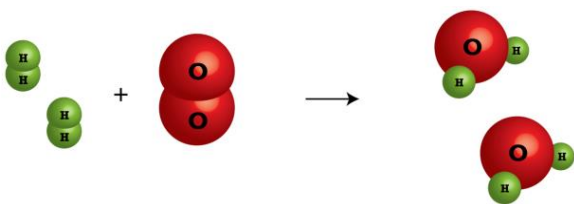


حواستون باشه که : منظور از پیشرفت واکنش، میزان تبدیل شدن واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها است. به عبارت دیگر وقتی می‌گوییم واکنشی در حال پیشرفت است، یعنی این که با گذشت زمان از مقدار واکنش دهنده‌ها کاسته شده و به مقدار فرآورده‌ها افزوده می‌شود.

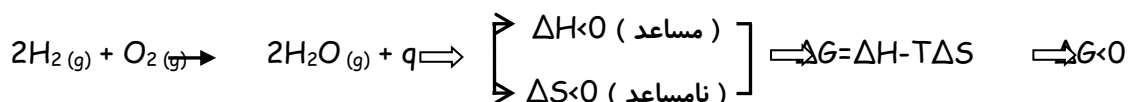
با این حساب جناب ترمودینامیک با تعیین سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها (ΔH) و تغییر آنتروپی (ΔS) امکان وقوع واکنش (خودبه‌خودی بودن واکنش) را پیش‌بینی می‌کنه، در حالی که جناب سینتیک عزیز به چگونگی تبدیل آن‌ها و شرایط بهینه برای انجام واکنش می‌پردازه. بنابراین می‌تونیم بگیم: **سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک مکمل یکدیگر هستند.**

نکته مهم: ترمودینامیک مشخص می‌کند که یک واکنش خودبه‌خودی است یا نه، اما این خودبه‌خودی بودن واکنش از دید ترمودینامیک به این معنی نیست که واکنش حتماً باید با سرعت انجام شود. یعنی ترمودینامیک نمی‌تواند راجع به سرعت واکنش اظهار نظر کند و بررسی سرعت واکنش مربوط می‌شود به سینتیک.

یه توضیح ریز در مورد نکته‌ی بالا:



ببینید بچه‌ها واکنش‌های زیادی وجود دارن که ترمودینامیک امکان وقوع اون‌ها رو پیش‌بینی می‌کنه، اما از دید سینتیک راه مناسبی برای وقوع اون‌ها وجود نداره. برای مثال تو فصل ۲ شیمی سال سوم خوندیم که واکنش سوختن هیدروژن خودبه‌خودی هست ($\Delta\text{G} < 0$)، به واکنش سوختن هیدروژن نگاه کنید تا همه چی یادتون بیاد:



همون‌طور که می‌بینید واکنش سوختن هیدروژن تو دمای 25°C از نظر ترمودینامیک مساعد ($\Delta\text{G} < 0$)، یعنی از دید ترمودینامیک امکان وقوع این واکنش وجود داره. اما بچه‌ها سینتیک این واکنش به ما می‌گه که سرعت این واکنش این قدر پایینه که مانع از انجام شدن این واکنش میشه. یعنی از لحاظ سینتیکی راه مناسبی برای وقوع این واکنش نیست (این واکنش از نظر سینتیکی کنترل میشه).



حواستون باشه كه : مخلوط گاز هیدروژن و اکسیژن را می‌توان در دمای اتاق برای هزاران سال نگه داشت، بدون این که واکنشی میان این دو گاز رخ دهد. (البته این نکته رو از من داشته باشید، با ایجاد جرقه یا به کمک یک کاتالیزگر مثل پلاتین می‌تونیم شرایط سینتیکی واکنش رو بهبود بخشیم و سرعت واکنش رو در حد انفجار بالا ببریم. در مورد کاتالیزگر تو همین فصل صحبت می‌کنیم).

نتیجه‌گیری مهم: علم ترمودینامیک امکان وقوع واکنش‌های شیمیایی را بررسی، و مشخص می‌کند که یک واکنش شیمیایی خودبه‌خودی است یا نه، اما سینتیک شیمیایی در مورد چگونگی انجام واکنش‌ها صحبت می‌کند.

بریم سراغ این موضوع که: سرعت تو واکنش‌های شیمیایی چه فایده‌ای داره

بعضی واکنش‌ها برای ما مفید هستن و هرچقدر سریع‌تر انجام بشن به نفع ماست، از طرفی بعضی واکنش‌ها برای ما زیان بار هستن و انجام شدن اون‌ها به نفع ما نیست. در واقع بسته به نوع واکنش‌های شیمیایی، گاهی لازمه که بعضی از واکنش‌ها تند و بعضی کند انجام بشن. آها!!!! فکر کنم همه چی رو فهمیدین!! اینجاست که اهمیت سرعت واکنش مشخص میشه. بنابراین ما باید دنبال راهی باشیم تا اون دسته از واکنش‌هایی که برای ما مفید هستن با سرعت انجام بشن و واکنش‌هایی که برای ما زیانبار هستن به کندی پیش برن. به همین دلیل بعضی شیمیادان‌ها دنبال راهی برای سرعت دادن به واکنش‌های شیمیایی و پیدا کردن واکنش‌های پربازده برای تولید فرآورده‌های شیمیایی باصرفه اقتصادی هستن. همچنین این بزرگواران به دنبال راهی برای کاهش سرعت و یا متوقف کردن واکنش‌های ناخواسته می‌گردن. کلاً همه چی مثل موم تو مشتشونه (مثلاً: استفاده از یخچال (کاهش دما) برای کاهش سرعت فاسد شدن مواد غذایی).



حواستون باشه كه : واکنش پربازده واکنشی است که در مدتی کوتاه، مقدار چشم‌گیری فرآورده تولید کند. فرآورده‌هایی خالص که صرفه‌ی اقتصادی داشته باشند.

سرعت برخی واکنش‌ها

همون‌طور که تو گفتیم، هر واکنش شیمیایی توصیفی از یک تغییر شیمیایی هستش. تو هر واکنش شیمیایی چه تند انجام بشه و چه کند، یک یا چند واکنش‌دهنده وجود داره که فرآورده‌هایی با خواص متفاوت تولید می‌کنن. این واکنش‌های شیمیایی ممکنه با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز، ایجاد نور و صدا و یا همچنین گرفتن و یا از دست دادن گرما همراه باشن. بچه‌ها شاید باورتون نشه!!! الان که دارید این متنو می‌خونید تعداد زیادی از این واکنش‌های شیمیایی در اطراف و یا حتی در بدن ما با سرعت‌های گوناگون در حال رخ دادن هستن. سرعت این واکنش‌ها در شرایط یکسان با هم متفاوت هستش. بنابراین سرعت واکنش‌ها بیشتر تابع فعالیت شیمیایی واکنش‌دهنده‌هاست تا عوامل محیطی مثل دما، فشار و ...

با این حساب، زمان انجام شدن واکنش‌ها متفاوت و می‌تونه گستره‌ای از چند صدم ثانیه تا چند سده رو در بر بگیره. حالا می‌خوایم چند تا از این واکنش‌ها رو بررسی کنیم:

۱- انفجار مواد منفجره



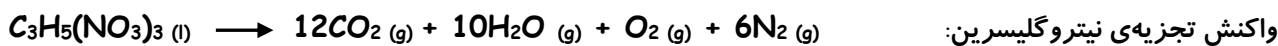
بچه‌ها مطمئنم که همتون با این نوع واکنش آشنا هستین. آقا پسرا که متخصصاً تو این زمینه و همیشه نقش پر رنگشون رو توی جشن چهارشنبه سوری نادیده گرفت. حالا به نظرتون انفجار ماده‌ی منفجره رو باید تو کدوم دسته قرار بدیم: بسیار سریع؟ سریع؟ کند یا خیلی کند؟ به نظر می‌رسه با یه تفکر ملو به نتیجه رسیدین. البته فکر کنم یه هم فکری هم گرفتین. درسته!!! **انفجار ماده‌ی منفجره جزء واکنش‌های بسیار سریع محسوب میشه.** در واقع تو این واکنش شیمیایی مقدار کمی از ماده‌ی منفجره به حالت جامد یا مایع، باعث تولید حجم بسیار زیادی از گازهای داغ میشه.

نکته مهم: فرآیند انفجار، فرآیندی گرماگیر است ($\Delta H < 0$).



حواستون باشه که: در انفجار، ماده‌ی منفجره شونده باید به حالت جامد و یا مایع (نه گاز) باشد.

اگر بخوام به ماده منفجره رو مثال بزنم می‌تونم به نیترو گلیسرین ($C_3H_5(NO_3)_3$) اشاره کنم. بچه‌ها اگر یادتون باشه، تو سال سوم با واکنش تجزیه‌ی نیترو گلیسرین آشنا شدیم:



نکته مهم: با توجه به این که در فرآیند انفجار [که فرآیندی گرماگیر است ($\Delta H < 0$)]، حجم زیاد ($\Delta V > 0$) و کار

منفی می‌شود ($w < 0$)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ΔE و آنتش هم منفی است ($\Delta E < 0$). در ضمن می‌دانید

که فرآیند انفجار با افزایش بی‌نظمی همراه است ($\Delta S > 0$)، در نتیجه ΔG این واکنش منفی می‌شود ($\Delta G < 0$).

یکم توضیح در مورد نکته‌ی فوق:

اگر به نگاه ریز به جدول زیر بندازید، همه‌ی نکات مربوط به فرآیند انفجار دستگیرتون میشه:

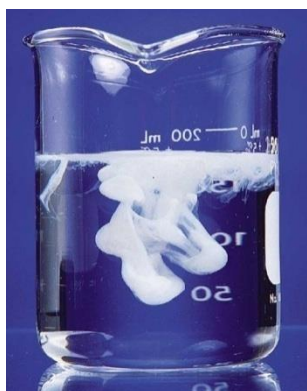
ΔG	ΔE	ΔS	ΔH	q	W	ΔV	
منفی ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$)	منفی ($\Delta E = q + w$)	مثبت	منفی	منفی	منفی	مثبت	در فرآیند انفجار

نکته مهم: در فرآیند انفجار مواد شیمیایی، انبساط بسیار سریع گازهای آزاد شده، شوک موج بسیار قوی با فشار بیش از

۷۰۰/۰۰۰ اتمسفر در سرتاسر محیط پیرامون منتشر کرده که با سرعتی بیش از $9000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ باعث تخریب فیزیکی بناها می‌شود.

نکته مهم: واکنش سوختن بنزین در سیلندر خودرو هم جز واکنش‌های بسیار سریع محسوب می‌شود.

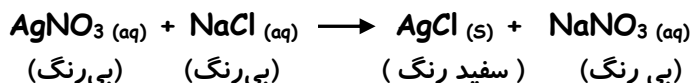
۲- افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات



این واکنش که معرف حضور تون هست و باهانش تو سال سوم آشنا شدید. بچه‌ها وقتی محلول بی‌رنگ سدیم کلرید (که همون آب نمک خودمونه) رو به محلول بی‌رنگ نقره نیترات ($AgNO_3$)

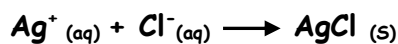
اضافه کنیم، باعث تشکیل سریع رسوب سفید رنگ نقره کلرید میشه. این واکنش

شیمیایی جزء واکنش‌های سریع هستش:

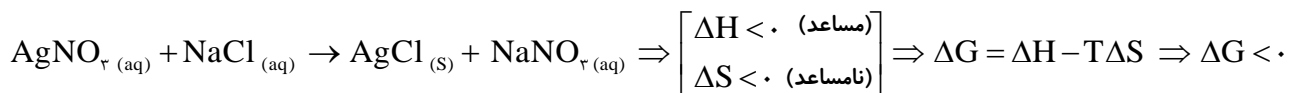


نکته مهم: واکنش محلول سدیم کلرید و نقره نیترات از نوع جابه‌جایی یونگانه است که در آن یون‌های NO_3^- و Na^+

ناظر یا تماشاچی هستند. در واقع واکنش فوق به صورت روبه‌رو است:



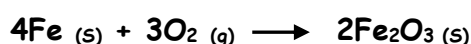
نکته مهم: واکنش بین محلول سدیم کلرید و محلول نقره نیترات به صورت خود به خودی انجام می شود ($\Delta G < 0$).
 رفته رفته باشد که در این واکنش، تعداد مول های محلول (aq) کم می شود و تعدادی از آن ها به حالت جامد در
 می آیند. بنابراین بجز نظم کمتری می شود و علامت آنتروپی (ΔS) برای آن منفی (نامساعد) است ($\Delta S < 0$). در
 نتیجه تنها عامل مساعدی که برای انجام خود به خودی بودن واکنش وجود دارد، کاهش آنتالپی ($\Delta H < 0$) است.



۳ - زنگ زدن اشیای آهنی

بچه ها حتماً دیدید که وقتی آهن در هوای مرطوب قرار می گیره، بعد از مدتی
 دچار زنگ زدگی میشه و چیزی که از اون باقی می مونه رو بهش میگیم زنگار
 آهن. این لایه زنگ زده ترد و شکننده هستش و به راحتی فرو می ریزه. دقت
 داشته باشید که واکنش زنگ زدن آهن جزء واکنش های کند محسوب
 میشه.

نکته مهم: واکنش زنگ زدن آهن از نوع اکسایش است. در این واکنش، آهن بر اثر زنگ زدن به آهن



(III) اکسید تبدیل می شود:



۴. پوسیده شدن کاغذ (سلولز)

سرعت بعضی از واکنش ها مثل پوسیده شدن ورقه های کاغذ حتی از زنگ
 زدن آهن هم کندتر هستش. حتماً دیدید که کتاب های چاپی و دست نویس
 قدیمی در اثر گذر زمان زرد و پوسیده میشن. علت این واکنش، تجزیه ی
 سلولز کاغذ هستش. بنابراین پوسیده شدن کاغذ (سلولز) جزء واکنش های
 بسیار کند محسوب میشه.

با توجه به مطالبی که از این ۴ واکنش بیان کردیم، می تونیم در مورد سرعت اون ها، این طوری نتیجه گیری کنیم:

پوسیده شدن کاغذ > زنگ زدن آهن > واکنش محلول سدیم کلرید با نقره نیترات > انفجار مواد منفجره : سرعت واکنش

آبی یا بی رنگ مسئله این است

خب بچه ها می خوام تو این مبحث یکم در مورد پیشرفت واکنش توضیح بدم و براتون چندتا مثال خوشگل بزنم:
 تو واکنش های شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فرآورده ها تولید میشن. پیشرفت واکنش هم معیاری از
 میزان تبدیل واکنش دهنده ها به فرآورده ها هستش. پس وقتی میگیریم واکنش پیشرفت خوبی داره، یعنی از لحاظ ترمودینامیکی
 اوکیه. اما پیشرفت واکنش به سریع بودن واکنش ربطی نداره. در واقع برای بررسی سرعت باید وارد حوضه ی سینتیک شیمیایی بشیم.

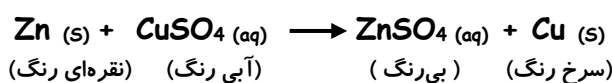


حواستون باشه كه : پیشرفت واکنش در مبحث ترمودینامیک بررسی می‌شود و امکان وقوع واکنش را نشان می‌دهد، اما سرعت واکنش در سینتیک قابل بررسی است.

جالا بچه‌ها اگه پیشرفت واکنش در واحد زمان بیان بشه، می‌تونیم سرعت واکنش رو محاسبه کنیم. در واقع تو سینتیک شیمیایی آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فرآورده‌ها در بازه‌ی زمان (پیشرفت واکنش در واحد زمان) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستش که یکم جلوتر به طور مفصل در مورد این موضوع بحث می‌کنیم.

خب می‌خوام شما رو با دو مثال آشنا کنم که پیشرفت واکنش تو این دو مثال مثل روز روشن:

واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات



بچه‌ها اگه به تیغی روی رو توی محلول آبی رنگ مس (II) سولفات قرار بدیم، می‌بینیم که با گذشت زمان به تدریج از شدت رنگ آبی محلول کم، و در آخر واکنش، محلول بی‌رنگ میشه. اما علت چیه؟ علت آبی بودن محلول مس (II) سولفات ($\text{CuSO}_4 \text{ (aq)}$) ، وجود یون $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$ در محلول هستش. از طرفی علت بی‌رنگ بودن محلول روی سولفات ($\text{ZnSO}_4 \text{ (aq)}$) وجود یون $\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)}$ در محلول هست.

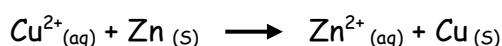
وقتی تیغی روی (Zn) رو توی محلول CuSO_4 قرار میدیم، از مقدار یون Cu^{2+} محلول کم میشه (Cu^{2+} محلول مصرف میشه) و در نتیجه رنگ آبی محلول کاهش پیدا می‌کنه. همچنین با تولید محلول بی‌رنگ ZnSO_4 ، رفته‌رفته مقدار یون Zn^{2+} محلول زیاد میشه تا جایی که تو پایان واکنش، ما فقط محلول بی‌رنگ (ZnSO_4) داریم.

این واکنش تا جایی پیش میره که مقدار یون‌های $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$ تقریباً به صفر برسه، دقت داشته باشید که با گذشت زمان، جرم تیغی روی (Zn (s)) و $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$ محلول کاهش پیدا می‌کنه، از طرفی با گذشت زمان، جرم $\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)}$ محلول و همچنین مس جامد تولید شده در ظرف (Cu (s)) در حال زیاد شدن.

نکته مهم: واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات یک واکنش جابجایی یکنانه است.



حواستون باشه كه : در واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات یون SO_4^{2-} ناظر یا تماشاچی محسوب می‌شود. در واقع این واکنش به صورت زیر انجام می‌شود.



حواستون باشه كه : با توجه به معادله‌ی واکنش تیغهی روی با محلول مس (II) سولفات، این واکنش با انتقال الکترون از اتم های روی (Zn) به یون های مس (Cu^{2+}) انجام می‌شود.



نکته مهم: در پدیده واکنش تیغهی روی (Zn) با محلول مس (II) سولفات (CuSO_4)، فلز سرخ رنگ مس تولید می‌شود، که در ته ظرف و یا روی تیغه انباشته می‌شود.

نکته مهم: با فرض این که واکنش فوق به طور کامل انجام شود و تمام یون های $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ مصرف شوند، می‌توان نتیجه گرفت که در پدیده واکنش، غلظت یون $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$ تولید شده برابر غلظت یون Cu^{2+} مصرف شده است. زیرا به ازای هر یون $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ یک یون $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$ تولید می‌شود.

حواستون باشه كه : در واکنش تیغهی روی با محلول مس (II) سولفات، با گذشت زمان جرم مواد جامد موجود در ظرف کاهش می‌یابد، زیرا Cu (با جرم مولی 64 g.mol^{-1}) سبک‌تر از Zn (با جرم مولی 65 g.mol^{-1}) است، در نتیجه با جایگزین شدن Cu سبک‌تر به جای Zn، جرم مواد جامد کاهش می‌یابد.

حواستون باشه كه : از آنجایی که واکنش فلز روی با محلول مس (II) سولفات خودبه‌خودی انجام می‌شود، بنابراین تغییر انرژی آزاد گیبس در آن منفی است ($\Delta G < 0$).

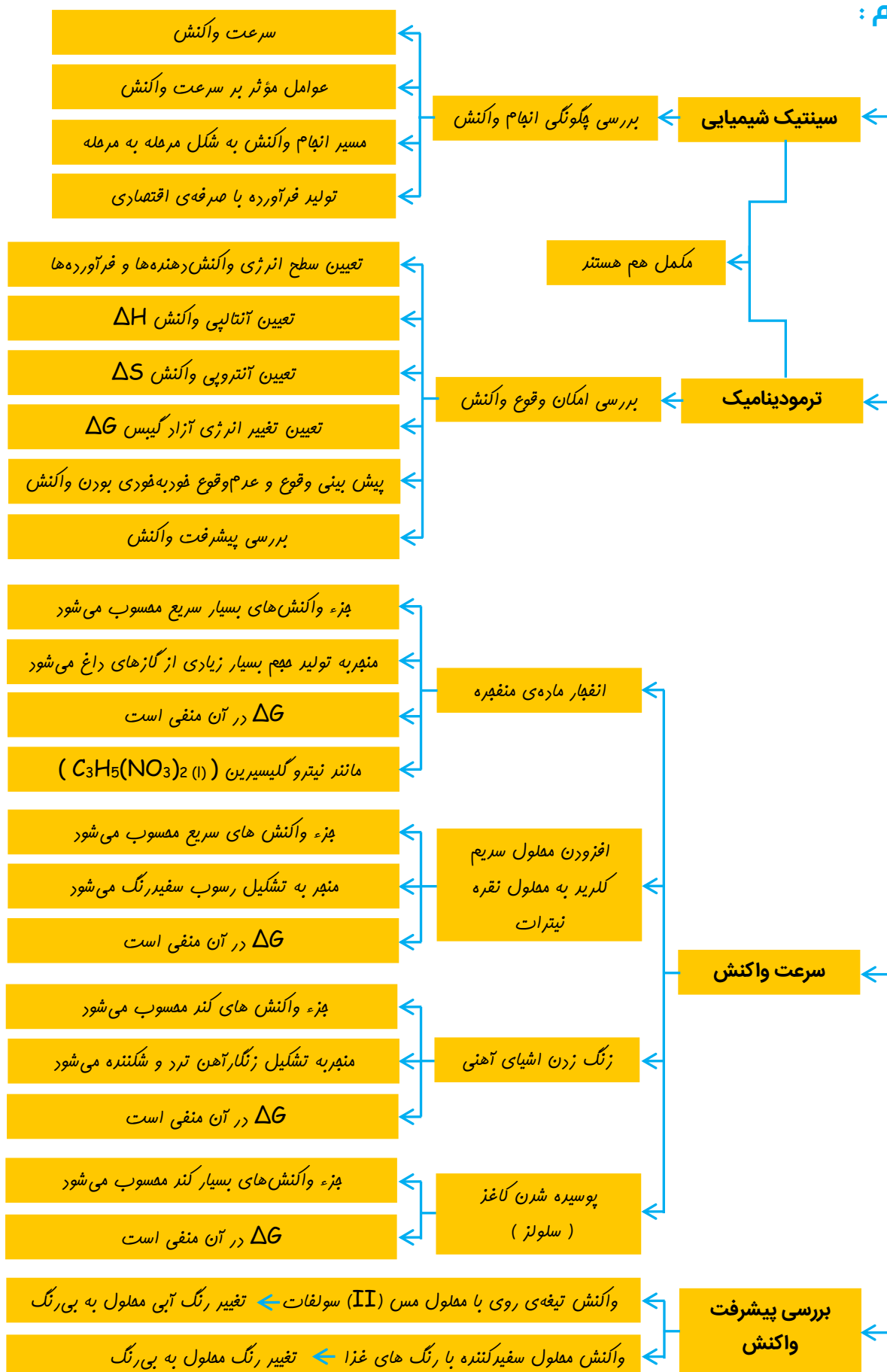
واکنش محلول سفید کننده با رنگ‌های غذا

طی واکنش محلول سفید کننده (که اغلب شامل سدیم هیپوکلریت (NaClO) و کلسیم هیپو کلریت (CaClO) هست) با انواع رنگ غذاها، به تدریج رنگ محلول کاهش پیدا می‌کند. این کاهش رنگ تا جایی ادامه پیدا می‌کند که محلول بی‌رنگ بشود. بچه‌ها کاهش رنگ محلول نشون‌دهنده‌ی پیشرفت واکنش (مصرف واکنش‌دهنده) هست.



جان کلام :

بررسی واکنش های شیمیایی



تست‌های آموزشی

۱- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) منظور از پیشرفت واکنش میزان تبدیل شدن واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده‌ها است.
 (۲) سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک مکمل یکدیگر هستند.
 (۳) ترمودینامیک برای واکنش‌هایی که امکان وقوع آن‌ها وجود دارد راه مناسبی پیدا می‌کند.
 (۴) شیمی‌دان‌ها با بررسی عوامل مؤثر بر سرعت واکنش، سرعت بسیاری از واکنش‌ها را کنترل می‌کنند.

۲- در میان عبارت‌های زیر چند عبارت درست است؟

- (الف) هر واکنش شیمیایی توصیفی از یک تغییر شیمیایی است
 (ب) خودبه‌خودی بودن یک واکنش از دید ترمودینامیک به این معنی است که واکنش حتماً باید با سرعت انجام شود.
 (پ) مخلوط هیدروژن و اکسیژن را می‌توان در دمای اتاق برای هزاران سال نگه داشت، بدون اینکه واکنشی میان آن‌ها رخ دهد.
 (ت) سینتیک شیمیایی به بررسی امکان وقوع واکنش‌های شیمیایی می‌پردازد.

(۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۱

۳- با توجه به شکل، کدام مقایسه در مورد سرعت واکنش‌های شیمیایی زیر درست است؟



(الف) (ب) (پ) (ت)

(۱) الف < پ < ب < ت

(۳) الف < پ < ت < ب

۴- کدام عبارت درست است؟

- (۱) انفجار ماده‌ی منفجره جزء واکنش‌های سریع است که در آن مقدار کمی از ماده‌ی منفجره باعث تولید حجم بسیار زیادی گاز می‌شود.
 (۲) در فرآیند انفجار $\Delta E > 0$ و $\Delta G < 0$ است.
 (۳) تشکیل رسوب سفید رنگ نقره کلرید از واکنش محلول بی‌رنگ نقره نیترات و محلول بی‌رنگ سدیم کلرید جزء واکنش‌های بسیار سریع است.
 (۴) واکنش زنگ زدن آهن از نوع اکسایش است و جزء واکنش‌های کند محسوب می‌شود.

۵- از میان عبارت‌های زیر کدام موارد نادرست هستند؟

- (الف) زنگار حاصل از واکنش زنگ زدن آهن، ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.
 (ب) واکنش بین محلول سدیم کلرید و نقره نیترات به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود.
 (پ) ترمودینامیک با استفاده از تغییر آنتالپی و آنتروپی، چگونگی وقوع واکنش‌ها را بررسی می‌کند.
 (ت) شیمی‌دان‌ها همواره به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌های شیمیایی هستند.

(۱) الف- پ (۲) ب- پ (۳) ب- ت (۴) پ- ت

۶- در میان عبارت‌های زیر چند عبارت درست است؟

(الف) ترمودینامیک با تعیین ΔG واکنش، چگونگی انجام واکنش را بررسی می‌کند.

(ب) در واکنش فلز روی با محلول مس (II) سولفات $\Delta G < 0$ است.

(پ) در واکنش تیغهی روی با محلول مس (II) سولفات با گذشت زمان، جرم مواد جامد موجود در ظرف افزایش می‌یابد.

(ت) واکنش محلول نقره نیترات و بلورهای سدیم کلرید جزء واکنش‌های سریع هستند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۷- کدام عبارت در مورد شکل زیر نادرست است؟



۱) شکل مربوط به پیشرفت واکنش تیغهی روی با محلول مس (II) سولفات است که از نوع جابه‌جایی دوگانه است.

۲) در پایان واکنش فوق، فلز سرخ رنگ مس تولید شده که در ته ظرف یا روی تیغه انباشته می‌شود.

۳) با گذشت زمان رنگ محلول از آبی به بی‌رنگ تبدیل می‌شود.

۴) این واکنش تا جایی پیش می‌رود که مقدار یون‌های $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ محلول به صفر برسد.

۸- با توجه به شکل زیر کدام گزینه نادرست است؟



۱) شکل فوق نشان دهنده‌ی پیشرفت واکنش است.

۲) مربوط به واکنش $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s})$ است.

۳) این واکنش با انتقال الکترون از اتم‌های روی به یون‌های مس (II) انجام می‌شود.

۴) در این واکنش مجموع ضریب استوکیومتری فرآورده‌ها با واکنش‌دهنده‌ها برابر است.

۹- شکل زیر مربوط به واکنش با است که نشان‌دهنده‌ی می‌باشد که به تدریج رنگ محلول کاهش می‌یابد.



۱) محلول سفید کننده-رنگ غذا- پیشرفت واکنش

۲) محلول سفیدکننده- مس (II) سولفات- پیشرفت واکنش

۳) محلول سفید کننده-رنگ غذا- سرعت واکنش

۴) محلول سفیدکننده- مس (II) سولفات- سرعت واکنش

محاسبه سرعت



برای اینکه بفهمیم چه واکنش چقدر سریع، باید سرعت واکنش رو بدست بیاریم. تا حالا وقتی می‌خواستیم سرعت واکنش رو بیان کنیم، می‌گفتیم واکنش سریع هستش، کند هستش و... اما حالا می‌خواهیم سرعت واکنش رو به صورت کمی بدست بیاریم. در واقع سرعت واکنش کمیتی تجربی هست که با اندازه‌گیری سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فرآورده‌ها تعیین میشه.

نکته مهم: به کمک ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری واکنش‌دهنده‌ها یا فرآورده‌ها مانند: جرم، حجم، فشار، غلظت و

رنگ می‌توان سرعت واکنش را تعریف کرد.

عرض کنم خدمت دوستای خوبم، کتاب به تعریفی از سرعت متوسط آورده که بهتره اول بریم سراغ تعریف کتاب و بعد آنالیز خودمون از سرعت.

تعریف کتاب: سرعت مصرف یا تولید یک ماده‌ی شرکت کننده در واکنش، طی گستره‌ی زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را با R نمایش می‌دهند، از این رو $R(A)$ سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده A را نشان می‌دهد.

نکته مهم: R حرف اول واژه‌ی Rate به معنای نرخ آهنگ یا سرعت است.

خب حالا بریم سراغ آنالیز خودمون تا مطلب خوب براتون جا بیفته.

بچه‌ها، می‌خواهیم برای چند لحظه سری بزنیم به درس فیزیک. یادتونه تعریف سرعت تو فیزیک چی بود؟ همون طور که می‌دونید ما تو

فیزیک به تغییرات جابه‌جایی (ΔX) در واحد زمان (Δt) می‌گیم سرعت:

$$R = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

حالا اگه به جای تغییرات جابه‌جایی، مول ماده رو قرار بدیم، به تعریف سرعت توی شیمی می‌رسیم. یعنی از نظر شیمیایی سرعت

برحسب ماده عبارت است از: تغییرات مقدار مول یک ماده (Δn) در واحد زمان (Δt)

$$R = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

سرعت رو می‌تونیم با اندازه‌گیری آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها یا اندازه‌گیری آهنگ تولید فرآورده‌ها تعیین کنیم.

در واقع طبق جمله‌ی کتاب، سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده تو واکنش برابر هستش با تعداد مول‌های مصرفی یا تولیدی

اون ماده در واحد زمان. به عبارت دیگه به تعداد مول‌های مصرف شده یا تولید شده‌ی یک ماده در واحد زمان، سرعت واکنش

نسبت به اون ماده گفته میشه.

بنابراین می‌تونیم بفهمیم که یکای سرعت توی واکنش‌های شیمیایی به طور معمول ($\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$) یا ($\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$) هستش.

حواستون باشه که: سرعت کمیتی مثبت است.



همون طور که می‌دونید، توی به واکنش شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها مصرف میشن، به همین خاطر مقدار Δn برای اون‌ها منفی

میشه؛ اما مقدار Δn برای فرآورده‌ها مثبت هستش، چون تو واکنش شیمیایی فرآورده‌ها تولید میشن.

برای واکنش‌دهنده‌ها: $\Delta n = n_2 - n_1 \xrightarrow{n_2 < n_1} \Delta n < 0$

برای فرآورده‌ها: $\Delta n = n_2 - n_1 \xrightarrow{n_2 > n_1} \Delta n > 0$

خب بزارید با به مثال داستان Δn رو براتون حلاجی کنم:

فرض کنید توی واکنش فرضی $A \rightarrow B$ ، در ابتدای واکنش، ۵ مول از ماده ی A داریم، بعد از ۳۰ ثانیه، ۳ مول از ماده ی A مصرف و به B تبدیل میشه؛ یعنی تو آخر واکنش تو ظرف ۲ مول A و ۳ مول B وجود داره. بنابراین داریم:

	A	B
تعداد مول ماده اولیه (n_1)	۵	۰
تعداد مول نهایی (n_2)	۲	۳
تغییرات تعداد مول ($\Delta n = n_2 - n_1$)	$۲ - ۵ = -۳$	$۳ - ۰ = +۳$

همون طور که می بینید Δn برای واکنش دهنده ها منفی و برای فرآورده ها مثبت هست.

با توجه به این که سرعت همیشه مثبت هست، پس باید در کنار رابطه ی سرعت برای واکنش دهنده ها علامت منفی قرار بدیم تا علامت منفی Δn رو خنثی کنه و در نتیجه علامت سرعت برای واکنش دهنده ها مثبت بشه. با این حساب رابطه ی سرعت برای واکنش دهنده ی A و فرآورده ی B به صورت زیر در می یاد:

$$\bar{R}_{(A)} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{(-۳ \text{ mol})}{۳۰ \text{ s}} = ۰/۱ \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{(B)} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{۳ \text{ mol}}{۳۰ \text{ s}} = ۰/۱ \text{ mol.s}^{-1}$$

از اونجایی که سرعت همیشه مثبت هست، برای سادگی کار می تونیم سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده ها رو به صورت زیر نشون

$$\bar{R} = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$$

بدیم:

نتیجه گیری مهم: رابطه ی سرعت برای واکنش دهنده ها و فرآورده ها به صورت زیر است:

$$\text{رابطه ی سرعت برای واکنش دهنده ها} \quad \Rightarrow \quad \bar{R} = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$$

$$\text{رابطه ی سرعت برای فرآورده ها} \quad \Rightarrow \quad \bar{R} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

نکته مهم: سرعت واکنش نشان دهنده ی سرعت مصرف واکنش دهنده ها و یا سرعت تولید فرآورده ها می باشد. در

اغلب موارد، هم سرعت مصرف واکنش دهنده ها و هم سرعت تولید فرآورده ها با گذشت زمان کاهش می یابد.

یه توضیح ریز در مورد نکته ی بالا:

همون طور که می دونید، سرعت واکنش به غلظت مواد واکنش دهنده بستگی داره. تو اول واکنش ما بیشترین مقدار واکنش دهنده رو داریم. یعنی غلظت واکنش دهنده ها تو اول واکنش زیاده. اما با گذشت زمان و مصرف شدن واکنش دهنده ها، غلظت اون ها کم میشه، در نتیجه سرعت واکنش کاهش پیدا می کنه.

شاید این سؤال براتون پیش اومده باشه که فرآورده ها که در حال تولید شدن هستن؛ پس چرا سرعت اون ها هم با گذشت زمان کم میشه؟

دوستای عزیز در پاسخ باید بهتون بگم که سرعت تولید فرآورده ها تابع تعداد مول های واکنش دهنده هاست، نه فرآورده ها. در واقع هم سرعت مصرف واکنش دهنده ها و هم سرعت تولید فرآورده ها به تعداد مول مواد واکنش دهنده بستگی داره.

از اونجایی که واکنش دهنده‌ها به مرور زمان مصرف می‌شوند (تعداد مول واکنش دهنده‌ها کم می‌شود)، سرعت واکنش هم کاهش پیدا می‌کند.

اما به سؤال دیگر: چرا در اغلب موارد سرعت واکنش‌ها (هم سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها) با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند؟

یادتون نره، بعضی از واکنش‌ها که بهشون می‌گیم **واکنش‌های مرتبه‌ی صفر**، همیشه با سرعت ثابتی پیشرفت می‌کنن، به همین خاطر گفتم در اغلب موارد سرعت واکنش‌ها با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند. بعداً با واکنش‌های مرتبه‌ی صفر آشنا میشوید.

نتیجه‌گیری مهم: سرعت واکنش تابع غلظت واکنش دهنده‌ها است. در آغاز واکنش به علت زیاد بودن مقدار واکنش دهنده‌ها سرعت واکنش سریع است، اما با گذشت زمان و مصرف واکنش دهنده‌ها، سرعت واکنش (سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها و سرعت تولید فرآورده‌ها) کاهش می‌یابد (البته به جز واکنش‌های مرتبه‌ی صفر).

سرعت بر حسب غلظت

بچه‌ها رایج‌ترین شیوه‌ی محاسبه‌ی سرعت، محاسبه سرعت بر حسب مول هست.

$$\bar{R} = \frac{|\Delta n|}{\Delta t}$$

اما ما می‌تونیم سرعت رو بر حسب غلظت هم محاسبه کنیم. در واقع وقتی که مواد موجود در واکنش، در فاز **گازی (g) و یا محلول (aq)** باشن، می‌تونیم به جای تغییر تعداد مول‌ها، سرعت واکنش رو بر حسب غلظت مولی یا غلظت مولار (M) بیان کنیم.

اگه یادتون باشه تو شیمی سال سوم خوندم که **به تعداد مول‌های ماده حل‌شونده در یک لیتر محلول، غلظت مولی یا غلظت مولار (M) گفته میشه.**

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{تعداد مول های حل شونده}}{\text{لیتر محلول}}$$

یکای غلظت مولی (mol.L⁻¹) یا مولار (M) هست. بنابراین برای یک شرکت کننده تو فاز گازی یا محلول می‌تونیم سرعت متوسط مصرف یا تولید رو علاوه بر یکای مول بر زمان (mol.time⁻¹) با یکای **مول بر لیتر بر زمان (mol.L⁻¹.time⁻¹)** گزارش کنیم. بچه‌ها دقت کنید که غلظت مولی یک ماده رو با نوشتن فرمول شیمیایی اون درون یک کروشه نشون میدن. مثلاً غلظت مولی A رو به صورت [A] نشون میدن.

پس اگه بخوایم رابطه‌ی سرعت رو بر حسب تغییرات غلظت مولی بیان کنیم، در مورد واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ داریم:

$$\text{برای فرآورده‌ها} \Rightarrow \bar{R}_B = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \quad \text{برای واکنش دهنده‌ها} \Rightarrow \bar{R}_A = \frac{|\Delta[A]|}{\Delta t}$$

اما بچه‌ها حواستون باشه که در مورد مواد جامد (s) یا مایع خالص (l)، **نمی‌تونیم سرعت واکنش رو بر حسب تغییرات غلظت مولی بیان کنیم، چون غلظت مواد جامد (s) و یا مایع خالص (l) ثابت هستش.** به عبارت دیگر با تغییر تعداد مول‌های مواد جامد و یا مایع خالص، حجم اون‌ها هم به همون میزان تغییر پیدا می‌کند، بنابراین غلظت اون‌ها همواره ثابت می‌مونه.

یه توضیح ریز اینجا ضروره: بچه‌ها غلظت مولی برای مواد جامد یا مایع خالص از **تقسیم چگالی بر جرم مولی** به دست میاد و از

اونجایی که چگالی و جرم مولی برای مواد جامد یا مایع خالص، در دمای معین ثابت، پس غلظت مولی اون‌ها هم عددی ثابت هست. برای اثبات این قضیه می‌تونید به محاسبات زیر رجوع کنید (دقت داشته باشید یکای چگالی $g.L^{-1}$ و یکای جرم مولی $g.mol^{-1}$ هست).

$$\text{چگالی (d) (۱)} = \frac{m(\text{جرم ماده})}{V(\text{حجم ماده})} \quad \text{مول ماده (n) (۲)} = \frac{m(\text{جرم ماده})}{M(\text{جرم مولی})}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{تعداد مول های حل شونده (n)}}{\text{لیتر محلول (v)}} \xrightarrow{\text{جاگذاری فرمول (۲) در صورت}} \text{غلظت مولی} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{m}{M \cdot V} \cdot d$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{d}{M} = \frac{\frac{g}{L}}{\frac{g}{mol}} = \frac{mol}{L}$$


بنابراین برای مواد جامد (S) و یا مایع خالص (l) **سرعت فقط بر حسب تغییرات تعداد مول در واحد زمان بیان می‌شود.**

نتیجه‌گیری مهم: تعداد مول مواد جامد (S) یا مایع خالص (l) تغییر می‌کند و با تغییر تعداد مول آنها حجم نیز به همان نسبت تغییر می‌کند؛ در نتیجه غلظت مولی مواد جامد (S) یا مایع خالص (l) ثابت است. در واقع برای مواد جامد (S) یا مایع خالص (l) تغییر غلظت مولی تعریف نمی‌شود.

سرعت بر حسب حجم

بچه‌ها هر موقع واکنش‌دهنده و یا فرآورده‌ی یه واکنش به **حالت گازی شکل (g)** باشه، می‌تونیم سرعت تولید یا مصرف ماده رو بر حسب تغییر حجم هم بنویسیم. برای مثال: در مورد واکنش $A(g) \rightarrow B(g)$ داریم:

$$\bar{R} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{سرعت برای فرآورده‌ها} \quad \bar{R} = -\frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{سرعت برای واکنش‌دهنده‌ها}$$

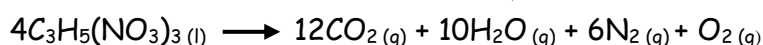
حواستون باشه که: از انجایی که برای مواد جامد و یا مایع خالص تغییر حجم محسوس نیست، بنابراین سرعت آن‌ها بر حسب تغییر حجم قابل اندازه‌گیری نیست. 

رابطه‌ی مشروع سرعت با ضریب استوکیومتری

هر کدوم از مواد موجود در واکنش برای خودشون سرعت مستقلی دارن. در واقع اگه ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده تو واکنش یکسان نباشه، سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد موجود تو واکنش با هم متفاوت هست. پس بچه‌ها **سرعت تولید یا مصرف مواد موجود توی واکنش، با ضرایب استوکیومتری مواد اون واکنش، متناسب هست، به طوری که توی واکنش شیمیایی، سرعت واکنش نسبت به ماده‌ای بیشتر هست که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری داشته باشه.** حالا علت چیه؟
قضیه خیلی ساده هستش. هر چقدر ضریب استوکیومتری ماده‌ای بزرگ‌تر باشه، مقدار مول مصرف یا تولید شده‌ی اون ماده در زمان انجام واکنش بیشتر هستش. بنابراین سرعت واکنش نسبت به اون ماده بیشتر میشه.

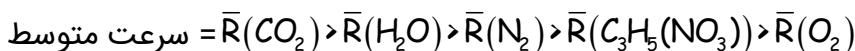
نتیجه‌گیری مهم: ماده‌ای که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری در واکنش دارد، سرعت مصرف یا تولید آن نسبت به مواد دیگر بیشتر است.

خب می‌خوام توجه شما رو مجدداً به واکنش تجزیه‌ی نیتروگلیسرین جلب کنم:



اگه به ضرایب استوکیومتری مواد موجود تو واکنش توجه کنید، متوجه میشید که سرعت واکنش نسبت به تولید CO_2 از همه بیشتر، چون ضریب استوکیومتری اون از همه بزرگ‌تر هستش. از طرفی سرعت واکنش، نسبت به تولید O_2 از همه کمتر، چون ضریب استوکیومتری کوچک‌تری نسبت به بقیه‌ی مواد داره.

به طور کلی در مورد سرعت تولید یا مصرف گونه‌های شرکت‌کننده تو واکنش تجزیه‌ی نیتروگلیسرین داریم:



حواستون باشه که : سرعت واکنش بر حسب دو ماده‌ی مختلف در یک واکنش برابر است با نسبت ضرایب

استوکیومتری آنها.

بچه‌ها اگه از شما پرسیدن که سرعت مصرف نیتروگلیسرین چند برابر سرعت تولید اکسیژن هست، کافیه که ضرایب استوکیومتری اونها رو با هم مقایسه کنید. برای مثال تو واکنش تجزیه‌ی نیترو گلیسرین، سرعت مصرف نیتروگلیسرین ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3$ (l))، چهار برابر سرعت تولید اکسیژن (O_2 (g)) هست. بچه‌ها به طور کلی در می‌تونیم برای واکنش تجزیه‌ی نیتروگلیسرین نسبت‌های زیر رو بنویسیم:

$$\frac{\bar{R}(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3)}{\bar{R}(\text{CO}_2)} = \frac{4}{12} \quad \text{،،} \quad \frac{\bar{R}(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3)}{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4}{10} \quad \frac{\bar{R}(\text{CO}_2)}{\bar{R}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{12}{10} \quad \frac{\bar{R}(\text{CO}_2)}{\bar{R}(\text{N}_2)} = \frac{12}{6}$$

$$\frac{\bar{R}(\text{N}_2)}{\bar{R}(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3)} = \frac{6}{4} \quad \text{،...} \quad \frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{\bar{R}(\text{CO}_2)} = \frac{1}{12}$$

نتیجه‌گیری مهم: در صورتی که سرعت متوسط یک ماده را داده باشند و سرعت متوسط مصرف یا تولید یک ماده‌ی دیگر را بخواهند، ابتدا نسبت ضرایب آن مواد را می‌نویسید و در مرحله‌ی بعد با کمک داده‌های سؤال معادله‌ی بدست آمده را حل می‌کنید.

بیاید به سؤال کتاب درسی رو با هم بررسی و حل کنیم تا دوهزاری‌ها کاملاً جا بیفته:

سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن در واکنش $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ در گستره‌ی زمانی معینی برابر 5×10^{-4} مول بر ثانیه است. سرعت متوسط مصرف $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ و تولید $\text{NO}_2(\text{g})$ را در این گستره‌ی زمانی بدست آورید؟

پاسخ:

بچه‌ها سؤال، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن ($\bar{R}(\text{O}_2)$) رو داده و سرعت مصرف $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ و سرعت تولید $\text{NO}_2(\text{g})$ رو می‌خواد. همون طور که می‌بینید، ضرایب استوکیومتری واکنش تو سؤال مشخصه. پس، به کمک $\bar{R}(\text{O}_2)$ و نسبت ضرایب استوکیومتری مواد میشه به راحتی سرعت مصرف $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ و سرعت تولید $\text{NO}_2(\text{g})$ رو محاسبه کنیم. اول از همه سرعت متوسط $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ رو بدست میاریم:

تو معادله واکنش، ضریب استوکیومتری اکسیژن برابر یک و ضریب استوکیومتری $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ برابر ۲ هستش پس داریم:

$$\frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5) = 2 \times \bar{R}(\text{O}_2) = 2 \times (5 \times 10^{-4}) = 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$$

خب به همین راحتی سرعت بر حسب مصرف $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ محاسبه شد. همون طور که می‌بینید، سرعت مصرف $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ دو برابر سرعت تولید $\text{O}_2(\text{g})$ هست.

در مورد سرعت تولید $\text{NO}_2(\text{g})$ هم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

تو معادله‌ی واکنش، ضریب استوکیومتری اکسیژن برابر یک و ضریب استوکیومتری $\text{NO}_2(\text{g})$ برابر ۴ هستش پس داریم:

$$\frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{\bar{R}(\text{NO}_2)} = \frac{1}{4} \Rightarrow \bar{R}(\text{NO}_2) = 4 \times \bar{R}(\text{O}_2) = 4 \times 5 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$$

همون طور که می بینید، سرعت تولید $\text{NO}_2(g)$ ، ۴ برابر سرعت تولید $\text{O}_2(g)$ هست.



حواستون باشه که: گاهی در یک واکنش دو ماده ضریب استوکیومتری برابری دارند، در این صورت **سرعت تولید**

یا مصرف آنها با هم برابر است. مثلاً در واکنش $\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$ سرعت مصرف $\text{N}_2(g)$ با سرعت مصرف $\text{O}_2(g)$

$$\frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{\bar{R}(\text{N}_2)} = 1 \Rightarrow \bar{R}(\text{O}_2) = \bar{R}(\text{N}_2) \quad \text{برابر است.}$$

سرعت واکنش

تا حالا ما سرعت واکنش رو نسبت به یه ماده بدست می آوردیم. چون ضریب استوکیومتری مواد موجود تو واکنش با هم متفاوت هستن. بسته به این که سرعت واکنش رو نسبت به کدوم ماده گزارش کنیم، عددهای متفاوتی رو بدست میاریم. در واقع **اگه ضریب استوکیومتری مواد موجود تو واکنش یکسان نباشن، سرعت متوسط اون‌ها هم متفاوت میشه.**

اما حالا می‌خوایم بدون در نظر گرفتن ماده‌ای خاص سرعت واکنش رو محاسبه کنیم. ولی مشکل اینجاست که ضرایب استوکیومتری مواد واکنش با هم متفاوت هستن.

شیمییدان‌ها پس از تحمل مرارت و کشیدن زحمت‌های بسیار، به تعریفی رسیدن تا بتونن سرعت واکنش رو طوری تعریف کنن که به ضریب استوکیومتری مواد موجود در واکنش ربطی نداشته باشه (به عبارتی سرعت مستقل از ضرایب استوکیومتری مواد باشه) و سرانجام سرعت واکنش رو به صورت زیر تعریف کردن.

سرعت واکنش (بدون در نظر گرفتن ماده‌ای معین) عبارت است از:

تعداد مول‌های تولید یا مصرف شده در واحد زمان تقسیم بر ضریب استوکیومتری آن ماده (البته در معادله‌ی موازنه شده).

در واقع سرعت واکنش برابر سرعت تولید و یا مصرف هر ماده تقسیم بر ضریب استوکیومتری اون ماده هستش.

$$R(\text{واکنش}) = \frac{R_{\text{ماده}}}{\text{ضریب}}$$

برای مثال: واکنش $2\text{N}_2\text{O}_5(g) \rightarrow 4\text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$ رو در نظر بگیرید. سرعت این واکنش به صورت زیر بیان میشه:

$$R = \frac{\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5)}{2} = \frac{\bar{R}(\text{NO}_2)}{4} = \frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{1}$$

بچه‌ها برای اینکه جای هیچ شک و شبهه‌ای براتون باقی نمونه، می‌خوام برابری رابطه بالا رو براتون اثبات کنم. به مثال زیر توجه کنید:

بچه‌ها فرض کنید توی گستره‌ی زمانی ۱۰ ثانیه، ۰/۴ مول $\text{N}_2\text{O}_5(g)$ تجزیه و ۰/۲ مول $\text{O}_2(g)$ تولید شده باشه، حالا می‌خوایم سرعت

واکنش رو یه بار با $\text{N}_2\text{O}_5(g)$ و یه بار با $\text{O}_2(g)$ محاسبه کنیم. بنابراین سرعت واکنش برابر میشه با:

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{N}_2\text{O}_5)}{2} = \frac{\frac{|\Delta n|}{\Delta t}}{2} = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ mols}^{-1}$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(\text{O}_2)}{1} = \frac{\frac{|\Delta n|}{\Delta t}}{1} = \frac{0.2}{1} = 0.2 \text{ mols}^{-1}$$

همون طور که می بینید سرعت واکنش تو هر دو مورد ۰/۲ مول بر ثانیه میشه. بنابراین با تقسیم سرعت متوسط تشکیل یا مصرف یه ماده‌ی شرکت کننده تو واکنش به ضریب استوکیومتری اون، سرعت واکنش بدست میاد.

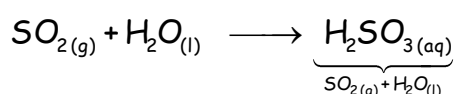
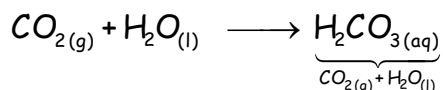
خب مطمئنم که داستانو فهمیدین!

نتیجه‌گیری مهم: سرعت واکنش در واکنش $aA + bB \longrightarrow cC + dD$ برابر است با:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d} \quad R_{\text{واکنش}} = \frac{|\Delta n_A|}{a\Delta t} = \frac{|\Delta n_B|}{b\Delta t} = \frac{\Delta n_C}{c\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{d\Delta t}$$

اسیدهای ناپایدار

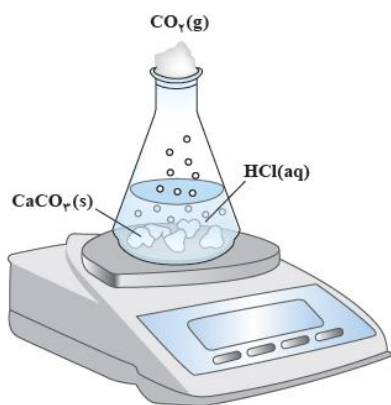
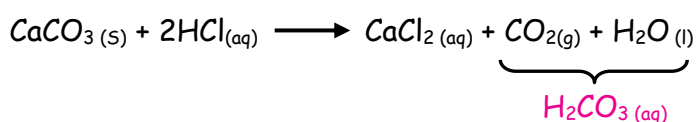
یادآوری: قبل از اینکه بحث رو شروع کنیم لازمه که یه فلش بک به سال سوم بزنیم. تو سال سوم با دو واکنش زیر آشنا شدیم:



همون‌طور که تو شیمی سال سوم گفته شد، $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ و $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ ، اسیدهای ناپایدار هستند و پس از تشکیل شدن تبدیل میشن به مواد اولیه‌ی خودشون.

بچه‌ها تو این قسمت لازمه که شما رو با واکنش کلسیم کربنات (CaCO_3) با محلول هیدروکلریک اسید (HCl) آشنا کنم. اگه کلسیم کربنات ($\text{CaCO}_3(\text{s})$) با محلول هیدروکلریک اسید ($\text{HCl}(\text{aq})$) تو دمای اتاق (25°C) و فشار 1atm واکنش بده، یکی از فرآورده‌هایی که تولید میشه $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ هستش، اما همون‌طور که گفتیم، $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ناپایداره و خیلی مسرانه و مجدانه می‌خواد که به مواد اولیه‌ی خودش یعنی CO_2 و H_2O تبدیل بشه.

پس واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید به صورت زیر هست:



نکته مهم: واکنش کلسیم کربنات (CaCO_3) با محلول هیدروکلریک

اسید (HCl) از نوع **باب‌جایی دوگانه** می‌باشد که به نوعی در آن واکنش

تجزیه هم اتفاق افتاده است.

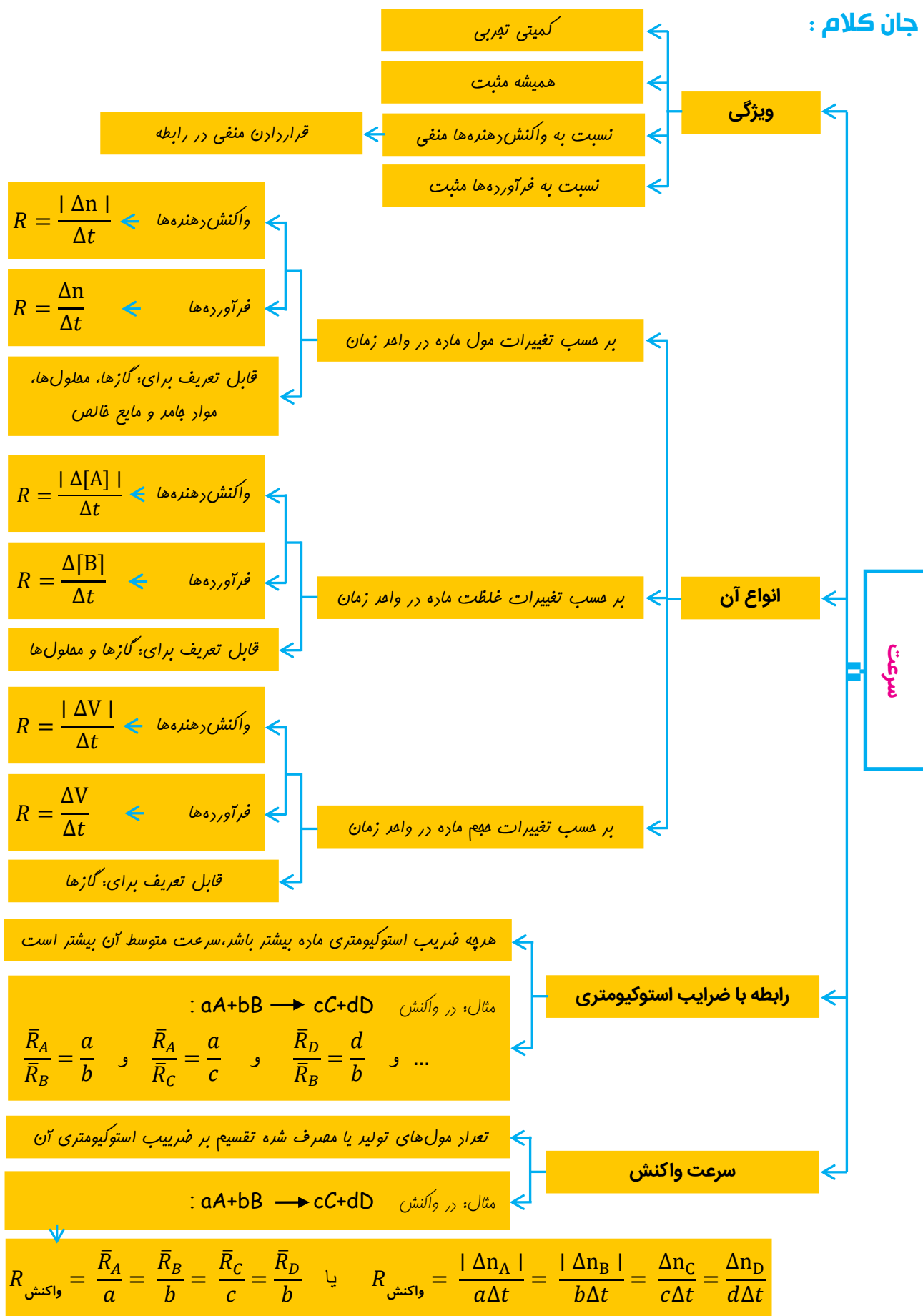
نکته مهم: با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود. زیرا در این واکنش **مخز** CO_2 فرار است و از ظرف

خارج می‌شود. یعنی در واکنش کلسیم کربنات و محلول هیدروکلریک اسید از جرم مخلوط واکنش به اندازه‌ی جرم CO_2 خارج شده، کاسته می‌شود.

حواستون باشه که: همان‌طور که در شکل می‌بینید در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید حباب‌هایی ایجاد می‌شود. این حباب‌ها باعث پخش شدن اسید به اطراف می‌شود. برای جلوگیری از پاشش اسید، سر ارلن را با پشم شیشه می‌پوشانند. البته دقت داشته باشید که این پشم شیشه مانع از عبور گاز $\text{CO}_2(\text{g})$ نمی‌شود.



جان کلام :



تست‌های آموزشی

۱۰- کدام رابطه در مورد سرعت واکنش $A \rightarrow B$ نادرست است.

$$R = -\frac{\Delta n_B}{\Delta t} \quad (۴) \quad R = \frac{|\Delta n_A|}{\Delta t} \quad (۳) \quad R = \frac{\Delta n_B}{\Delta t} \quad (۲) \quad R = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} \quad (۱)$$

۱۱- از میان عبارتهای زیر کدام دو مورد درست است؟

الف) در همه‌ی موارد هم سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

ب) سرعت واکنش تابع غلظت واکنش‌دهنده‌ها است.

پ) تعداد مول مواد جامد و یا مایع خالص ثابت است و با گذشت زمان تغییری نمی‌کند.

ت) برای مواد گازی و یا محلول می‌توان سرعت واکنش را برحسب $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ محاسبه کرد.

الف- پ (۱) ب- ت (۲) الف- ت (۳) ب- پ (۴)

۱۲- غلظت یک ماده‌ی جامد و یا مایع خالص از تقسیم محاسبه می‌شود و چون غلظت این مواد است، سرعت واکنش را بر حسب تغییرات غلظت مولی بیان کرد .

۱) چگالی بر جرم مولی- ثابت - نمی‌توان

۲) چگالی بر حجم- ثابت- می‌توان

۳) چگالی بر حجم- متغیر- می‌توان

۴) چگالی بر جرم مولی- متغیر- نمی‌توان

۱۳- در واکنش $A + B \rightarrow C + D$ ، \bar{R}_1 سرعت واکنش در دقیقه‌ی اول، \bar{R}_2 سرعت واکنش در دقیقه‌ی سوم و R_p سرعت واکنش در سه دقیقه‌ی اول است. کدام مقایسه درست است؟

$$R_1 > R_2 > R_p \quad (۱)$$

$$R_p > R_1 > R_2 \quad (۲)$$

$$R_1 > R_p > R_2 \quad (۳)$$

$$R_p > R_1 > R_2 \quad (۴)$$

۱۴- در واکنش: $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$ با گذشت زمان، سرعت مصرف Zn و تولید Cu به ترتیب چه تغییری می‌کند؟

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

۱۵- در واکنش موازنه نشده‌ی $N_2O_{5(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ سرعت واکنش به ترتیب نسبت به کدام ماده بیشتر و نسبت به کدام ماده از همه کمتر است؟

$$O_2 - N_2O_5 \quad (۱) \quad N_2O_5 - NO_2 \quad (۲) \quad NO_2 - O_2 \quad (۳) \quad O_2 - NO_2 \quad (۴)$$

۱۶- در واکنش تجربه‌ی نیتروگلیسرین سرعت واکنش نسبت کدام فرآورده بیشتر است و سرعت تولید آن چند برابر سرعت مصرف نیتروگلیسرین است؟

$$۲/۵ - H_2O \quad (۱) \quad ۱/۵ - N_2 \quad (۲) \quad ۳ - CO_2 \quad (۳) \quad ۵/۲ - O_2 \quad (۴)$$

۱۷- سرعت متوسط تولید گاز NO_2 در واکنش موازنه نشده‌ی $NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$ در گستره‌ی زمانی معینی برابر ۴×10^{-1} مول بر ثانیه است. سرعت متوسط مصرف O_2 و NO در همین بازه‌ی زمانی به ترتیب برابر چند مول بر ثانیه می‌باشد؟

$$۲ \times 10^{-1} - ۱۰^{-1} \quad (۱) \quad ۲ \times 10^{-1} - ۴ \times 10^{-1} \quad (۲)$$

$$۱۰^{-1} - ۴ \times 10^{-1} \quad (۳) \quad ۴ \times 10^{-1} - ۲ \times 10^{-1} \quad (۴)$$

۱۸- با توجه به واکنش موازنه نشده‌ی $\text{CaCO}_3(s) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$ سرعت متوسط مصرف و تولید همه‌ی مواد با هم برابر است به جز گزینه‌ی



۱۹- با توجه به واکنش $2A + 2B \rightarrow 2C + D$ کدام گزینه در مورد سرعت واکنش نادرست است؟

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\Delta n_B}{3\Delta t} \quad (۲) \qquad R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}_C}{2} \quad (۱)$$

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} \quad (۴) \qquad R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}_A}{2} \quad (۳)$$

۲۰- کدام گزینه در مورد واکنش $2\text{N}_2\text{O}_5(g) \rightarrow 4\text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$ درست است؟

(۱) سرعت متوسط تولید O_2 برابر سرعت متوسط مصرف N_2O_5 است.

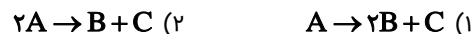
(۲) سرعت واکنش فوق برابر $\frac{\bar{R}_{\text{NO}_2}}{2}$ است.

(۳) سرعت مصرف N_2O_5 نصف سرعت تولید NO_2 است.

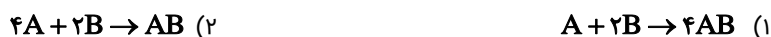
(۴) با گذشت زمان سرعت مصرف N_2O_5 کاهش و سرعت تولید NO_2 افزایش می‌یابد.

۲۱- جدول روبه‌رو تعداد مول‌های A، B و C را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به جدول، معادله‌ی واکنش کدام است؟

t(s) \ mol	۵	۱۰	۱۵
A	۷	۵	۳
B	۱	۲	؟
C	۳	؟	۵



۲۲- کدام واکنش در مورد رابطه‌ی $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta[AB]}{\Delta t}$ صدق می‌کند؟



۲۳- با توجه به جدول روبه‌رو مقدار X و Y به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

t(s) \ غلظت (n)	۰	۲۰	۴۰
A	۳	۱/۵	۰/۷۵
B	۰	۰/۵	X
C	۰	۱	Y



۲۴- کدام عبارت در مورد واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید نادرست است؟

(۱) واکنش آن از نوع جابه‌جایی دوگانه است.

(۲) با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود.

(۳) در این واکنش یکی از فرآورده‌ها در آب نامحلول است.

(۴) یکی از فرآورده‌های این واکنش گاز CO_2 است که فرار است و از ظرف خارج می‌شود.

نمودارهای «غلظت- زمان»

بچه‌ها روش دیگه‌ای که ما می‌تونیم به کمک اون سینتیک واکنش‌ها رو بررسی کنیم، نمودار «غلظت- زمان» هستش. ما به کمک نمودار «غلظت- زمان» مواد شرکت‌کننده تو واکنش می‌تونیم سینتیک واکنش‌ها رو بررسی کنیم. در نمودار «غلظت- زمان» روی محور عمودی داده‌های غلظت و روی محور افقی داده‌های زمان قرار میگیره. البته اینم بگم که **می‌تونیم روی محور عمودی به جای غلظت، مول یا حجم هم قرار بدیم.**

خب قبل از اینکه بریم سراغ بررسی تک‌تک نمودارها، می‌خوام شما رو با سه نوع واکنش آشنا کنم: واکنش‌های کامل، واکنش‌های تعادلی و واکنش‌های مرتبه‌ی صفر

۱- واکنش‌های کامل: واکنشی هست که توی اون حداقل یکی (ممکن است همه‌ی) از واکنش‌دهنده‌ها به طور کامل مصرف میشه و تعداد اون به صفر میرسه و در نتیجه واکنش متوقف میشه.

۲- واکنش‌های تعادلی: واکنشی هست که توی اون مقدار واکنش‌دهنده‌ها نه به صفر بلکه به مقدار ثابتی می‌رسه، یعنی تو واکنش‌های تعادلی، واکنش‌دهنده‌ها به طور کامل مصرف نمیشن و بعد از مدتی به مقدار ثابتی میرسن. تو فصل دوم مفصل در مورد واکنش‌های تعادلی صحبت می‌کنیم.

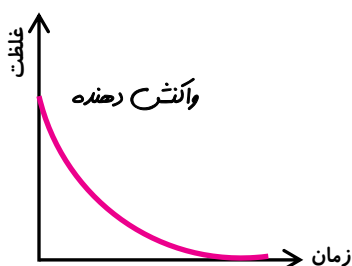
۳- واکنش‌های مرتبه‌ی صفر: به واکنشی گفته میشه که همواره با سرعت ثابتی پیشرفت میکنه و با تغییر غلظت، سرعت اون تغییر نمی‌کنه.

خب ذهن‌ها دوباره سمت نمودار «غلظت- زمان» باشه لطفاً. حالا بریم سراغ بررسی نمودارهای «غلظت- زمان» مواد واکنش‌دهنده و فرآورده و ببینیم که از این نمودارها چی دست‌گیرمون میشه. آماده‌اید؟ پس برو که رفتیم:

نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌دهنده‌ها

بچه‌ها می‌دونید که توی مسیر واکنش با گذشت زمان، واکنش‌دهنده‌ها در حال مصرف شدن هستن و از مقدار اون‌ها به مرور زمان کم میشه. بنابراین نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها **نزولی هستش** (البته در مواد جامد و یا مایع خالص که غلظت ثابتی دارن، نمودار «غلظت- زمان» به صورت خط افقی هست. نگران نباشید یه کم جلوتر نمودار این مواد رو بررسی می‌کنیم)، اما باید دقت داشته باشید که نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌دهنده‌ها برای واکنش‌های کامل، تعادلی و مرتبه صفر یه کمی با هم فرق میکنه.

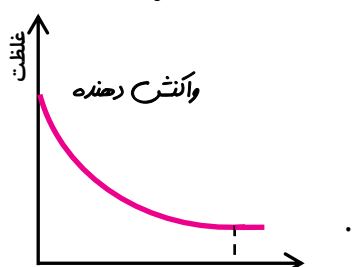
نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌دهنده‌ها برای واکنش‌های کامل



نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌های کامل

نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها در واکنش‌های کامل به صورت روبه‌رو هست: همون‌طور که می‌بینید توی این نمودار با گذشت زمان، غلظت واکنش‌دهنده به صفر رسیده و واکنش به پایان میرسه.

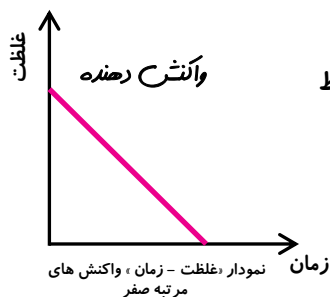
نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌دهنده‌ها برای واکنش‌های تعادلی



نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌های تعادلی

اما نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌های تعادلی به صورت روبه‌رو هست: همون‌طور که در نمودار می‌بینید غلظت واکنش‌دهنده با گذشت زمان به صفر نرسیده و بعد از برقراری تعادل (در زمان t^*) غلظت اون به مقدار ثابتی می‌رسه.

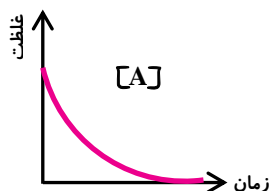
نمودار «غلظت- زمان» واکنش‌دهنده‌ها برای واکنش‌های مرتبه‌ی صفر



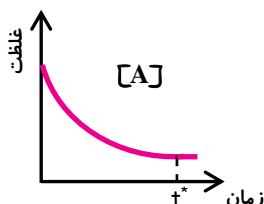
نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌های مرتبه‌ی صفر برخلاف بیشتر واکنش‌ها به صورت یک خط با شیب ثابت هست.

همون‌طور که گفتیم، واکنش مرتبه‌ی صفر به واکنشی میگن که همیشه با سرعت ثابتی پیشرفت میکنه، بنابراین تو این واکنش‌ها نمودار «غلظت- زمان» به صورت روبه‌رو است:

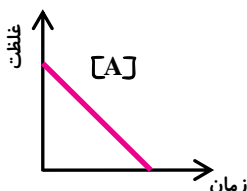
نتیجه‌گیری مهم: برای مواد محلول و گازی، نمودار تغییرات غلظت مواد واکنش‌دهنده نسبت به زمان حرکت نزولی دارد، چون واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان در حال مصرف شدن هستند. برای مثال نمودار غلظت زمان واکنش $A \rightarrow B$ برای واکنش‌دهنده‌ی A در سه حالت کامل، تعادلی و مرتبه‌ی صفر به صورت زیر است:



۱- واکنش کامل $A \rightarrow B$



۲- واکنش تعادلی $A \rightarrow B$

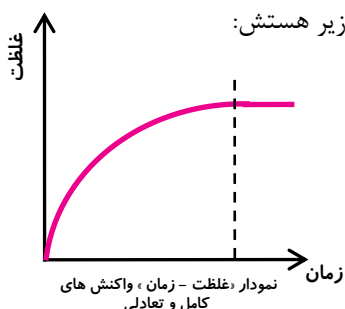


۳- واکنش مرتبه صفر $A \rightarrow B$

بررسی نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها

همون‌طور که همی شما سروران مستحضرید با گذشت زمان، فرآورده‌ها در حال تولید شدن هستن و مقدار اون‌ها داره زیاد میشه. بنابراین نمودار «غلظت- زمان» برای فرآورده‌ها به صورت صعودی هستش (البته در مورد مواد جامد و یا مایع خالص که غلظت ثابتی دارن، نمودار «غلظت- زمان» به صورت خط افقی هست). از اونجایی که نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها رو توی سه نوع واکنش کامل، تعادلی و مرتبه‌ی صفر بررسی کردیم، فرآورده‌ها هم باید تو این سه نوع واکنش (کامل، تعادلی و مرتبه صفر) بررسی بشن. پس با این حساب نمودار «غلظت- زمان» برای فرآورده‌های محلول یا گازی شکل به صورت زیر هستش:

نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها برای واکنش‌های کامل و تعادلی



نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌های کامل و تعادلی شبیه به هم هستن،

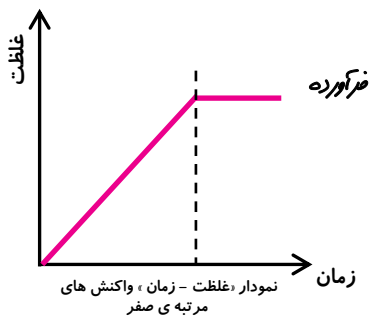
بنابراین از روی نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها نمی‌تونیم تشخیص بدیم که واکنش ما کامله و یا تعادلی!!!!

فکر کنم به توضیح ریز اینجا ضروریه:

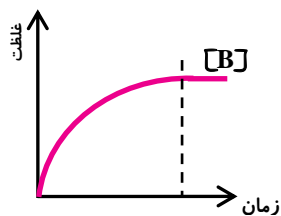
بچه‌ها توی یه واکنش کامل فرآورده‌ها تا جایی تولید میشن که واکنش‌دهنده‌ی ما تموم بشه. با تموم شدن واکنش‌دهنده تولید فرآورده هم قطع میشه و نمودار اون به صورت یه خط افقی در میاد. اگه واکنش ما تعادلی باشه باز هم بعد از تعادل نمودار «غلظت- زمان» فرآورده به صورت خط افقی در میاد. بنابراین نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها در واکنش‌های کامل و تعادلی شبیه هم هستن.

نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها برای واکنش‌های مرتبه‌ی صفر

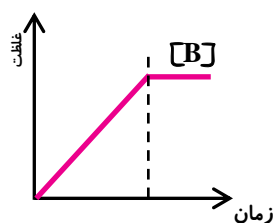
نمودار «غلظت- زمان» فرآورده‌ها برای واکنش‌های مرتبه‌ی صفر مثل واکنش‌دهنده‌ها به صورت خط با شیب ثابت هست که در پایان واکنش این خط به صورت افقی ادامه پیدا می‌کنه.



نتیجه‌گیری مهم: نمودار «غلظت- زمان»، برای فرآورده‌های محلول یا گازی شکل به صورت صعودی است. چون فرآورده‌ها در حال تولید شدن هستند. برای مثال نمودار «غلظت- زمان» واکنش $A \rightarrow B$ برای فرآورده‌ی B، در سه حالت کامل، تعادلی و مرتبه‌ی صفر به صورت زیر است:

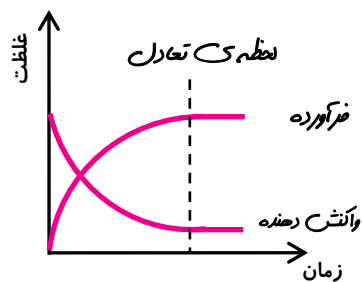
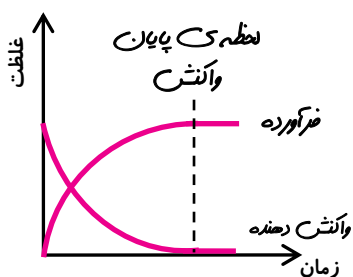


۱- واکنش‌های کامل و تعادلی $A \rightarrow B \rightleftharpoons$



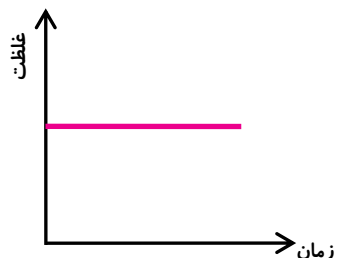
۲- واکنش مرتبه‌ی صفر $A \rightarrow B \rightleftharpoons$

حواستون باشه که : اولین لحظاتی که نمودار «غلظت- زمان» به صورت افقی در می‌آید، لحظه‌ی پایان واکنش (در واکنش کامل) و یا لحظه‌ی تعادل (در واکنش‌های تعادلی) را نشان می‌دهد. دقت داشته باشید که نمودار تغییر غلظت همه‌ی مواد شرکت کننده در واکنش، باید هم زمان به مقدار ثابتی برسد و افقی شود.



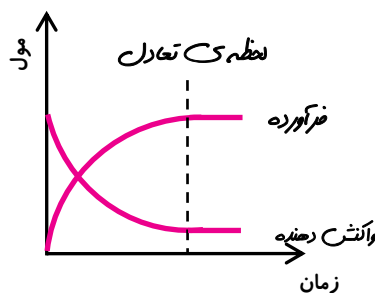
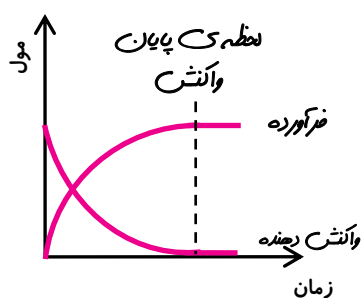
بررسی نمودار «غلظت - زمان» برای مواد جامد (S) و مایع خالص (l)

همون‌طور که قبلاً گفتیم، غلظت مواد جامد (S) و مایع خالص (l) مقدار ثابتی هست و در واکنش‌ها با گذشت زمان غلظت اون‌ها تغییر نمی‌کنه. بنابراین اگه یکی از واکنش‌دهنده‌ها یا فرآورده‌ها به صورت مواد جامد (S) و یا مایع خالص (l) باشن، نمودار «غلظت- زمان» برای اون‌ها به صورت **یه خط افقی** هست.



یه توضیح ریز در مورد نمودار «مول- زمان»:

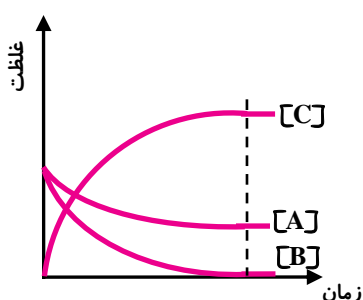
نمودار «مول- زمان» مانند نمودار «غلظت- زمان» است. اما باید دقت داشته باشید که مواد جامد (S) یا مایع خالص (l) با اینکه غلظت ثابتی دارند، اما جرم و تعداد مول آنها مانند مواد محلول و گازی شکل متغیر است. در واقع برای مواد جامد (S) یا مایع خالص (l) مانند مواد محلول و گازی شکل نمودار «مول-زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها **نزولی** و برای فرآورده‌ها به صورت **صعودی** است.



نکته مهم: **تخیرات غلظت (یا تخیرات مول) واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها تابع ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.** در واقع هر چه ضریب استوکیومتری ماده‌ای در واکنش بیشتر باشد، **تخیرات غلظت (یا تخیرات مول) آن ماده بیشتر است.**

نکته مهم: در واکنش‌هایی که در آنها بیش از یک واکنش‌دهنده وجود دارد، **اثر یکی از واکنش‌دهنده‌ها، محدودکننده** باشد و به طور کامل مصرف شود، واکنش کامل است و مقداری از واکنش‌دهنده‌های دیگر در ظرف باقی می‌ماند که به طور کامل مصرف نمی‌شود. (واکنش‌دهنده‌های اضافی).

حواستون باشه که: در نمودار «غلظت- زمان» بعد از تمام شدن واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده، منحنی سایر مواد به



صورت خط افقی است. مثلاً در واکنش $A + 2B \rightarrow 3C$ واکنش‌دهنده‌ی B

یک عامل محدودکننده می‌باشد و نمودار آن به صورت روبه‌رو است اما دقت داشته باشید که در واکنش‌های تعادلی، واکنش‌دهنده‌ی محدودکننده مانند سایر واکنش‌دهنده‌ها به طور کامل مصرف نمی‌شود و مقداری از آن در ظرف باقی می‌ماند.

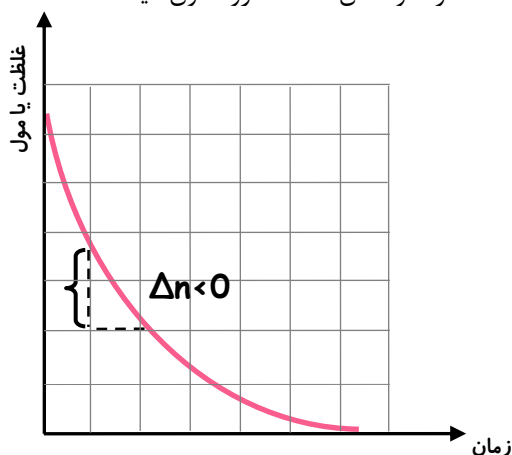


حواستون باشه كه : اگر در یک واکنش کامل، واکنش دهنده‌ها با نسبت استوکیومتری با هم مخلوط شوند، یعنی واکنش دهنده‌ی اضافی وجود نداشته باشد، در این صورت تمام واکنش دهنده‌ها به طور کامل مصرف می‌شوند.

سرعت متوسط یا شیب نمودار «غلظت یا مول- زمان»

واکنش دهنده‌ها

می‌دونید که نمودار «غلظت یا مول- زمان» برای واکنش دهنده‌ها **نزولی** هست، پس شیب نمودار «غلظت یا مول- زمان» برای واکنش دهنده‌ها **توی یه بازه‌ی زمانی مشخص منفی** همیشه. این شیب، سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها رو نشون میده.



$$\text{سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها} = \frac{\Delta n}{\Delta t} < 0 \Rightarrow \text{شیب خط } AB$$

اما بچه‌ها چون **سرعت واکنش همیشه مثبت** هست، در نمودار «غلظت یا مول- زمان» واکنش دهنده‌ها، برای نمایش سرعت واکنش، یک منفی رو در شیب منحنی ضرب می‌کنیم. یعنی:

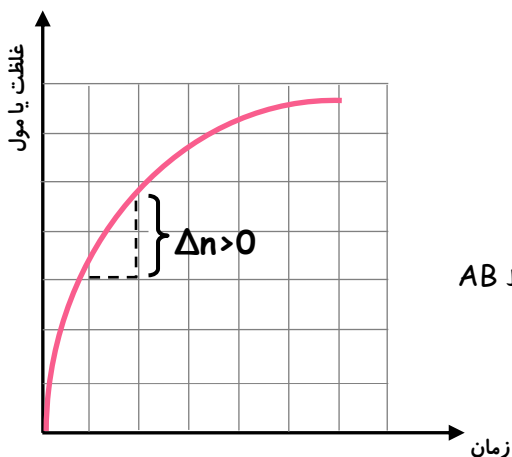
$$\text{سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده‌ها} = |\text{شیب خط } AB| = - \left(\frac{\Delta n}{\Delta t} \right) < 0$$



حواستون باشه كه : در واکنش‌های تعادلی **برخلاف** واکنش‌های کامل (یک طرفه) سرعت واکنش صفر نمی‌شود، بلکه به مقدار ثابتی می‌رسد.

فرآورده‌ها

همونطور که گفتیم نمودار «غلظت یا مول- زمان» برای فرآورده‌ها **صعودی** هست. بنابراین می‌تونیم نتیجه بگیریم که شیب نمودار «غلظت یا مول- زمان» برای فرآورده‌ها **توی یه بازه‌ی زمانی مشخص مثبت** همیشه. این شیب، سرعت متوسط تولید فرآورده‌ها رو نشون میده.



$$\text{سرعت متوسط تولید فرآورده‌ها} = \text{شیب خط } AB = \frac{\Delta n}{\Delta t} > 0$$

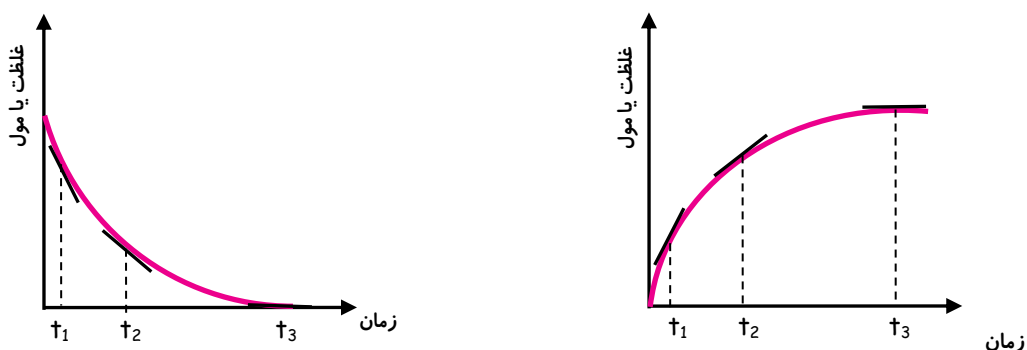
شیب خط مماس نمودار «غلظت یا مول-زمان» = سرعت لحظه‌ای مصرف یا تولید مواد

اگر ما شیب خط مماس نمودار «غلظت یا مول-زمان» رو برای یک واکنش دهنده و یا فرآورده بدست بیاریم، در واقع **سرعت لحظه‌ای مصرف** و یا تولید اون ماده رو در اون لحظه نشون دادیم.

خب بیاین شیب نمودار «غلظت یا مول-زمان» (سرعت لحظه‌ای) رو برای واکنش‌های کامل، تعادلی و مرتبه صفر رو با هم بررسی کنیم.

شیب نمودار «غلظت یا مول-زمان» برای واکنش کامل

در واکنش‌های کامل شیب نمودار «غلظت یا مول-زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها به صورت زیر است:

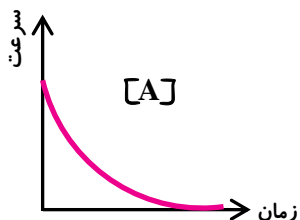


همون‌طور که ملاحظه می‌کنید در ابتدای واکنش مثلاً در (t_1) شیب خط (منظور همون سرعت لحظه‌ای واکنش هستش) زیاده، ولی با گذشت زمان، مثلاً در (t_2) شیب نمودار کم شده تا اینکه در لحظه پایان واکنش مثلاً در (t_3) شیب خط به صفر میرسه (یعنی سرعت واکنش به صفر میرسه). در واقع به مرور زمان هم سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها کم میشه تا اینکه به صفر برسه. چون به مرور زمان از غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها کم میشه (البته در محلول‌ها و مواد گازی شکل)

یه سوال تکراری اما واجب؟ شاید این سوال براتون پیش اومده باشه، چرا در فرآورده‌ها که در حال تولید شدن هستن، سرعت واکنش (شیب نمودار) به مرور زمان کم میشه؟

خب دوستای خوبم دقت داشته باشید که سرعت تولید فرآورده‌ها تابع غلظت فرآورده‌ها نیست (و یا در نمودار «مول-زمان»، تابع مول فرآورده‌ها نیست)، بلکه تابع غلظت واکنش‌دهنده‌ها (و یا در نمودار «مول-زمان»، تابع مول مواد واکنش‌دهنده) هست. از اونجایی که در واکنش‌دهنده‌ها غلظت (یا مول در نمودار «مول-زمان») در حال کاهش، بنابراین سرعت واکنش هم داره کم میشه.

پس یادتون نره: **در واکنش‌دهنده‌ها، غلظت داره کم میشه و در فرآورده‌ها غلظت داره زیاد میشه، اما سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فرآورده هر دو در حال کم شدن هست.**



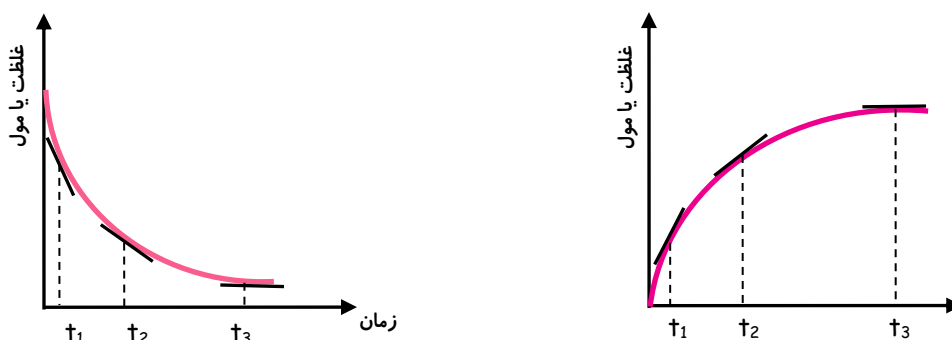
نکته مهم: نمودار «سرعت-زمان» برای واکنش‌های کامل (هم)

برای واکنش‌دهنده‌ها و هم برای فرآورده‌ها) به صورت روبه‌رو است:

نتیجه‌گیری مهم: در ابتدای واکنش‌های کامل، شیب نمودار «غلظت-زمان» (سرعت لحظه‌ای)، زیاد است و با گذشت زمان به تدریج شیب نمودار (سرعت لحظه‌ای) کم می‌شود تا به صفر برسد.

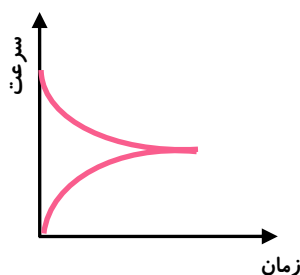
شیب خط نمودار «غلظت یا مول - زمان» برای واکنش‌های تعادلی

تو واکنش‌های تعادلی هم مثل واکنش‌های کامل شیب خط نمودار «غلظت یا مول - زمان» (سرعت واکنش) به مرور زمان داره کم میشه. این کاهش شیب خط (سرعت لحظه ای) تا جایی ادامه پیدا می‌کنه که واکنش به تعادل برسه. وقتی واکنش به تعادل رسید، سرعت واکنش به مقدار ثابتی می‌رسه پس بچه‌ها می‌تونیم نتیجه بگیریم که تو واکنش‌های تعادلی برخلاف واکنش‌های کامل سرعت واکنش به صفر نمی‌رسه.



حواستون باشه که : در واکنش‌های تعادلی ، برای مواد محلول و **گازی شکل**، غلظت واکنش‌دهنده‌ها در حال کاهش و غلظت فرآورده‌ها در حال افزایش است اما سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فرآورده‌ها، هر دو با گذشت زمان در حال کم شدن است تا به مقدار ثابتی برسد.

بچه‌ها دقت داشته باشید که نمودار «سرعت زمان» برای واکنش‌های تعادلی یه کمی با واکنش‌های کامل (یک طرفه) فرق می‌کنه. تو واکنش‌های تعادلی، وقتی واکنش در جهت رفت انجام میشه، با گذشت زمان از غلظت واکنش‌دهنده‌ها کم میشه، در نتیجه سرعت واکنش رفت هم کاهش پیدا می‌کنه. از طرفی وقتی فرآورده‌ها تولید میشن، سرعت واکنش برگشت افزایش پیدا می‌کنه تا وقتی که سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر بشه و واکنش به تعادل برسه.

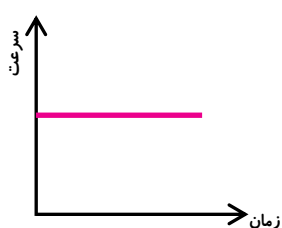


نمودار «سرعت زمان» برای واکنش‌های تعادلی به صورت زیر است:

نتیجه‌گیری مهم: در واکنش‌های تعادلی برای مواد محلول و گازی شکل، در ابتدای واکنش سرعت واکنش زیاد است. با گذشت زمان سرعت واکنش به تدریج کم می‌شود تا اینکه پس از زمان مشخصی، سرعت واکنش به مقدار ثابتی می‌رسد. در این لحظه واکنش به تعادل رسیده است.

خب حالا بریم سراغ شیب نمودار «غلظت یا مول - زمان» برای واکنش مرتبه‌ی صفر

یادتونه که نمودار «غلظت یا مول - زمان» تو واکنش‌های مرتبه‌ی صفر چه جور می‌شد. درسته!!!! نمودار «غلظت یا مول - زمان» برای واکنش‌های مرتبه‌ی صفر به صورت یک خط با شیب ثابتیه. پس نمودار «سرعت - زمان» برای این واکنش‌ها به صورت روبه‌رو میشه:



خب نوبتی هم باشه، نوبت یه جمع‌بندی توپ از این نمودارها هستش :

جان کلام :

شیب نمودار هم در واکنش‌دهنده‌ها و هم در فرآورده‌ها کاهش می‌یابد

نتیجه هم سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها کاهش می‌یابد

غلظت واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد

غلظت فرآورده‌ها افزایش می‌یابد

سرعت واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد

سرعت فرآورده‌ها کاهش می‌یابد

باگزشت زمان

باگزشت زمان

ویژگی

نمودارها

واکنش‌های کامل

واکنش‌های تعادلی

واکنش‌های مرتبه‌ی صفر

نمودار «غلظت-زمان»

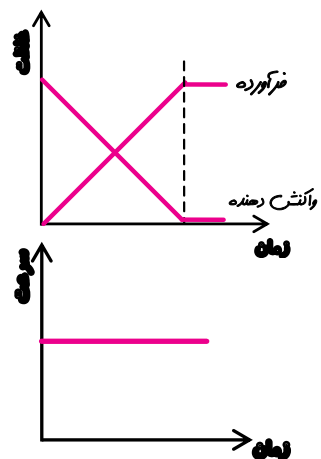
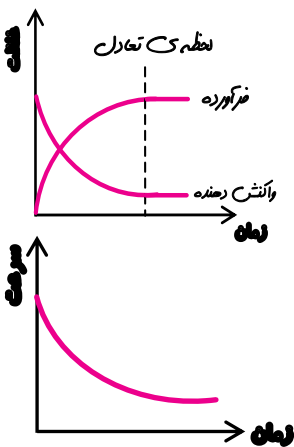
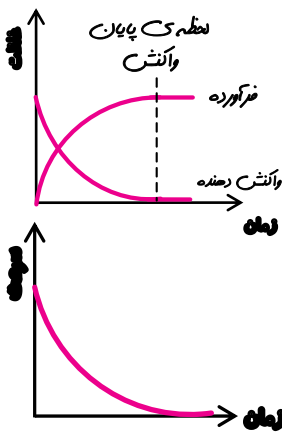
نمودار «سرعت-زمان»

نمودار «غلظت-زمان»

نمودار «سرعت-زمان»

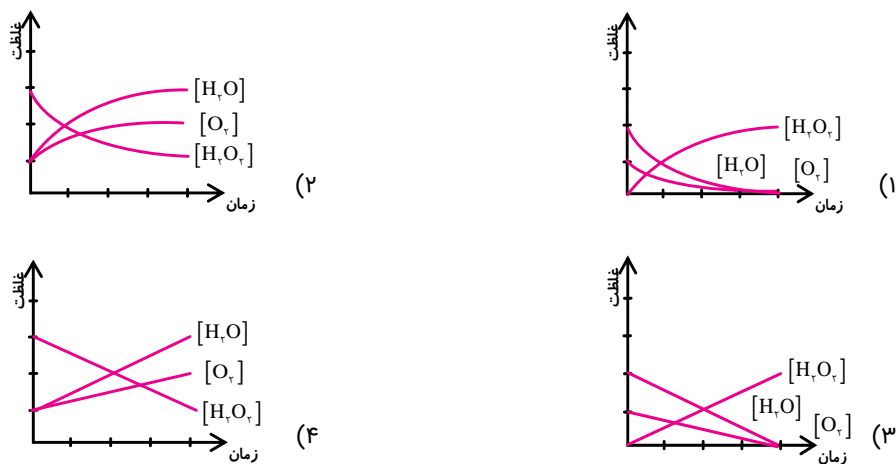
نمودار «غلظت-زمان»

نمودار «سرعت-زمان»

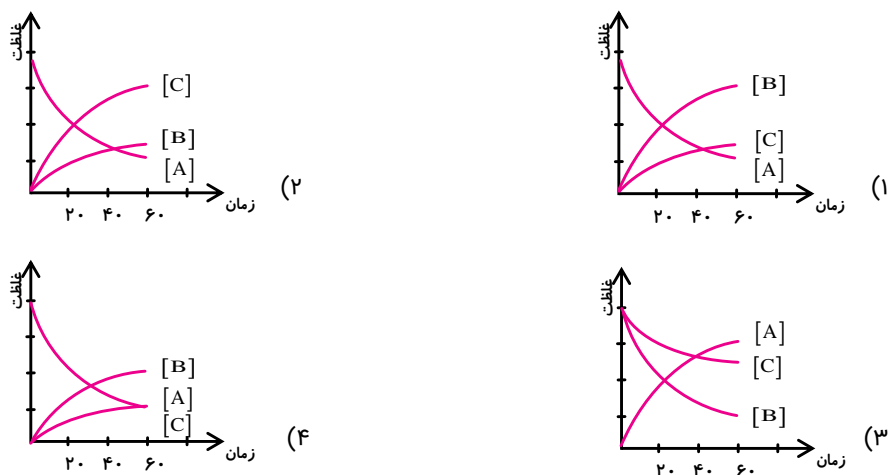


تست‌های آموزشی

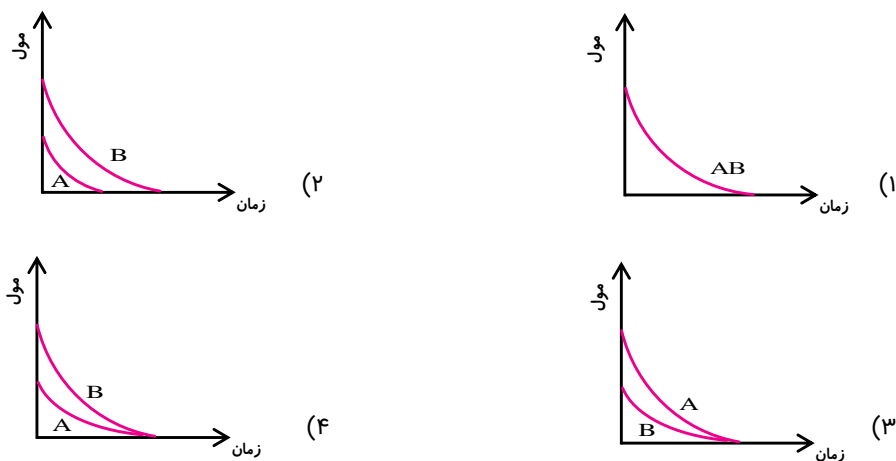
۲۵- کدام گزینه، نمودار «غلظت- زمان» را برای واکنش $2H_2O(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O_2(g)$ به درستی نشان می‌دهد؟



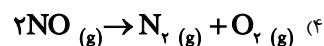
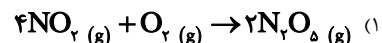
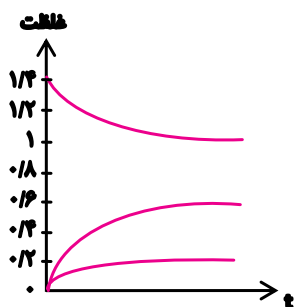
۲۶- کدام نمودار «غلظت- زمان» در مورد واکنش فرضی $2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$ درست است؟



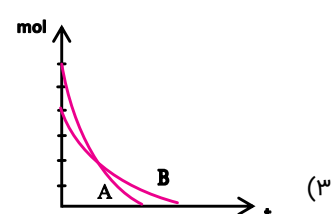
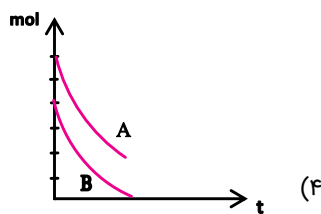
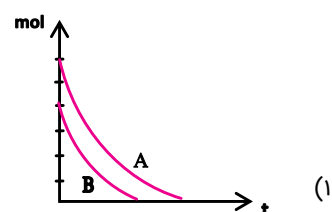
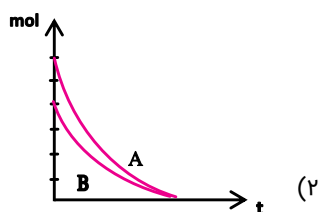
۲۷- در صورتی که در واکنش فرضی $A + 2B \rightarrow 2C$ واکنش‌دهنده‌ی اضافی وجود نداشته باشد، در کدام گزینه نمودار «مول- زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها به درستی رسم شده است.



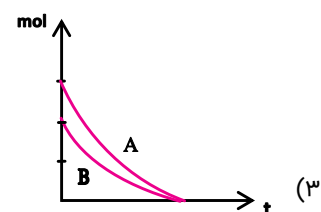
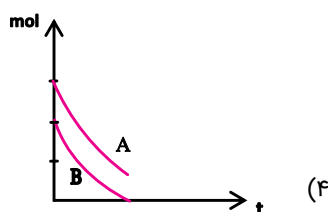
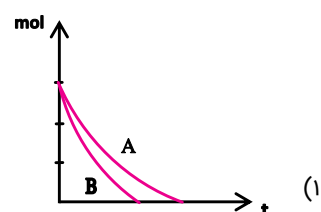
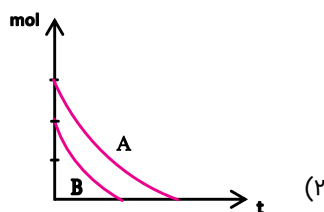
۲۸- نمودار «غلظت- زمان» رو به رو مربوط به کدام واکنش است؟



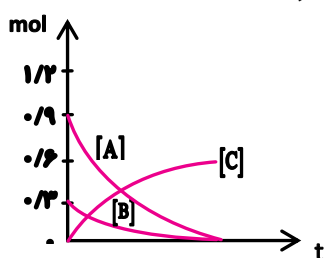
۲۹- ۶ مول ماده‌ی A و ۴ مول ماده‌ی B را در ظرفی می‌ریزیم تا واکنش فرضی $3\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{C} + 3\text{D}$ انجام شود، نمودار تغییرات مقدار واکنش‌دهنده‌ها در زمان انجام واکنش کدام است؟



۳۰- ۳ مول ماده A و ۲ مول ماده B را در ظرفی می‌ریزیم تا واکنش فرضی $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow 2\text{C} + 2\text{D}$ انجام شود، نمودار تغییرات مقدار واکنش‌دهنده‌ها در زمان انجام واکنش کدام است؟



۳۱- با توجه به نمودار رو به رو که تغییرات غلظت سه ماده‌ی A، B و C را نشان می‌دهد کدام گزینه درست است؟



(۱) معادله‌ی این واکنش: $2\text{A} + \text{B} \rightarrow 3\text{C}$ است.

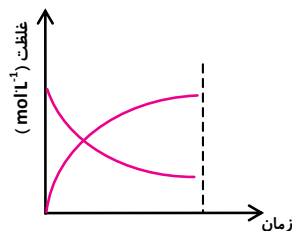
(۲) سرعت متوسط مصرف A دو برابر سرعت متوسط مصرف B است.

(۳) سرعت این واکنش به صورت $\frac{\bar{R}_C}{2}$ محاسبه می‌شود.

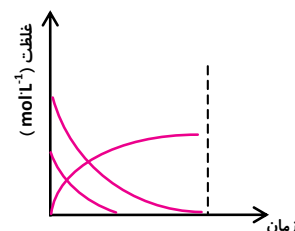
(۴) در این نمودار واکنش‌دهنده‌ی B محدود کننده و واکنش‌دهنده‌ی A اضافی مانده است.

۳۲- برای یک معادله‌ی شیمیایی در بازه‌ی زمانی معینی، رابطه‌ی زیر برقرار است. کدام نمودار می‌تواند مربوط به این واکنش باشد.

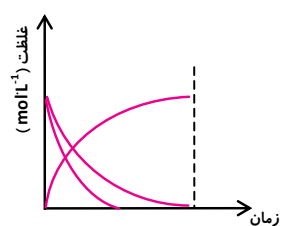
$$R = -\frac{\Delta[H_2O_2]}{2\Delta t} = \frac{\Delta[H_2O]}{2\Delta t} = \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$



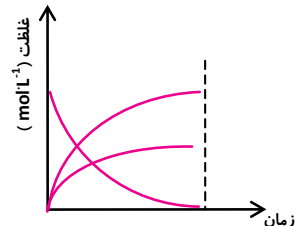
(۲)



(۱)

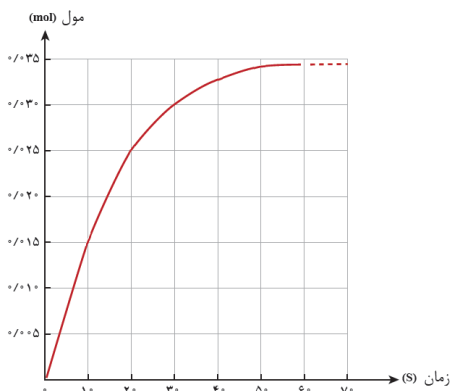


(۴)



(۳)

۳۳- با توجه به نمودار «مول- زمان» روبه‌رو که مربوط به کلسیم کلرید حاصل از واکنش هیدروکلریک اسید و کلسیم کربنات است، کدام گزینه نادرست است؟



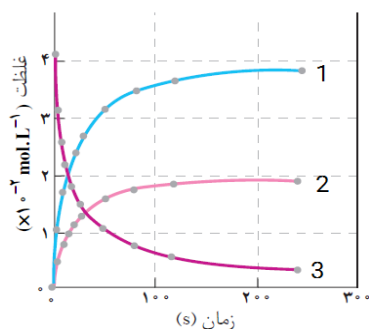
(۱) در پایان واکنش شیب نمودار «مول- زمان» برابر صفر است.

(۲) سرعت واکنش در ۱۰ ثانیه‌ی اول سه برابر سرعت واکنش در ۱۰ ثانیه‌ی سوم است.

(۳) با تولید فرآورده‌ی کلسیم کلرید سرعت تولید آن افزایش می‌یابد.

(۴) شیب نمودار، سرعت متوسط تولید کلسیم کلرید را نشان می‌دهد.

۳۴- با توجه به شکل رو به رو که تغییرات غلظت واکنش دهنده و فرآورده‌ها را در واکنش $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$ نشان می‌دهد



(سراسری تجربی ۹۱)

کدام مطلب درست است؟

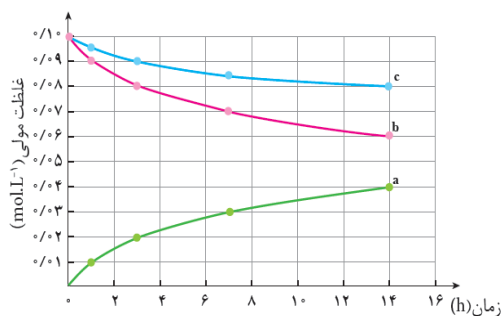
(۱) نمودار تغییر غلظت $NO_2(g)$ است.

(۲) نمودار تغییر غلظت $O_2(g)$ است.

(۳) شیب نمودار تغییر غلظت $NO_2(g)$ در مقایسه با $NO(g)$ تندتر است.

(۴) نمودار تغییر غلظت $NO_2(g)$ است و شیب آن با شیب نمودار تغییر غلظت $O_2(g)$ یکسان است.

۳۵- طبق نمودار روبه‌رو که مربوط به واکنش گاز نیتروژن مونوکسید و گاز اکسیژن است، کدام گزینه نادرست است؟



(۱) منحنی a مربوط به گاز قهوه‌ای رنگ و منحنی c مربوط به گاز اکسیژن است.

(۲) سرعت مصرف اکسیژن نصف سرعت تولید گاز نیتروژن دی‌اکسید است.

(۳) سرعت مصرف گاز نیتروژن مونوکسید در بازه‌ی زمانی ۳ تا ۷ ساعت برابر

سرعت تولید گاز نیتروژن دی‌اکسید در همان بازه‌ی زمانی است.

(۴) اگر زمان انجام واکنش را ۱۴ ساعت در نظر بگیریم، در ۳ ساعت اول نیمی از

فرآورده تولید می‌شود.

«پاسخ نامه»

۱ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

ترمودینامیک با استفاده از یک سری کمیت‌های ریاضی مثل تغییر آنتالپی (ΔH)، تغییر آنتروپی (ΔS) و با تعیین ΔG واکنش، امکان وقوع واکنش را پیش‌بینی می‌کند، اما بررسی چگونگی انجام واکنش و پیدا کردن راه مناسب برای انجام واکنش به عهده‌ی سینتیک است.

۲ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

در این سؤال عبارت‌های «ب» و «ت» نادرست هستند. بررسی این عبارت‌ها:
 ب) خودبه‌خودی بودن یک واکنش از دید ترمودینامیک به این معنی نیست که واکنش حتماً باید با سرعت انجام شود. در واقع سرعت واکنش در سینتیک بررسی می‌شود.
 ت) در واقع بررسی امکان وقوع واکنش‌های شیمیایی به عهده‌ی ترمودینامیک است.

۳ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

شکل «الف» مربوط به انفجار ماده‌ی منفجره است که جزء واکنش‌های بسیار سریع محسوب می‌شود، شکل «ب» مربوط به واکنش زنگ زدن آهن است که جزء واکنش‌های کند محسوب می‌شود؛ شکل «پ» مربوط به واکنش تشکیل نقره کلرید است که جزء واکنش‌های سریع محسوب می‌شود و شکل «ت» مربوط به واکنش تجزیه‌ی سولوز است که جزء واکنش‌های کند محسوب می‌شود.

۴ - پاسخ گزینه‌ی « ۴ »

بررسی سایر گزینه‌ها:
 ۱) انفجار ماده‌ی منفجره جزء واکنش‌های بسیار سریع است که در آن مقدار کمی از ماده‌ی منفجره به حالت جامد و یا مایع، حجم بسیار زیادی گاز تولید می‌کند.
 ۲) به طور کلی در فرآیند انفجار ΔG , ΔH , ΔE , q , w منفی هستند، از طرفی در فرآیند انفجار ΔS و ΔV مثبت هستند.
 ۳) تشکیل رسوب سفیدرنگ نقره کلرید ($AgCl$) از واکنش محلول بی‌نگ نقره نیترات ($AgNO_3(aq)$) و محلول بی‌رنگ سدیم کلرید ($NaCl(aq)$) جزء واکنش‌های سریع است.

۵ - پاسخ گزینه‌ی « ۴ »

بررسی عبارت‌های پ و ت:
 پ) ترمودینامیک با استفاده از تغییر آنتالپی و آنتروپی، امکان وقوع واکنش‌ها را بررسی می‌کند و بررسی چگونگی وقوع واکنش به عهده‌ی سینتیک است.
 ت) شیمی‌دان‌ها همواره به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌های شیمیایی نیستند. در واقع برخی واکنش‌ها برای ما مفید هستند و شیمی‌دان‌ها در پی سرعت بخشیدن به آن‌ها هستند. اما برخی واکنش‌ها برای ما زیان‌بار هستند و شیمی‌دان‌ها در پی گشتن راهی برای کاهش سرعت و یا متوقف کردن این واکنش‌های ناخواسته هستند.

۶ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

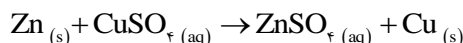
در میان عبارت‌های بالا فقط عبارت «ب» درست است. در واقع واکنش فلز روی با محلول مس (II) سولفات خودبه‌خودی انجام می‌شود، بنابراین ΔG این واکنش منفی است.
 بررسی سایر عبارت‌ها:
 الف) بچه‌ها تشخیص این عبارت که خیلی ساده بود. بارها گفتیم که ترمودینامیک در مورد امکان وقوع واکنش‌ها صحبت می‌کند و بررسی چگونگی انجام واکنش بر عهده‌ی سینتیک است.

پ) در واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات، با گذشت زمان جرم مواد جامد موجود در ظرف کاهش می‌یابد، زیرا Cu (با جرم مولی 64 g.mol^{-1}) سبک‌تر از Zn (با جرم مولی 65 g.mol^{-1}) است، در نتیجه با جایگزین شدن Cu سبک‌تر به جای Zn، جرم مواد جامد ظرف کاهش می‌یابد.

ت) واکنش محلول نقره نیترات با محلول سدیم کلرید (نه بلور سدیم کلرید) جزء واکنش‌های سریع محسوب می‌شود.

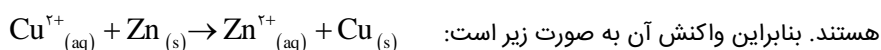
۷ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات از نوع جابه‌جایی یگانه است و در آن یون $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ناظر یا تماشاچی محسوب می‌شود. سایر عبارتها صحیح هستند.



۸ - پاسخ گزینه‌ی « ۲ »

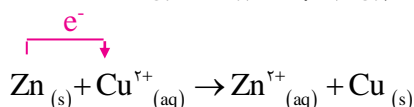
شکل مورد نظر در سؤال مربوط به واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات است که در آن یون‌های سولفات تماشاچی یا ناظر



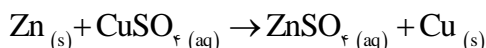
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات نشان دهنده‌ی پیشرفت واکنش $\text{Zn}_{(s)}$ با $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ است.

۳) با توجه به معادله‌ی واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات، این واکنش با انتقال الکترون از اتم‌های روی به یون‌های مس (II) انجام می‌شود.



۴) در واکنش تیغی روی با محلول مس (II) سولفات، مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها با واکنش دهنده‌ها برابر است.



۹ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

شکل مربوط به واکنش محلول سفید کننده با نوعی رنگ غذا است. در این واکنش رنگ محلول به تدریج کاهش می‌یابد و این کاهش رنگ نشان دهنده‌ی پیشرفت واکنش است.

۱۰ - پاسخ گزینه‌ی « ۴ »

به تغییرات تعداد مول‌های مصرف شده یا تولید شده‌ی یک ماده در واحد زمان سرعت متوسط واکنش نسبت به زمان گفته می‌شود. تغییرات تعداد مول‌های مصرف واکنش دهنده‌ها منفی و برای فرآورده‌ها مثبت است. از آنجایی که سرعت واکنش کمیتی مثبت است، بنابراین در کنار رابطه‌ی سرعت برای واکنش دهنده‌ها علامت منفی می‌گذاریم یا آن را درون قدر مطلق قرار می‌دهیم، اما Δn فرآورده‌ها مثبت است و نیازی به قرار دادن علامت منفی در کنار Δn نیست.

۱۱ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

بررسی عبارتها:

الف) در اغلب موارد هم سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد. برخی واکنش‌ها که مرتبه‌ی صفر نام دارند، همیشه با سرعت ثابتی پیشرفت می‌کنند.

ب) سرعت واکنش‌ها تابع غلظت واکنش دهنده‌ها است، در آغاز واکنش به علت زیاد بودن مقدار واکنش دهنده‌ها سرعت واکنش سریع است، اما با گذشت زمان و مصرف واکنش دهنده‌ها، سرعت واکنش کاهش می‌یابد.

پ) در مواد جامد و یا مایع خالص غلظت مولی ثابت است، اما تعداد مول این مواد با گذشت زمان تغییر می‌کند.

ت) برای مواد گازی و یا محلول می‌توان سرعت واکنش را بر حسب غلظت مولی یا مولار (M) بیان کرد که یکای سرعت در آن $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ است.

۱۲ - پاسخ گزینهی « ۱ »

غلظت مولی برای مواد جامد و یا مایع خالص از تقسیم چگالی بر جرم مولی بدست می‌آید و از آنجایی که چگالی و جرم مولی برای مواد جامد و یا مایع خالص در دمای معین ثابت است، بنابراین غلظت مولی آن‌ها عددی ثابت است. به همین خاطر نمی‌توان سرعت واکنش را بر حسب تعییرات غلظت مولی بیان کنیم.

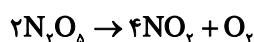
۱۳ - پاسخ گزینهی « ۳ »

همان‌طور که گفته شد، سرعت واکنش‌ها (به جز مرتبه‌ی صفر) با گذشت زمان کاهش می‌یابند. بنابراین سرعت واکنش در دقیقه‌ی اول بیشتر است. از طرفی وقتی گفته می‌شود سرعت واکنش در سه دقیقه‌ی اول، یعنی میانگین سرعت واکنش در دقیقه‌های ۱ و ۲ و ۳؛ بنابراین سرعت واکنش در سه دقیقه اول بیشتر از سرعت واکنش در دقیقه سوم است.

۱۴ - پاسخ گزینهی « ۲ »

سرعت واکنش تابع غلظت واکنش‌دهنده‌ها است. با گذشت زمان با مصرف واکنش‌دهنده‌ها هم سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها کاهش می‌یابد.

۱۵ - پاسخ گزینهی « ۴ »

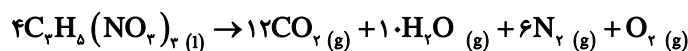


ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

سرعت تولید و یا مصرف مواد در واکنش با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب است. در واقع در واکنش‌های شیمیایی سرعت واکنش نسبت به ماده‌ای بیشتر است که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری داشته باشد. بنابراین سرعت واکنش نسبت به NO_2 از همه بیشتر و نسبت به O_2 از همه کمتر است.

۱۶ - پاسخ گزینهی « ۳ »

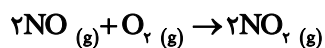
ابتدا باید معادله‌ی موازنه شده‌ی تجزیه‌ی نیتروگلیسرین را بنویسیم:



همان‌طور که گفتیم سرعت واکنش نسبت به ماده‌ای بیشتر است که ضریب استوکیومتری بیشتری داشته باشد. بنابراین سرعت واکنش نسبت به تولید کربن دی‌اکسید (CO_2) از همه بیشتر است. از طرفی با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش سرعت تولید CO_2 سه برابر سرعت مصرف نیتروگلیسرین ($C_3H_8(NO_3)_3$) است.

$$\frac{\bar{R}_{(CO_2)}}{\bar{R}_{(C_3H_8(NO_3)_3)}} = \frac{12}{4} = 3 \Rightarrow \bar{R}_{(CO_2)} = 3\bar{R}_{(C_3H_8(NO_3)_3)}$$

۱۷ - پاسخ گزینهی « ۴ »



ابتدا معادله‌ی واکنش را موازنه می‌کنیم:

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید ضریب استوکیومتری NO_2 ، دو برابر O_2 و برابر NO است. بنابراین سرعت مصرف O_2 و NO به ترتیب نصف NO_2 و برابر NO_2 بر حسب مول بر ثانیه است. بنابراین داریم:

$$\frac{\bar{R}_{(NO_2)}}{\bar{R}_{(O_2)}} = \frac{2}{1} \Rightarrow \bar{R}_{(O_2)} = \frac{\bar{R}_{(NO_2)}}{2} = \frac{4 \times 10^{-1}}{2} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{(NO_2)}}{\bar{R}_{(NO)}} = \frac{2}{2} \Rightarrow \bar{R}_{(NO_2)} = \bar{R}_{(NO)} = 4 \times 10^{-1} \text{ mol s}^{-1}$$

۱۸ - پاسخ گزینهی « ۳ »



ابتدا معادله‌ی واکنش را موازنه می‌کنیم:

همان طور که ملاحظه می‌کنید ضریب استوکیومتری HCl دو برابر ضریب استوکیومتری CaCl_2 ، CO_2 و H_2O است بنابراین سرعت متوسط مصرف آن دو برابر سرعت متوسط مصرف یا تولید سایر مواد است.

۱۹ - پاسخ گزینه‌ی « ۲ »

سرعت واکنش در واکنش $2A + 3B \rightarrow 2C + D$ برابر است با:

$$R(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}_A}{2} = \frac{\bar{R}_B}{3} = \frac{\bar{R}_C}{2} = \frac{\bar{R}_D}{1} \quad \text{یا} \quad R(\text{واکنش}) = \frac{|\Delta n_A|}{2\Delta t} = \frac{|\Delta n_B|}{3\Delta t} = \frac{\Delta n_C}{2\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{\Delta t}$$

۲۰ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

بررسی گزینه‌ها :

۱- سرعت متوسط تولید O_2 نصف سرعت متوسط مصرف N_2O_5 است. زیرا ضریب استوکیومتری O_2 نصف ضریب استوکیومتری N_2O_5 است.

۲- برای معادله ی واکنش $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ سرعت واکنش برابر است با :

$$\frac{\bar{R}_{(\text{N}_2\text{O}_5)}}{2} = \frac{\bar{R}_{(\text{NO}_2)}}{4} = \frac{\bar{R}_{(\text{O}_2)}}{1}$$

۳- با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری N_2O_5 نصف ضریب استوکیومتری NO_2 است، بنابراین سرعت مصرف N_2O_5 نصف سرعت تولید NO_2 است.

۴- با گذشت زمان هم سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها و هم سرعت تولید فرآورده‌ها کاهش می‌یابد.

۲۱ - پاسخ گزینه‌ی « ۲ »

چون مقدار مول ماده‌ی A با گذشت زمان در حال کم شدن است، بنابراین A جزء واکنش دهنده‌ها است. از طرفی چون مقدار مول ماده‌ی B و C با گذشت زمان در حال زیاد شدن است، بنابراین B و C جزء فرآورده‌ها هستند. دقت داشته باشید که در هر بازه‌ی زمانی نسبت ضرایب مولی مواد برابر نسبت اندازه‌ی تغییر غلظت (مول) آن‌ها است. بنابراین داریم:

$$2A \rightarrow B \quad \text{در بازه‌ی زمان ۵ تا ۱۰ ثانیه} \quad \frac{|\Delta n_A|}{\Delta n_B} = \frac{|5-7|}{2-1} = \frac{2}{1}$$

$$2A \rightarrow C \quad \text{در بازه‌ی زمانی ۵ تا ۱۵ ثانیه} \quad \frac{|\Delta n_A|}{\Delta n_B} = \frac{|3-7|}{5-3} = \frac{4}{2} = \frac{2}{1}$$

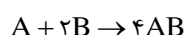
بنابراین معادله‌ی واکنش به صورت $2A \rightarrow B + C$ است.

۲۲ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

همان طور که می‌بینید در رابطه‌ی $-\frac{18\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{4\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{2\Delta[AB]}{\Delta t}$ علامت معادله‌ی سرعت برای A، B و AB به ترتیب منفی، منفی و مثبت است. بنابراین A و B واکنش دهنده و AB فرآورده است. برای بدست آوردن ضرایب معادله‌ی واکنش از رابطه‌ی

$$\frac{18\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{4\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{2\Delta[AB]}{\Delta t} \quad \text{باید این کسرها را بر بزرگ‌ترین عدد صورت کسر تقسیم کنیم.}$$

$$\frac{-\frac{18\Delta[A]}{\Delta t}}{18} = \frac{-\frac{4\Delta[B]}{\Delta t}}{4} = \frac{\frac{2\Delta[AB]}{\Delta t}}{2} \Rightarrow -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{2\Delta t} = \frac{\Delta[AB]}{4\Delta t}$$

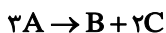


بنابراین معادله ی واکنش به صورت روبه‌رو است :

۲۳ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

تغییر غلظت (مول) با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب است. در ۲۰ ثانیه اول تغییر غلظت A، B و C برابر $1/5$ ، $1/5$ و 1 است، بنابراین ضرایب استوکیومتری A، B و C به ترتیب ۱، ۱ و ۲ است. (دقت داشته باشید، چون تغییر غلظت A منفی است بنابراین A واکنش دهنده

است.) از طرفی چون تغییرات غلظت B و C مثبت است، بنابراین B و C فرآورده هستند با این حساب معادله‌ی واکنش به صورت روبه‌رو است:



در ۲۰ ثانیه‌ی دوم تغییر غلظت A برابر است با:

$$\text{در بازه‌ی زمانی } ۲۰ \text{ تا } ۴۰: |\Delta n_A| = |0/75 - 1/5| = 0/75M$$

بنابراین با توجه به ضریب استوکیومتری مواد تغییر غلظت در بازه‌ی زمانی ۲۰ تا ۴۰ برای مواد B و C برابر است با:

$$\text{در بازه‌ی زمانی } ۲۰ \text{ تا } ۴۰ \Rightarrow \frac{|\Delta n_A|}{\Delta n_B} = \frac{3}{1} \Rightarrow \Delta n_B = \frac{|\Delta n_A|}{3} = \frac{0/75}{3} = 0/25M$$

$$\text{در بازه‌ی زمانی } ۲۰ \text{ تا } ۴۰ \Rightarrow \frac{|\Delta n_A|}{\Delta n_C} = \frac{3}{2} \Rightarrow \Delta n_C = \frac{2|\Delta n_A|}{3} = \frac{2 \times 0/75}{3} = 0/5M$$

به عبارت دیگر از غلظت A در ثانیه‌ی ۲۰، ۰/۷۵M کاسته می‌شود و ۰/۲۵M به غلظت B و ۰/۵M به غلظت C افزوده می‌شود، بنابراین X و Y در ثانیه‌ی ۴۰ به ترتیب ۰/۷۵ و ۱/۵ است.

۲۴ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

معادله‌ی واکنش کلسیم کربنات با هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:



همان‌طور که ملاحظه می‌کنید در این واکنش، هیچ فرآورده‌ای به صورت جامد وجود ندارد.

۲۵ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

با توجه به معادله‌ی واکنش می‌توان دریافت که در واکنش‌دهنده‌ها که نمودار آن به صورت نزولی است. ضریب استوکیومتری H_2O دو برابر ضریب استوکیومتری O_2 است، بنابراین تغییرات تعداد مول یکی از واکنش‌دهنده‌ها باید دو برابر واکنش‌دهنده‌ی دیگر باشد از طرفی در فرآورده که نمودار آن به صورت صعودی است، تغییرات تعداد مول H_2O برابر H_2O_2 است زیرا ضریب استوکیومتری یکسانی دارند.

۲۶ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

نمودار «غلظت- زمان» برای واکنش‌دهنده‌ها نزولی و برای فرآورده‌ها صعودی است. با توجه به معادله‌ی واکنش، ضریب استوکیومتری B دو برابر ضریب استوکیومتری C است، بنابراین میزان افزایش غلظت B باید دو برابر C باشد. از طرفی ضریب استوکیومتری A برابر B است، بنابراین میزان کاهش غلظت A باید به اندازه‌ی افزایش غلظت B باشد.

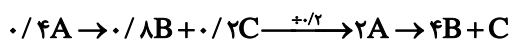
۲۷ - پاسخ گزینه‌ی « ۴ »

چون در واکنش موردنظر واکنش‌دهنده‌ی اضافی وجود ندارد، بنابراین هر دو ماده‌ی واکنش‌دهنده باید در یک زمان به پایان برسند، از طرفی چون ضریب استوکیومتری B، دو برابر A است، بنابراین تغییرات مول B دو برابر A است.

۲۸ - پاسخ گزینه‌ی « ۱ »

با نگاه به نمودار اولین نکته‌ای که مشهود است کم‌شدن غلظت یک ماده و زیاد شدن غلظت دو ماده است. بنابراین در معادله‌ی واکنش آن دو فرآورده و یک واکنش‌دهنده وجود دارد. از طرفی ΔM برای یکی از فرآورده‌ها ۰/۲ و برای فرآورده‌ی دیگر ۰/۸ است، در مقابل ΔM برای واکنش‌دهنده برابر ۰/۴ است.

اگر همه‌ی ΔM ها را بر کوچک‌ترین عدد تقسیم کنیم، ضرایب استوکیومتری مواد بدست می‌آید.



معادله بدست آمده مشابه گزینه‌ی ۱ است.

۲۹ - پاسخ گزینه‌ی « ۲ »

ابتدا باید ببینیم که از میان واکنش‌دهنده‌های این واکنش کدام یک محدود کننده است. برای مشخص کردن واکنش‌دهنده‌ی محدود کننده باید مول واکنش دهنده‌ها را بر ضریب استوکیومتری آن‌ها تقسیم کنیم. بنابراین داریم:

$$۴ \text{ mol}_B \div ۲ = ۲ \quad \quad ۶ \text{ mol}_A \div ۳ = ۲$$

با توجه به یکسان بودن اعداد بدست آمده، می‌توان دریافت که هر دو واکنش‌دهنده‌ها در یک زمان به اتمام می‌رسند. در نتیجه نمودار گزینه‌ی ۲ صحیح است.

۳۰ - پاسخ گزینه‌ی « ۴ »

ابتدا باید ببینیم که از میان واکنش‌دهنده‌های این واکنش کدام یک محدود کننده و کدام یک اضافی مانده است. برای مشخص کردن واکنش دهنده‌ی محدودکننده و اضافی مانده کافی است که مول هر واکنش‌دهنده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنیم، عدد کوچک‌تر نشان دهنده‌ی واکنش دهنده‌ی محدود کننده است. بنابراین داریم:

$$\text{اضافی مانده } ۳ \text{ mol}_A \div ۱ = ۳ \text{ mol}$$

$$\text{محدود کننده } ۲ \text{ mol}_B \div ۲ = ۱ \text{ mol}$$

بنابراین واکنش دهنده‌ی محدودکننده (B) است و باید زودتر مصرف شود، از طرفی مقداری از A که اضافی مانده است در زمان انجام واکنش باقی می‌ماند. بنابراین نمودار گزینه‌ی ۴ صحیح است.

۳۱ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

بررسی گزینه‌ها:

(۱) با توجه به نمودار می‌توان دریافت که A و B واکنش‌دهنده و C فرآورده است. مقدار ΔM برای A، B و C به ترتیب برابر $۰/۹$ ، $۰/۳$ و $۰/۶$ است، که اگر آن‌ها را بر کوچک‌ترین ΔM تقسیم کنیم ضرایب استوکیومتری معادله بدست می‌آید. بنابراین داریم:

$$\left. \begin{aligned} \Delta M_A &= ۰/۹ \div ۰/۳ = ۳ \\ \Delta M_B &= ۰/۳ \div ۰/۳ = ۱ \\ \Delta M_C &= ۰/۶ \div ۰/۳ = ۲ \end{aligned} \right\} \Rightarrow ۳A + B \rightarrow ۲C$$

$$\frac{\bar{R}_A}{R_B} = \frac{۳}{۱}$$

(۲) با توجه به معادله‌ی واکنش می‌توان دریافت که سرعت متوسط مصرف A سه برابر سرعت متوسط مصرف B است:

$$(۳) \text{ سرعت این واکنش برابر است با: } \bar{R}_A = \frac{\bar{R}_B}{۳} = \frac{\bar{R}_C}{۲}$$

(۴) در این واکنش، واکنش‌دهنده‌های A و B هر دو در یک زمان تمام شدند، در نتیجه هر دو واکنش‌دهنده محدودکننده هستند و واکنش‌دهنده‌ی اضافی مانده نداریم.

۳۲ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

همان‌طور که می‌دانید از تقسیم سرعت متوسط اجزای واکنش بر ضریب استوکیومتری آن‌ها سرعت واکنش بدست می‌آید، بنابراین می‌توان دریافت که در معادله‌ی واکنش ضرایب استوکیومتری: H_2O_2 برابر ۲، H_2O برابر ۲ و O_2 برابر ۱ است. از طرفی چون علامت H_2O_2 منفی است بنابراین واکنش‌دهنده است در نتیجه معادله‌ی واکنش به صورت روبرو می‌باشد:

$$۲H_2O_2 \rightarrow ۲H_2O + O_2$$

با توجه به ضریب استوکیومتری H_2O و O_2 می‌توان دریافت که شیب نمودار H_2O دو برابر O_2 است. بنابراین گزینه ۳ درست است.

۳۳ - پاسخ گزینه‌ی « ۳ »

با تولید فرآورده‌ی کلسیم کلرید سرعت تولید آن کاهش می‌یابد. در واقع سرعت تولید فرآورده‌ها تابع غلظت واکنش دهنده‌ها است و با مصرف واکنش‌دهنده‌ها غلظت آن‌ها کاهش، در نتیجه سرعت تولید فرآورده‌ها هم کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) همان‌طور که می‌بینید در پایان واکنش شیب نمودار افقی شده است، در نتیجه شیب نمودار برابر صفر شده است.

۲) سرعت واکنش در ۱۰ ثانیه‌ی اول و ۱۰ ثانیه‌ی سوم برابر است با:

$$\text{در } 10 \text{ ثانیه‌ی اول: } R = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0/015 - 0}{10 - 0} = 0/0015$$

$$\text{در } 10 \text{ ثانیه‌ی سوم: } R = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0/03 - 0/025}{30 - 20} = \frac{0/005}{10} = 0/0005$$

بنابراین سرعت در ۱۰ ثانیه‌ی اول، سه برابر سرعت در ۱۰ ثانیه‌ی سوم است.

۴) در نمودار «مول یا غلظت- زمان» شیب نمودار، سرعت متوسط تولید آن ماده را نشان می‌دهد.

۳۴- پاسخ گزینه‌ی « ۲ »

در شکل مورد سؤال نمودارهای ۱ و ۲ صعودی و نمودار ۳ نزولی است. بنابراین نمودارهای ۱ و ۲ مربوط به فرآورده‌ها و نمودار ۳ مربوط به واکنش دهنده است. از طرفی چون ضریب استوکیومتری NO دو برابر O_p است، بنابراین شیب نمودار آن باید تندتر از شیب نمودار O_p باشد.

بنابراین نمودار (۱) مربوط به تغییر غلظت NO و نمودار ۲ مربوط به تغییر غلظت O_p است.

در مورد گزینه‌ی ۴، چون ضریب استوکیومتری NO_p ۲ برابر ضرب O_p است، بنابراین شیب نمودار NO_p تندتر از شیب نمودار O_p است.

۳۵- پاسخ گزینه « ۱ »

معادله‌ی واکنش گاز نیتروژن مونوکسید (NO) و گاز اکسیژن (O_p) به صورت زیر است:



NO گازی قهوه‌ای رنگ است که یکی از آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها محسوب می‌شود. چون NO و O_p جزء واکنش‌دهنده‌ها

هستند باید نمودار آن‌ها نزولی باشد. از طرفی چون ضریب استوکیومتری NO دو برابر ضریب استوکیومتری O_p است بنابراین شیب

نمودار NO دو برابر O_p است. بنابراین نمودار گاز قهوه‌ای رنگ NO برابر b، نمودار گاز O_p برابر c و نمودار فرآورده‌های تولید شده (NO_p) برابر a است.

۲) از آنجایی که ضریب استوکیومتری O_p نصف NO_p است، بنابراین سرعت مصرف O_p نصف سرعت تولید NO_p است:

$$\frac{\bar{R}_{O_p}}{\bar{R}_{NO_p}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \bar{R}_{O_p} = \frac{1}{2} \bar{R}_{NO_p}$$

۳) در بازه‌ی زمانی ۳ تا ۷ ساعت، سرعت مصرف گاز نیتروژن مونوکسید با سرعت تولید گاز نیتروژن دی‌اکسید برابر است. بچه اصلاً نیاز به محاسبه نیست، به طور کلی چون ضریب استوکیومتری NO و NO_p با هم برابر است (۲) بنابراین سرعت مصرف NO و تولید NO_p با هم برابر است.

۴) همان‌طور که ملاحظه می‌کنید طی ۱۴ ساعت، ۰/۰۴ مول NO_p تولید شده است که از این مقدار، ۰/۰۲ آن طی ۳ ساعت اول تولید شده است. بنابراین می‌وان نتیجه گرفت که در ۳ ساعت اول نیمی از NO_p تشکیل شده است.