



●●● وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى (سورة النجم، آیه ۳۹) ●●●

و اینکه برای انسان جز آنچه تلاش کرده (بهره‌ای) نیست.

رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره، کاردان و ورزیده دست‌یافتنی است. در واقع برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیرساخت‌های لازم است. با تأمین این شرایط برای دستیابی به هدفی معین، تلاش و پشتکار شرط کافی خواهد بود. آنچنان که تداوم و خستگی‌ناپذیری در این راه پیامدهایی فراتر از انتظار توأم با کسب افتخار به دنبال خواهد داشت. از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه می‌توان دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نو را نام برد. بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودرو و کود شیمیایی سبز و همچنین تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند از جمله فناوری‌هایی به شمار می‌رود که در آنها دانش شیمی همراه با انگیزه و تلاش راهی را به سوی آینده‌ای روشن‌تر رقم می‌زند.

یکی از ویژگی‌های ذاتی انسان، کنجکاوی و پرسشگری اوست. از این‌رو، پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است. او همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش‌ها و مشکلات گوناگونی روبه‌رو بوده است اما با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد. انسان همچنین برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری عملی یافته است. هرچند که برخی پاسخ‌های ارائه شده و راهکارهای استفاده شده، ساده و برخی دیگر پیچیده‌اند، اما هر یک از آنها در جای خود نوآورانه و کارآمد بوده‌اند. مجموعه چنین تلاش‌هایی در گذر زمان منجر به تولید و انباشت دانش و فناوری شده است. یکی از آنها، دانش شیمی و فناوری‌های آن است که نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. شکل ۱ برخی از دستاوردهای مهم شیمی را در این راستا نشان می‌دهد.



فناوری شناسایی و تولید مواد
بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک، راه را
برای جراحی‌های گوناگون هموار کرد.



فناوری تولید پلاستیک، صنعت
پوشاک و صنعت بسته‌بندی (غذا،
دارو و ...) را دگرگون ساخت.



فناوری تصفیه آب، مانع گسترش
بیماری‌هایی از جمله وبا در جهان
شده است.



گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر
در وسایل الکترونیک، مدیون دانش
شیمی است.



فناوری تولید بنزین به حمل و نقل
سرعت بخشید و مبدل‌های کاتالیستی
آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.



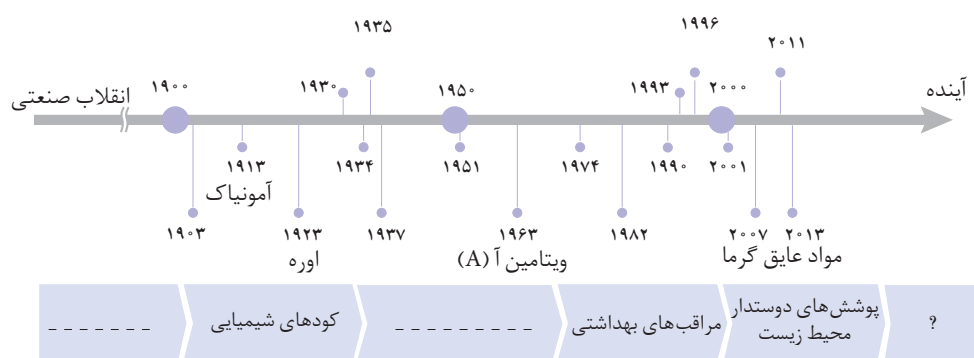
فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای
شیمیایی مناسب، نقش چشمگیری در
تأمین غذای جمعیت جهان دارد.

شکل ۱- برخی دستاوردهای شیمی در جهان

شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می‌دهد که انسان به تدریج با مسائل پیچیده‌تری روبه‌رو شده است. از این رو پیش‌بینی می‌شود که در آینده چالش‌های تازه و حیاتی‌تری پیش‌رو داشته باشد. بدیهی است برطرف کردن و حل هر یک از آنها به دانش و فناوری‌های پیشرفته‌تری نیاز خواهد داشت (نمودار ۱).

آیا می دانید

شیمی دان ژاپنی برنده نوبل ۲۰۰۱، ریوجی نویوری (Ryoji Noyori) معتقد است: شیمی آگاهی مورد نیاز برای دستیابی به توسعه پایدار و حل مسائلی که زندگی را روی زمین تهدید می کند، فراهم می نماید.



نمودار ۱- چند نمونه فراورده حاصل از فناوری های شیمیایی در گذر زمان



باتوجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و از جمله دانش شیمی و فناوری های آن می توانند آینده روشنی را برای جهان رقم بزنند. باید توجه داشت با اینکه استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب تر و زیانبارتری به دنبال خواهد داشت. در واقع نوع استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند. برای نمونه تولید سلاح های شیمیایی استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می دهد.

در این فصل با سه نمونه از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا، افزایش فراورده های کشاورزی و افزایش بهره وری منابع شیمیایی آشنا خواهید شد.

به دنبال هوای پاک

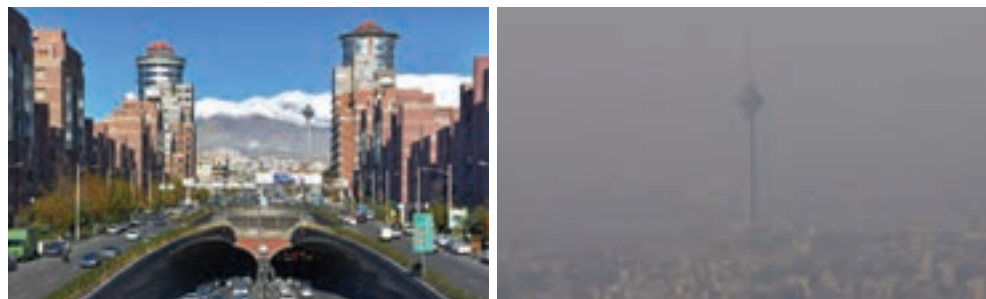
آیا می دانید

هر فرد روزانه به طور میانگین ۱۱۰۰۰ لیتر هوا تنفس می کند.

تماشای آسمان آبی و تنفس در هوای پاک همیشه لذت بخش و شادی آفرین است آنچنان که سعدی، استاد سخن، می فرماید: «هر نفسی که فرو می رود مُمدِّ حیات است و چون بر می آید مُفَرِّح ذات، ...». افسوس که با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. شاید شما هم لایه قهوه ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به ویژه در زمستان می پوشاند، دیده باشید. هوایی که نه تنها شادی آفرین نیست بلکه نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می کند (شکل ۲).

آیا می دانید

هوای آلوده شامل ترکیبات آلی اکسیژن دار مانند اتانال است. این مواد از واکنش هیدروکربن ها با سایر گازهای موجود در هواکره تشکیل می شوند.



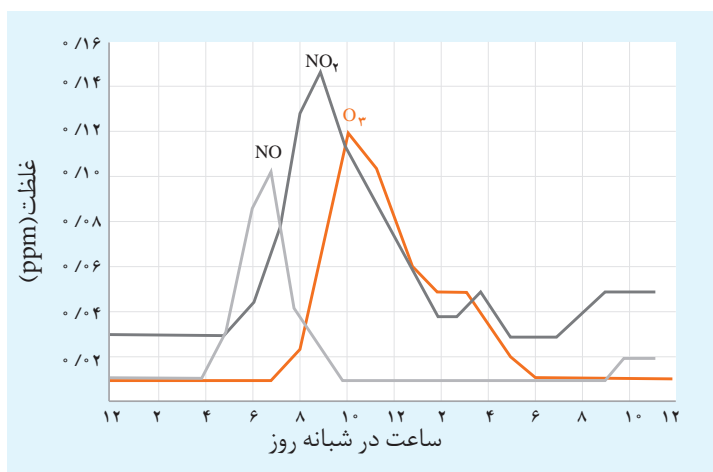
شکل ۲- یکی از چالش های مهم در جهان امروز داشتن هوای پاک است.

هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آنها حاوی گازهای گوناگونی مانند CO ، NO_2 ، O_3 ، SO_2 ، NO ، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده به ازای طنی یک کیلومتر (گرم)
CO	۵/۹۹
C_xH_y	۱/۶۷
NO	۱/۰۴

خود را بیازمایید

۱- نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.



● حساب کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هوا کره می‌شود؟ فرض کنید روزانه صد میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت می‌پیمایند.

آیا می‌دانید

یکی از کاربردهای برجسته الکتروشیمی، اندازه‌گیری غلظت گونه‌های شیمیایی است. کاربردی که با دقت بالا برای گستره وسیعی از گونه‌ها در محیط‌های آزمایشگاهی، زیستی، صنعتی و... رایج شده‌اند. اساس اغلب اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی، وجود دو الکترود در ساختار یک سلول است. از این دو الکترود، یکی استاندارد و دیگری شناساگر است. پتانسیل الکترود استاندارد ثابت اما پتانسیل الکترود شناساگر به غلظت گونه‌ی آزمایشی بستگی دارد. از emf چنین سلول‌هایی می‌توان نخست پتانسیل الکترود شناساگر و سپس غلظت گونه‌ی آزمایشی را تعیین کرد.

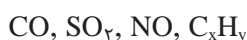
pH سنج دیجیتال، گلوکومتر و دستگاه اندازه‌گیری آلاینده‌ها در مراکز معاینه فنی خودروها بر همین اساس کار می‌کنند.

(آ) مقدار این آلاینده‌ها بین چه ساعت‌هایی از شبانه‌روز به بیشترین حد خود می‌رسد؟

(ب) چرا هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود؟

(پ) چرا با کاهش مقدار گاز NO_2 ، مقدار گاز O_3 ، رو به افزایش است؟

۲- در شیمی ۱، آموختید که آلاینده‌های زیر در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند.



(آ) دلیل وجود هیدروکربن‌ها در گازهای خروجی از اگزوز را توضیح دهید.

(ب) پیدایش گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی‌اکسید و نیتروژن مونوکسید را با نوشتن

معادله شیمیایی موازنه شده توجیه کنید.

هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود

آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون

متفاوت است. آیا می‌دانید چگونه می‌توان نوع و مقدار آلاینده‌ها را در یک نمونه هوای آلوده

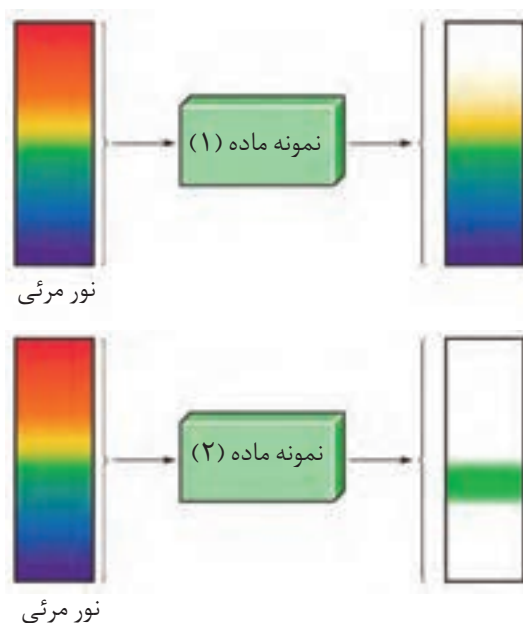
تعیین کرد؟ برای پاسخ به این پرسش، باید رفتار این مواد را بررسی کرد. یکی از این رفتارها،

برهم کنش مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی است.

پیش از این آموختید هرگاه یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، ممکن است گستره معینی از آنها را جذب و پرتوهای باقی مانده را بازتاب کند یا عبور دهد.

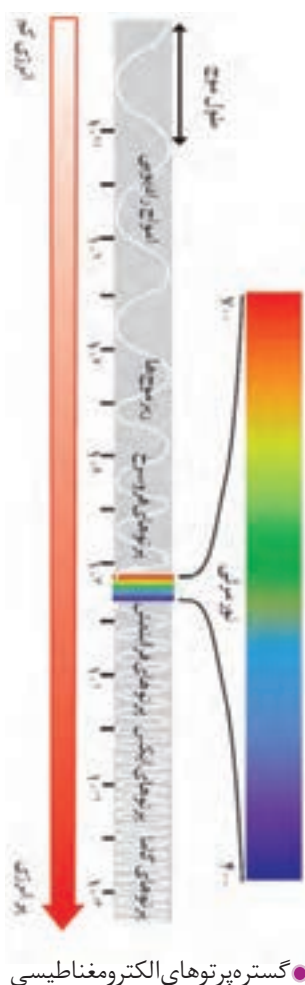
خود را بیازمایید

هر یک از شکل های زیر رفتار یک نمونه ماده را در برابر پرتوهای مرئی نشان می دهد، با توجه به آنها به پرسش های زیر پاسخ دهید.



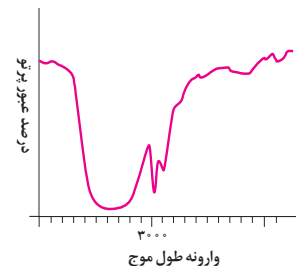
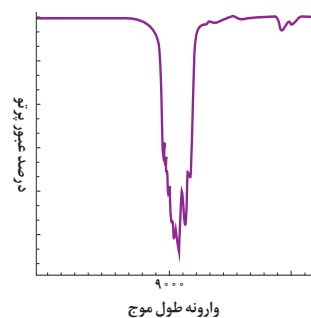
- آ) کدام نمونه ماده طول موج های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است؟
ب) آیا ساختار این دو ماده یکسان است؟ چرا؟

با توجه به اینکه پرتوهای مرئی، بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را دربرمی گیرد، انتظار می رود دیگر پرتوها مانند فروسرخ، فرابنفش و... نیز با ماده برهم کنش داشته باشند. شیمی دان ها با استفاده از چنین برهم کنش هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش های گوناگون طیف سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه گذاری کرده اند. یکی از رایج ترین روش های طیف سنجی که برای شناسایی گروه های عاملی به کار می رود، **طیف سنجی فروسرخ**^۱ نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آنها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می کنند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه های عاملی از یکدیگر است.



آیا می‌دانید

در شیمی ۱ آموختید که نور، کلید شناخت جهان است. شیمی‌دان‌ها برای شناسایی ساختار دقیق مواد از رفتار آنها در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی (نور) بهره‌بسیاری برده‌اند. هر بخش از گستره پرتوهای الکترومغناطیس برهم‌کنش ویژه‌ای با ماده دارد و برای شناسایی بخشی از آن ماده به کار می‌رود. برای نمونه طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی و تشخیص گروه‌های عاملی به کار می‌رود. شکل زیر بخشی از طیف فروسرخ دو ماده با فرمول مولکولی یکسان را (C_7H_6O) نشان می‌دهد.



● دمای موتور خودروها بیشتر از $1000^{\circ}C$ است.

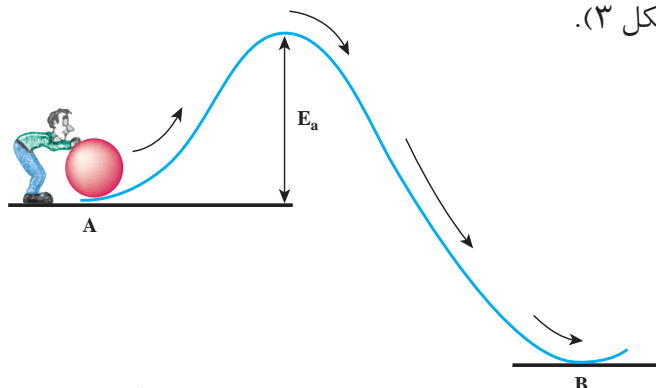
همچنین از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. ام. آر. آی (MRI) خود، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

پس از شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌ها اکنون این پرسش مطرح است که چگونه می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را در هواکره کاهش داد یا آنها را حذف کرد؟ آشنایی با رفتار و واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌ها، انرژی فعال‌سازی و نقش کاتالیزگر در چنین واکنش‌هایی می‌تواند ما را در حل این مسئله یاری کند.

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی

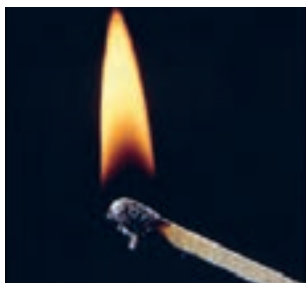
در شیمی ۲ آموختید که واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کُند در حالی که واکنش سوختن متان، تند است. به‌راستی چرا سرعت واکنش‌های شیمیایی با هم تفاوت دارند؟ همچنین می‌دانید که افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود؛ برای نمونه گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد اما درون موتور خودرو اندکی از آنها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود. آیا می‌دانید چرا این واکنش در دمای اتاق انجام نمی‌شود؟

هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید شخصی می‌خواهد گلوله‌ای را از نقطه A به نقطه B منتقل کند (شکل ۳).



شکل ۳- عبور از سد انرژی برای جابه‌جایی گلوله

برای این منظور، او دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالای قله را تأمین کند؛ زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب‌دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هرچه ارتفاع قله کمتر باشد، انتقال گلوله آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود (چرا؟).

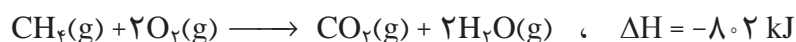


● هنگامی که نوک کبریت روی سطح زیر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.

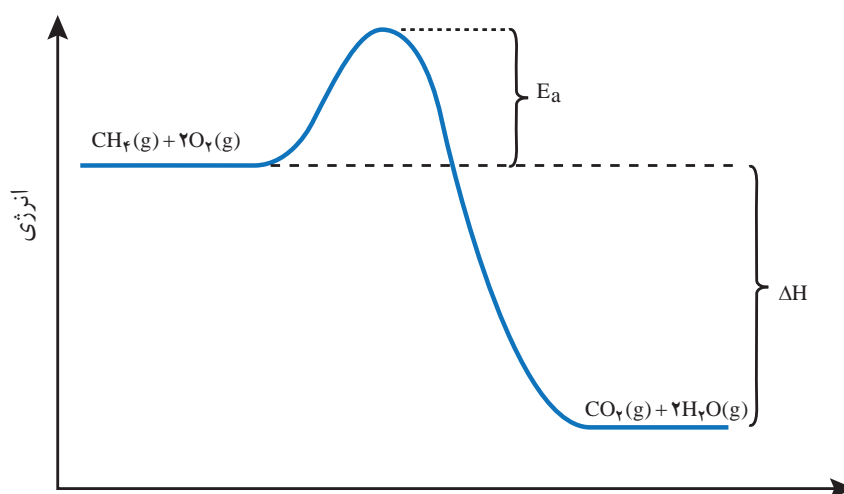
● انرژی فعال‌سازی واکنش را با E_a نمایش می‌دهند و با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند.

در واکنش‌های شیمیایی نیز شرایط مشابهی وجود دارد. به‌طوری که برای آغاز هر واکنش شیمیایی نیز مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن انرژی فعال‌سازی^۱ واکنش می‌گویند.

یکی از روش‌های تأمین این انرژی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است. جالب اینکه واکنش‌های شیمیایی صرف‌نظر از اینکه گرماده یا گرماگیر باشند، برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند؛ برای نمونه به واکنش سوختن متان (گاز شهری) در اجاق گاز توجه کنید.



هر چند این واکنش گرماده است اما برای آغاز شدن به جرقه یا شعله نیاز دارد. در واقع جرقه یا شعله فندک و کبریت، انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند (نمودار ۲).

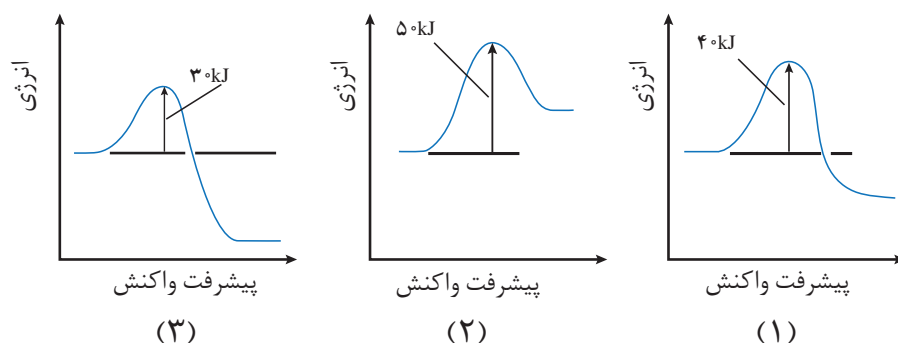


نمودار ۲- نمودار انرژی- پیشرفت واکنش سوختن متان

این نمودار نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای آغاز واکنش باید حداقلی از انرژی را داشته باشند تا با عبور از سد انرژی به فراورده‌ها تبدیل شوند. فراورده‌هایی که در این واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. به دیگر سخن اگر انرژی فعال‌سازی این واکنش تأمین نشود، واکنش‌دهنده‌ها دست نخورده باقی می‌مانند.

بدیهی است که هرچه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیشتر باشد، سرعت آن کمتر است. در نتیجه واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود زیرا بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند. از این رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود. به‌طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند، افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. این توصیف کمک می‌کند تا بتوان با مقایسه E_a واکنش‌ها، درباره سرعت و شرایط آغاز آنها اظهار نظر کرد.

با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

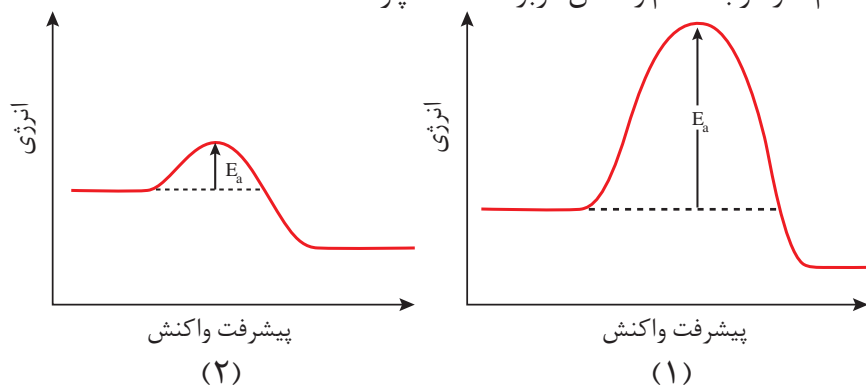


آ) گرماده یا گرماگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

ب) کدام واکنش در شرایط یکسان سریع‌تر انجام می‌شود؟ چرا؟

پ) فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. با توجه به این

واقعیت کدام نمودار به کدام واکنش مربوط است؟ چرا؟



برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آنها صرفه اقتصادی ندارد (چرا؟). از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. به نظر شما چگونه می‌توان واکنش‌هایی از این دست که انرژی فعال‌سازی زیادی دارند را در دما و فشار پایین با سرعت مناسب انجام داد؟ بدون تردید پاسخ شما، یافتن راهی برای کاهش انرژی فعال‌سازی است که با استفاده از کاتالیزگر امکان‌پذیر است. ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، درحالی‌که خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟

● کاتالیزورها در واکنش شرکت می‌کنند؛ اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این رو می‌توان آنها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزورها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

در بدن انسان مجموعه‌ای از واکنش‌های پیچیده انجام می‌شود. همه این واکنش‌ها باید با سرعت‌های کنترل شده و دقیقی انجام شوند تا انسان را زنده نگه‌دارند. آنزیم‌ها برای کنترل این واکنش‌ها نقش حیاتی دارند. بیشتر آنزیم‌ها پروتئین‌هایی با مولکول‌های بزرگ هستند. هر واکنشی که در بدن انسان انجام می‌شود، آنزیم ویژه‌ای به آن سرعت می‌بخشد. نکته جالب این است که برخی آنزیم‌ها تنها تولید یک ماده خاص در یک واکنش ویژه را کنترل می‌کنند.

۱- جدول زیر برخی داده‌ها برای واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

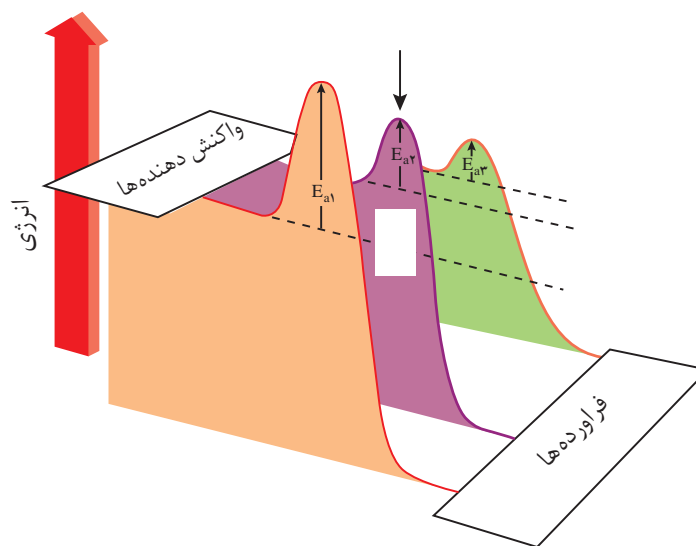
آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟

پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟

ت) کدام کمیت برای این واکنش در هر شرایطی ثابت می‌ماند؟

۲- هر یک از نمودارها را به کدام شرایط واکنش می‌توان نسبت داد؟ توضیح دهید.



● کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشبیه کرد. تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود که مسافران زودتر به مقصد برسند، کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش دهنده‌ها سریع‌تر به فرآورده‌ها تبدیل شوند.

۳- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ می‌دهد، اما آنتالپی واکنش $\frac{\text{ثابت می‌ماند}}{\text{افزایش می‌یابد}}$.

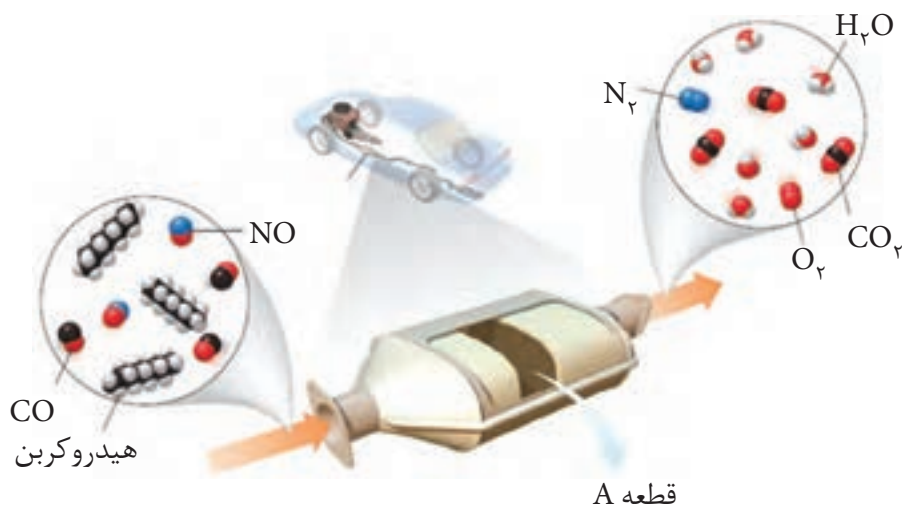
پی بردید که انرژی فعال سازی واکنش را می توان با استفاده از گرما تأمین کرد یا با استفاده از کاتالیزگر کاهش داده تا واکنش ها را با سرعت دلخواه انجام داد. اینک زمان آن رسیده است که در نقش یک شیمی دان یا مهندس شیمی با تکیه بر دانش شیمی خود، راهکارهایی برای کاهش یا حذف آلاینده های خروجی از اگزوز خودروها ارائه کنید. نکته شایان توجه این است که این آلاینده ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می شوند. همچنین دمای آنها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می یابد.

آیا می دانید

گازهای خروجی از اگزوز تنها ۰/۴ ثانیه در تماس با کاتالیزگرهای مبدل کاتالیستی هستند.

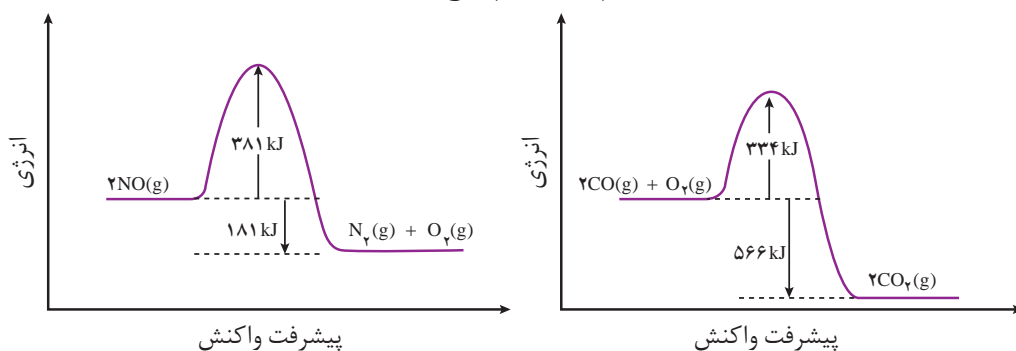
با هم بیندیشیم

۱- برای حذف آلاینده های موجود در اگزوز خودروها (CO , NO , C_xH_y) قطعه ای را در مسیر خروج گازها قرار می دهند. با توجه به شکل زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) هر آلاینده پس از عبور از قطعه A به چه فرآورده ای تبدیل می شود؟
 ب) معادله شیمیایی حذف هر یک از آلاینده ها را بنویسید و موازنه کنید.

۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) چرا این واکنش ها در دماهای پایین انجام نمی شوند یا بسیار کند هستند؟
 ب) انرژی فعال سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

۳- جدول زیر مقدار این آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعه A نشان می‌دهد.
(آ) با توجه به آن پیش‌بینی کنید نقش این قطعه چیست؟

NO	C _x H _y	CO	فرمول شیمیایی آلاینده	
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	در غیاب قطعه A	مقدار آلاینده بر حسب گرم
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱	در حضور قطعه A	به ازای طی یک کیلومتر

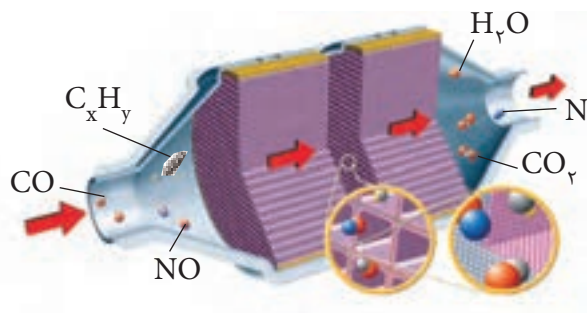
(ب) تجربه نشان می‌دهد که کارایی قطعه A به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن بستگی دارد. این قطعه محتوی سه نوع کاتالیزگر است. با این توصیف کدام عبارت زیر درست است؟ چرا؟

- هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد.
- هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

آیا می‌دانید

برای صنعت خودرو سازی جهان در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود $۱/۳ \times ۱۰^۵$ kg Pd، $۱/۲ \times ۱۰^۵$ kg Pt و $۲/۶ \times ۱۰^۴$ kg Rh مصرف شده است.

دریافتید که در مسیر گازهای خروجی از خودروها قطعه‌ای قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. **مبدل کاتالیستی**^۱ نامی است که به آن نسبت می‌دهند. بر روی سطح این قطعه سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) نشانده شده است. برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل می‌ش (دانه)‌های ریز درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند (چرا؟) (شکل ۴).



شکل ۴- در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند. با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر اینترنتی درباره اینکه «سوخت مناسب برای خودروهای مجهز به مبدل کاتالیستی، بنزین بدون سرب است» اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

خود را بیازمایید

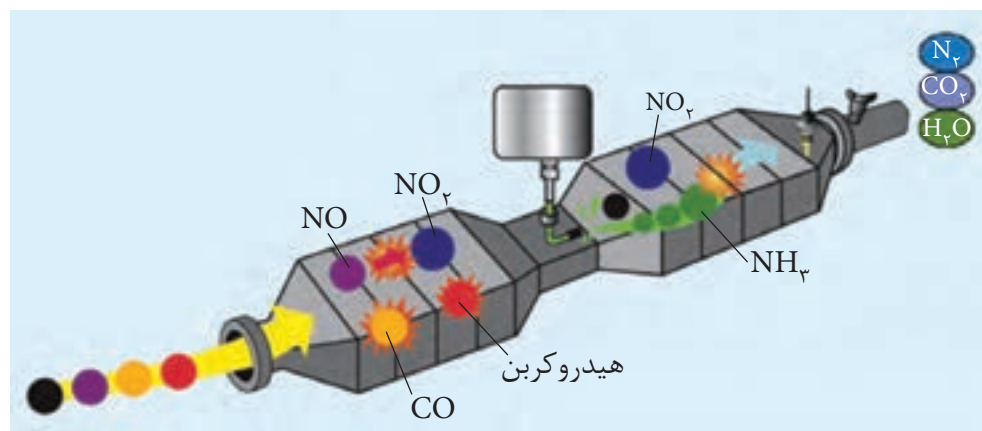
۱- با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای NO ، CO و C_xH_y بیشتری مشاهده می شود. (آ) دلیل این پدیده را توضیح دهید.

(ب) چه راهکاری برای برطرف کردن این مشکل پیشنهاد می کنید؟

۲- درباره درستی جمله های زیر گفت و گو کنید.

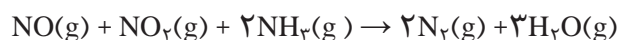
- کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می کند.
- در حضور کاتالیزگر نباید واکنش های ناخواسته دیگری انجام شود.
- کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

پی بردید که با استفاده از مبدل کاتالیستی می توان از ورود آلاینده های تولید شده در خودروهای بنزینی به هوا کره جلوگیری کرد. اما بررسی ها نشان می دهد که با استفاده از این نوع مبدل ها نمی توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. بنابراین ضروری است برای حل این مسئله، تبدلی نو طراحی کرد. پژوهشگران و مهندسان برای خودروهای دیزلی تبدلی به شکل ۵ طراحی کرده اند.



شکل ۵- مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی

در این مبدل با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هوا کره جلوگیری می شود.



تفکر نقادانه

می دانید که افزایش کربن دی اکسید سبب ایجاد اثر گلخانه ای و بالا رفتن دمای کره زمین شده است. در نتیجه یخ های قطبی در حال آب شدن هستند. این مسئله سبب خواهد شد تا رفت و آمد کشتی ها و همچنین حفاری در اعماق اقیانوس قطب شمال و استخراج سوخت های فسیلی آن منطقه آسان تر شود. بر این اساس عده ای معتقدند که نیازی به کنترل کربن دی اکسید هوا کره نیست. این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

آیا می‌دانید

برای تأمین غذا افزون بر کودهای شیمیایی مناسب، دانش‌وفناوری‌های دیگری از جمله شناسایی و تولید مواد شیمیایی برای کنترل آفت‌ها، به‌کارگیری دانش شیمی خاک، فراوری فراورده‌های کشاورزی و ... نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. برای نمونه تنظیم pH خاک در رشد گیاه مؤثر است.

می‌دانید که غذا به‌عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به‌شمار می‌رود. اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت سبب شده تا تأمین غذا به یکی دیگر از چالش‌های زندگی تبدیل شود. بهترین راه‌حل برای این مسئله، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این‌رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود (شکل ۶).

نام گیاه	گستره pH مناسب برای رشد
گندم	۶/۸ - ۷/۵
جو	۵/۷ - ۷/۵
ذرت	۵/۷ - ۶/۸
یونجه	۶/۸ - ۷/۵



شکل ۶- در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

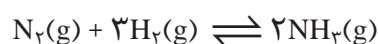
● گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی اکسید و آب به عنصرهایی مانند K، P، N، S و ... نیاز دارند.

از شیمی ۱ به یاد دارید که در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود (چرا؟). از سوی دیگر این واکنش، برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

خود را بیازمایید

با توجه به معادله واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک و عبارت ثابت تعادل آن به پرسش‌ها

پاسخ دهید.



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

(آ) توضیح دهید چگونه می‌توان از روی معادله یک واکنش، عبارت ثابت تعادل را برای آن

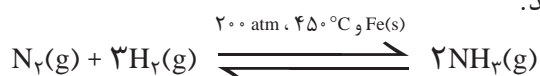
نوشت؟

(ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان

می‌دهد. با محاسبه K ، مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟

$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴

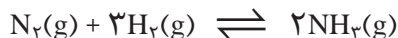
تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. از این رو شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که در آن، واکنش دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شده باشند. فریتس هابر برای یافتن چنین شرایطی، این واکنش را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد و سرانجام موفق شد شرایط بهینه واکنش را بیابد.



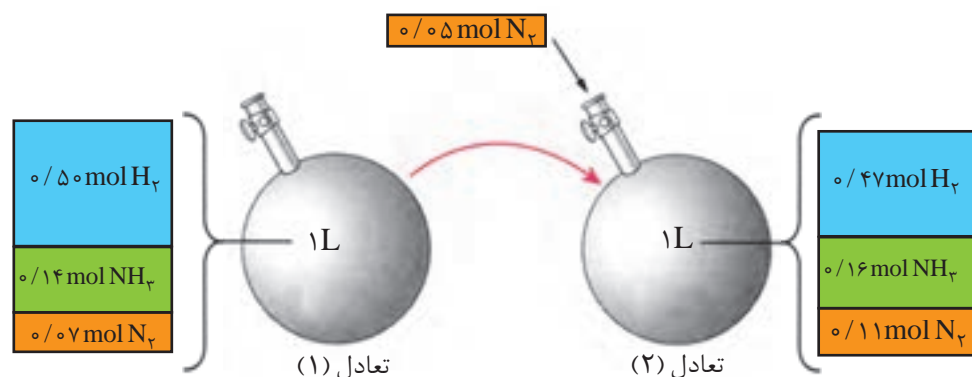
به‌راستی او بر چه اساسی واکنش را در این شرایط طراحی کرد؟ چگونه میزان پیشرفت واکنش تعادلی را با تغییر شرایط افزایش داد؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید درباره واکنش‌های تعادلی بیشتر بیاموزید.

با هم بیندیشیم

در محفظه‌ای به حجم یک لیتر، تعادل زیر در دمای $200^\circ C$ برقرار است.



شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به این سامانه در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



۱- جدول زیر را کامل کنید.

K	[N _۲]	[H _۲]	[NH _۳]	کمیت
				تبادل
				۱
				۲

۲- غلظت کدام مواد در تبادل (۲) در مقایسه با تبادل (۱) افزایش یافته است؟

۳- با افزودن N_۲(g) به تبادل (۱)، واکنش در چه جهتی پیش رفته است تا به تبادل جدید برسد؟ چرا؟

۴- K در این آزمایش چه تغییری کرده است؟ از این ویژگی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

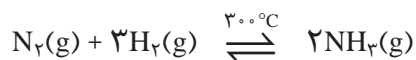
هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در سامانه تعادلی $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{تولید}}{\text{مصرف}}$ آن تا حد امکان پیش می‌رود تا به تبادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

پی بردید که واکنش تعادلی با افزایش غلظت یکی از مواد شرکت کننده در دمای ثابت، در جهتی پیش می‌رود که تا حد امکان مقداری از آن را مصرف کند و به تبادل جدید برسد اما در این جابه‌جایی، K ثابت می‌ماند.

بدیهی است که با کاهش غلظت هر ماده شرکت کننده، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت. این ویژگی نشان می‌دهد که اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تبادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از اصل لوشاتلیه^۱ است.

خود را بیازمایید

واکنش تعادلی زیر در سامانه‌ای با حجم و دمای ثابت برقرار است. با هر یک از تغییرهای زیر تبادل در چه جهتی جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟



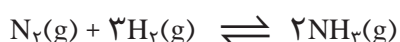
(آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

(ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه

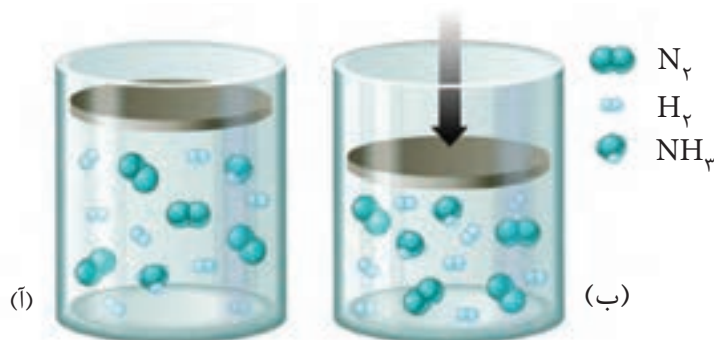
تغییر حجم سامانه در تعادل های گازی

با اثر تغییر غلظت یکی از مواد شرکت کننده بر تعادل گازی در دمای ثابت آشنا شدید. دریافتید که در دما و حجم ثابت با افزایش شمار مول های یکی از مواد شرکت کننده، غلظت آن افزایش می یابد و مطابق اصل لوشاتلیه واکنش تعادلی تا حد امکان در جهت مصرف آن جابه جا می شود.

برای تغییر غلظت مواد شرکت کننده می توان از روش دیگری نیز بهره برد. روشی که در آن حجم سامانه در دمای ثابت تغییر می کند. برای نمونه اگر تعادل:

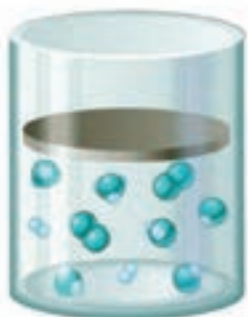


در سیلندری مجهز به پیستون روان (شکل ۷-آ) برقرار باشد، با افزایش فشار بر روی پیستون می توان حجم چنین سامانه ای را در دمای ثابت کاهش داد (شکل ۷-ب).



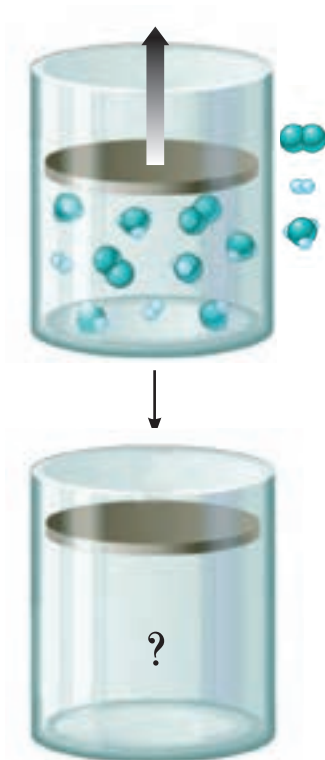
شکل ۷- کاهش حجم سامانه تعادلی در دمای ثابت

یافته های تجربی نشان می دهد که کاهش حجم این سامانه سبب می شود تعادل در جهت رفت جابه جا شود، به طوری که در تعادل جدید شمار مول های آمونیاک افزایش یافته و شمار مول های نیتروژن و هیدروژن کاهش می یابد اما ثابت تعادل تغییری نمی کند (شکل ۸).



شکل ۸- برقراری تعادل جدید برای کاهش اثر فشار

این جابه جایی نشان می دهد که کاهش حجم سامانه گازی در دمای ثابت، تعادل را در جهت مول های کمتر جابه جا می کند.



۱- اگر در سامانه (آ) شکل ۷، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت حجم آن افزایش

یابد:

(آ) پیش‌بینی کنید تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟

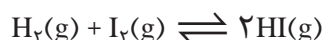
(ب) با این تغییر، شمار مول‌های آمونیاک چه تغییری می‌کند؟

۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌یابد، واکنش در جهت

شمار مول‌های گازی $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{جدید}}{\text{آغازی}}$ برسد.

۳- پیش‌بینی کنید در دمای ثابت با افزایش فشار بر سامانه تعادلی زیر:



(آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(ب) غلظت مولی هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

پی بردید که کاهش حجم یک سامانه محتوی تعادل گازی یا افزایش فشار بر این سامانه در دمای ثابت سبب می‌شود که تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا شود زیرا هرچه شمار مول‌های گاز موجود در یک سامانه کمتر باشد، شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و در نتیجه فشار گاز کمتر خواهد شد. بدیهی است که افزایش فشار بر یک واکنش تعادلی با شمار مول‌های گازی برابر در دو سوی معادله واکنش، تأثیری بر جابه‌جایی تعادل نخواهد داشت.

دما، عاملی برای جابه‌جایی تعادل و تغییر K

با رفتار تعادل گازی در برابر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده و تغییر فشار وارد بر سامانه در دمای ثابت آشنا شدید، رفتاری که با اصل لوشاتلیه توجیه می‌شود.

تنها عاملی که افزون بر جابه‌جا کردن تعادل، توانایی تغییر K را نیز دارد، دماست. در واقع هنگامی که دمای یک سامانه محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، K نیز تغییر خواهد کرد.

جالب اینکه اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون، یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر

بودن آنها بستگی دارد.

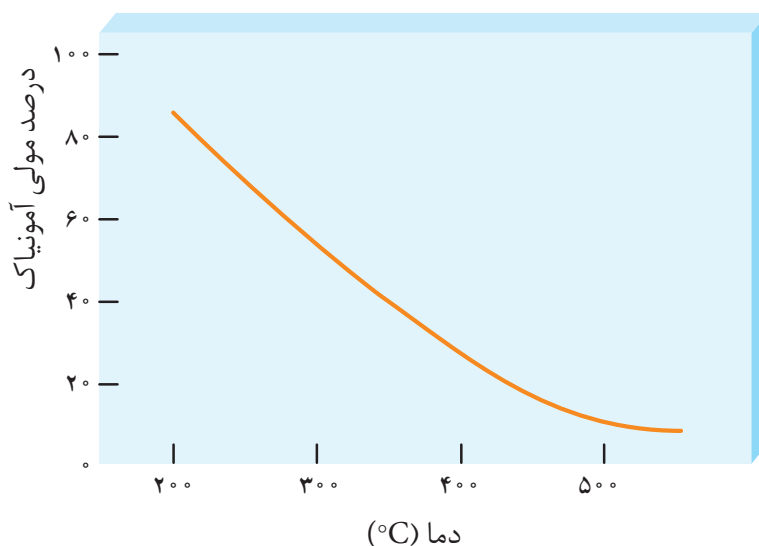
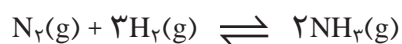
۱- جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



دما (°C)	۲۵	۲۲۵	۴۳۵
K	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}

- (آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.
- (ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟
- (پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابه‌جا شدن تعادل را در چه جهتی نشان می‌دهد؟
- (ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جابه‌جا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.

- ۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.
- هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{مصرف}}{\text{تولید}}$ گرما پیش می‌رود، اگر این واکنش گرماگیر باشد مقدار $\frac{\text{فراورده‌ها}}{\text{واکنش‌دهنده‌ها}}$ در سامانه کاهش می‌یابد.
- ۳- نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می کند؟

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.

$$K_1 = 6/2 \times 10^{-4} \quad , \quad K_2 = 2/24 \quad , \quad K_3 = 6/0 \times 10^{-5}$$

کدام یک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می دهد؟ توضیح دهید.

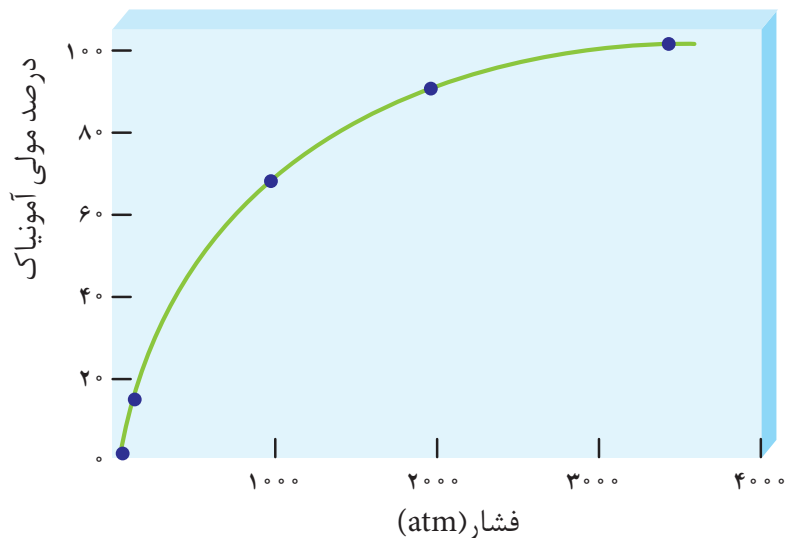
آیا می دانید

ساخت تجهیزات لازم برای تولید آمونیاک به روش هابر مدیون مهندسی کارل بوش است. او کسی بود که مهندسی تجهیزات تولید آمونیاک را گسترش داد. از این رو، گاهی از فرایند هابر به عنوان فرایند هابر-بوش نام برده می شود.



فریتس هابرشیمی دان مشهور آلمانی و همکارش کارل بوش برای تلاش در تهیه آمونیاک از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن، جایزه نوبل دریافت کردند.

تاکنون آموختید که با تغییر غلظت، فشار و دما می توان سامانه های تعادلی را در جهت دلخواه جابه جا کرد. فریتس هابر نیز انتظار داشت که با تغییر این عوامل بتواند مقدار آمونیاک را در مخلوط تعادلی افزایش دهد. او می دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از این رو واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد. دماهایی که در آنها واکنش با سرعت چشمگیری انجام می شد، اما با پیشرفت کمی به تعادل می رسید به طوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. جالب اینکه او هر چه دما را بالاتر می برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می یافت (چرا؟). هابر دریافت که افزایش دما نمی تواند برای تولید آمونیاک بیشتر ثمربخش باشد. او با استفاده از کاتالیزگر توانست واکنش را در دماهای پایین تر با سرعت مناسب انجام دهد، هر چند که هنوز هم درصد مولی آمونیاک در مخلوط مطلوب نبود. او برای رفع این مشکل، از افزایش فشار بر سامانه بهره برد (نمودار ۳).

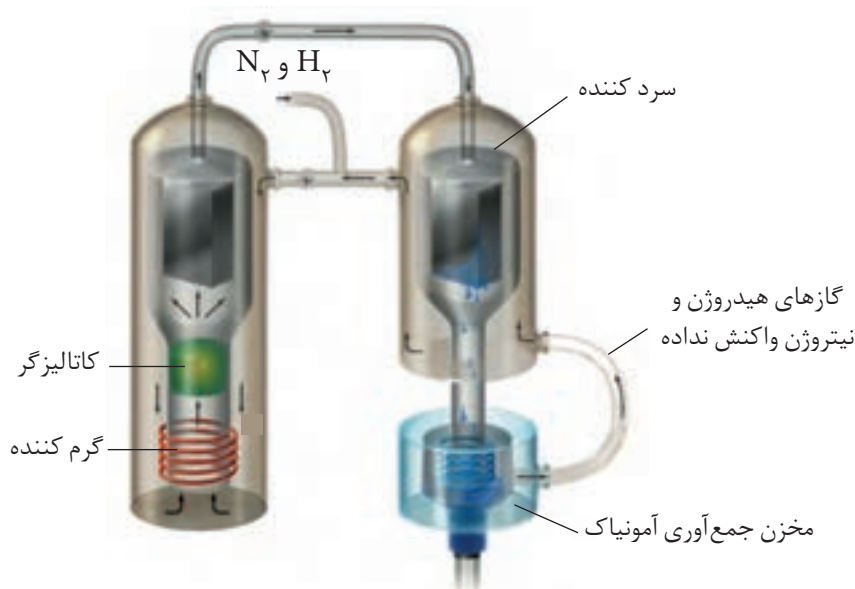


نمودار ۳- در دمای ثابت، با افزایش فشار درصد مولی آمونیاک در سامانه افزایش می یابد.

به این ترتیب هابر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. شرایطی که در آن، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می دهد. در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت آشکار در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده کرد.

خود را بیازمایید

با توجه به شکل زیر که نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



● فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید؛ اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

(آ) در مورد روش کار هابر در این فناوری با یکدیگر گفت‌وگو کنید.
(ب) اگر نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به ترتیب -۳۳°C ، -۱۹۶°C و -۲۵۳°C درجه سلسیوس باشد، کدام دما (-۴°C یا -۲۰°C) را برای سرد کننده مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.



با وجود کشف منابع شیمیایی گوناگون، نفت هنوز مؤثرترین و مهم‌ترین ماده برای اقتصاد جهان است. بر همین اساس دانشمندان کشورهای گوناگون در جست‌وجوی منابع جدید این ماده شگفت‌انگیز حتی در شمالگان و جنوبگان هستند.



نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها صادرکننده این منابع و برخی دیگر واردکننده آنها هستند. در واقع برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فراورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند. برای نمونه فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و... است. خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. برای نمونه قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشمگیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی تا چه اندازه ارزشمند است (شکل ۹).



شکل ۹- مس، از سنگ معدن تا فلز (مس سرچشمه کرمان)

در شیمی ۲ با درصد خلوص مواد شیمیایی آشنا شدید، کمیتی که بر روی قیمت تمام‌شده آنها نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای نمونه قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به طور چشمگیری بیشتر است. به همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.

خود را بیازمایید

با توجه به شکل زیر که قیمت تقریبی نفت خام و چند فراورده نفتی را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) جدول زیر را کامل کنید.

نام ماده	نفت خام	بنزین	متانول	اتیلن گلیکول	پلی اتن	اتانول
قیمت ۱۵۹ لیتر یا کیلوگرم (ریال)

(ب) درباره جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«به‌کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود.»

فناوری را می‌توان به‌کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آنها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسته و مغناطیس، وسایلی

● مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آنها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آنها ارائه می‌کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هریک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

در این درس به بررسی فناوری ساخت مواد شیمیایی جدید خواهیم پرداخت. اینکه شیمی‌دان‌ها چگونه و با چه روشی یک ماده شیمیایی را می‌سازند؟ بر چه اساسی مواد اولیه را انتخاب می‌کنند؟

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

● سنتز یک فرایند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.

یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند است. در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

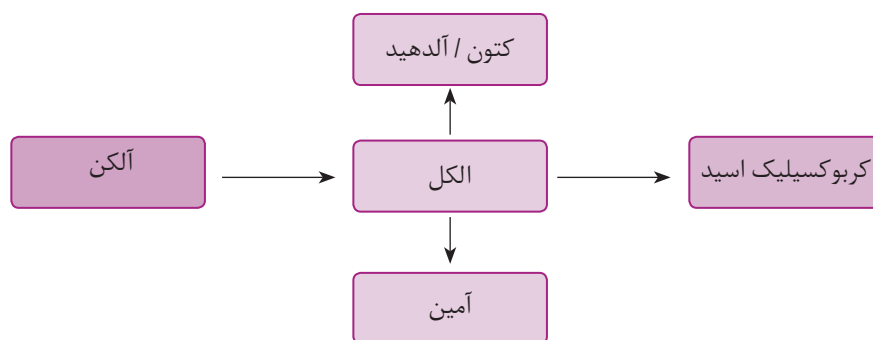
می‌دانید که اغلب مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. گروه‌هایی که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می‌کنند. تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد. شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. در این فرایندها، شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. برای نمونه در شیمی ۲ آموختید که برای سنتز یک استر می‌توان از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب بهره برد.

خود را بیازمایید

در نمودار زیر جاهای خالی را با نوشتن نام یا فرمول ماده شیمیایی پر کنید.



اینک می‌پذیرید که می‌توان از گاز اتن مواد آلی گوناگون پرمصرف و اغلب ارزشمند تهیه کرد. این گاز یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است. به همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش‌های شیمیایی می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد (نمودار ۴).



نمودار ۴- تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر

بدیهی است هرچه نوع و شمار گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیشتر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد. توجه داشته باشید که بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کاررفته بستگی دارد. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط زیست، همچنین واکنش‌های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند. در گام بعد دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده، فناوری لازم را طراحی و اجرا می‌کند.

آیا می‌دانید

سالانه حدود ۶۰۰ میلیارد بطری پلاستیکی در سرتا سر جهان برای تأمین، نگهداری و بسته‌بندی آب و نوشیدنی‌های گازدار تولید می‌شود.



ساخت بطری آب

سالانه شمار بسیار زیادی بطری پلاستیکی برای نگهداری و بسته‌بندی آب آشامیدنی تولید می‌شود. بطری آب از پلیمری به نام **پلی اتیلن ترفتالات**^۱ (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.

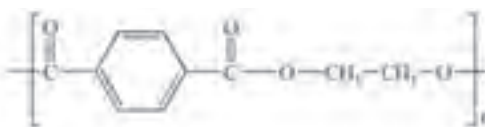
خود را بیازمایید

آیا می‌دانید

تریلن نام تجاری و قدیمی پلی اتیلن ترفتالات است. این نام از مونومرهای این پلیمر، **ترفتالیک اسید** و **اتیلن** گلیکول گرفته شده است. البته نام تجاری امروزی این پلیمر، **پت** است.



فرمول ساختاری پلیمر سازنده بطری آب به شکل زیر است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) این پلیمر از کدام دسته پلیمرهاست؟ چرا؟

(ب) ساختار مونومرهای سازنده این پلیمر را رسم کنید.

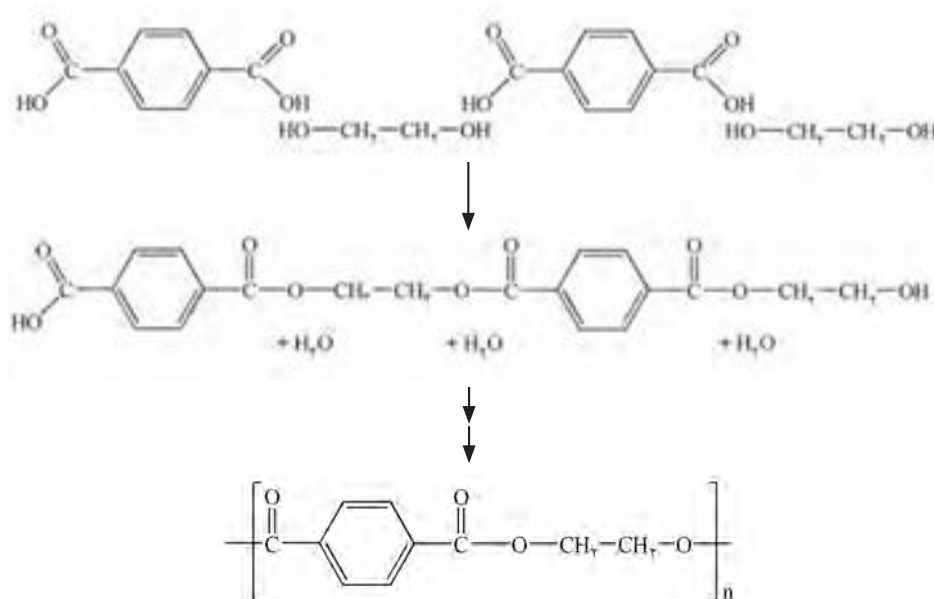
^۱ Poly Ethylene Terphthalate

آیا می‌دانید

یکی از مراحل مهم در تهیه یک ماده، جداسازی و خالص‌سازی آن است. واکنش پارازایلن با پتاسیم پرمنگنات در محیط بازی را در نظر بگیرید. پس از انجام واکنش مخلوطی به دست می‌آید که شامل، پتاسیم پرمنگنات اضافی، منگنز (IV) اکسید، آب، پارازایلن و واکنش نداده، ترفتالیک اسید و مواد دیگر است. اکنون باید با استفاده از دانش شیمی، ترفتالیک اسید (فرآورده مورد نظر) را از مخلوط واکنش جداسازی کرد. بدیهی است درصد خلوص ترفتالیک اسید به دانش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.



با توجه به آنچه که آموخته‌اید برای سنتز این پلیمر چه پیشنهادی دارید؟ پاسخ شما درست است، از واکنش مونومرهای سازنده این پلیمر یعنی اتیلن گلیکول (الکل دوعاملی) با ترفتالیک اسید (اسید دوعاملی) در شرایط مناسب می‌توان پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد. شکل ۱۱، الگوی تشکیل این ماده را نشان می‌دهد.



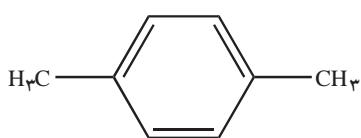
شکل ۱۱- الگوی تولید PET

اما مسئله این است که اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند. به دیگر سخن، به طور مستقیم نمی‌توان آنها را از نفت خام به دست آورد. پس چه باید کرد؟ در اینجا، با بهره‌گیری از دانش شیمی می‌توان این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می‌شوند، سنتز کرد.

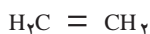
اکنون باید در نقش یک شیمی‌دان، مواد اولیه و در دسترس را بررسی و براساس آموخته‌های خود، مواد مناسب برای سنتز ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را انتخاب کرد. سپس مواد اولیه انتخاب شده را در شرایط مناسب واکنش داده و به ماده مورد نظر تبدیل نمود.

با هم بیندیشیم

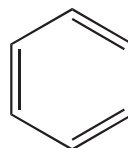
۱- بررسی‌ها نشان می‌دهند که از تقطیر نفت خام می‌توان مواد زیر را به دست آورد.



پارازایلن

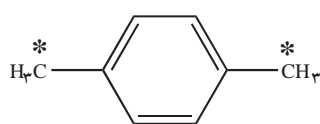


اتن

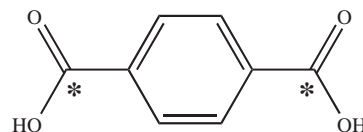


بنزن

با بررسی فرمول‌های ساختاری زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.



يارازايلن



ترفتالیک اسید

در یک واکنش شیمیایی فرآورده‌هایی تولید می‌شوند که دلخواه ما نیستند و پسماند واکنش محسوب می‌شوند. این پسماندها، گاهی سمی و آلاینده بوده و برای محیط زیست زیان آورند. بر همین اساس شیمی‌دان‌های دوستدار محیط زیست رشته‌ای دانشگاهی به نام شیمی سبز با راهکارهای زیر راه‌اندازی کرده‌اند.

(آ) برای تهیه تر فتالیک اسید از پارازیلین، چه تغییری باید در ساختار پارازیلین ایجاد کرد؟

(ب) عدد اکسایش اتم‌های کربن ستاره دار را در این دو ترکیب تعیین کنید.

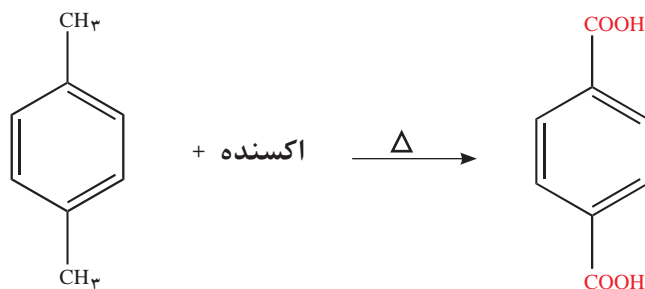
(پ) با توجه به آموخته‌های خود درباره واکنش‌های اکسایش- کاهش، برای تبدیل پارازیلین

به تر فتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر را مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

□ اکسنده‌ها □ کاهشده‌ها

۲- پیتاسیم پر منگنات اکسنده ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب یار از ایلین را با

بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می کند.



(آ) در این واکنش یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل می‌شود. تغییر عدد اکسایش اتم

منگنز در این واکنش چند است؟ (عدد اکسایش اتم منگنز در یون پر منگنات برابر با ۷+ است).

(ب) انرژی فعال سازی این واکنش زیاد است یا کم؟ چرا؟

پی بردید که یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود.

با وجود غلظت بالای آن، باز هم شرایط تبدیل پارازیلین به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود.

مگر آنکه دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما اگرچه شرایط انجام واکنش تأمین

شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه اینها نشان می‌دهد که اکسایش پارازیلین به

ترفتالیک اسید دشوار است. از این روش می‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان‌تر برای انجام

این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش‌های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا

و کاتالیزگرهای مناسب می‌تواند راهگشا باشد. البته پژوهش‌ها برای یافتن واکنشی پربازده و

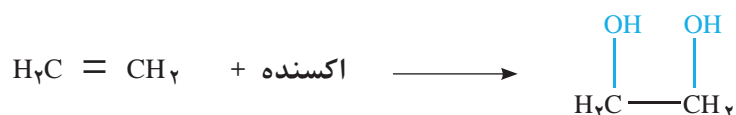
باصرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.



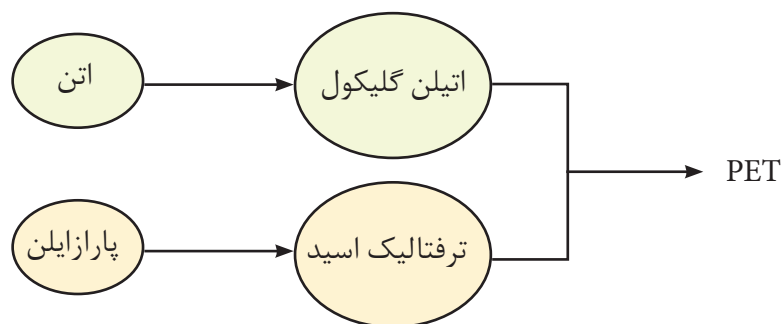
شیمی سبز با طراحی مواد و فرایندهای شیمیایی مناسب سبب حذف یا کاهش مواد زیان آور و سمی و حرکت در مسیر توسعه پایدار می‌شود. توسعه پایدار به معنی بهره‌برداری هوشمندانه و مناسب از منابع برای تأمین نیازهای امروز بدون تحمیل هزینه به آیندگان تعریف می‌شود.

تاکنون تهیه یکی از واکنش دهنده‌های مورد نیاز برای سنتز پلیمر به کار رفته در بطری آب را فرا گرفتید. هرچند انجام این واکنش در مقیاس صنعتی بسیار پیچیده‌تر و دشوارتر از آن چیزی است که روی کاغذ نوشته می‌شود.

اینک دومین واکنش دهنده (اتیلن گلیکول) را باید تهیه کرد. برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



اکنون می‌توان با انجام واکنش اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید (مونومرهای سازنده پلیمر) پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- فرایند کلی سنتز PET

این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آنها آشنا شویم.

در میان تارنماها

در شیمی ۲ با پلیمرهای سبز که زیست تخریب پذیرند آشنا شدید. با مراجعه به منابع علمی معتبر، گزارشی از این پلیمرها در مقایسه با پلیمرهای حاصل از مواد نفتی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی تهیه و در کلاس ارائه کنید.

آیا می دانید

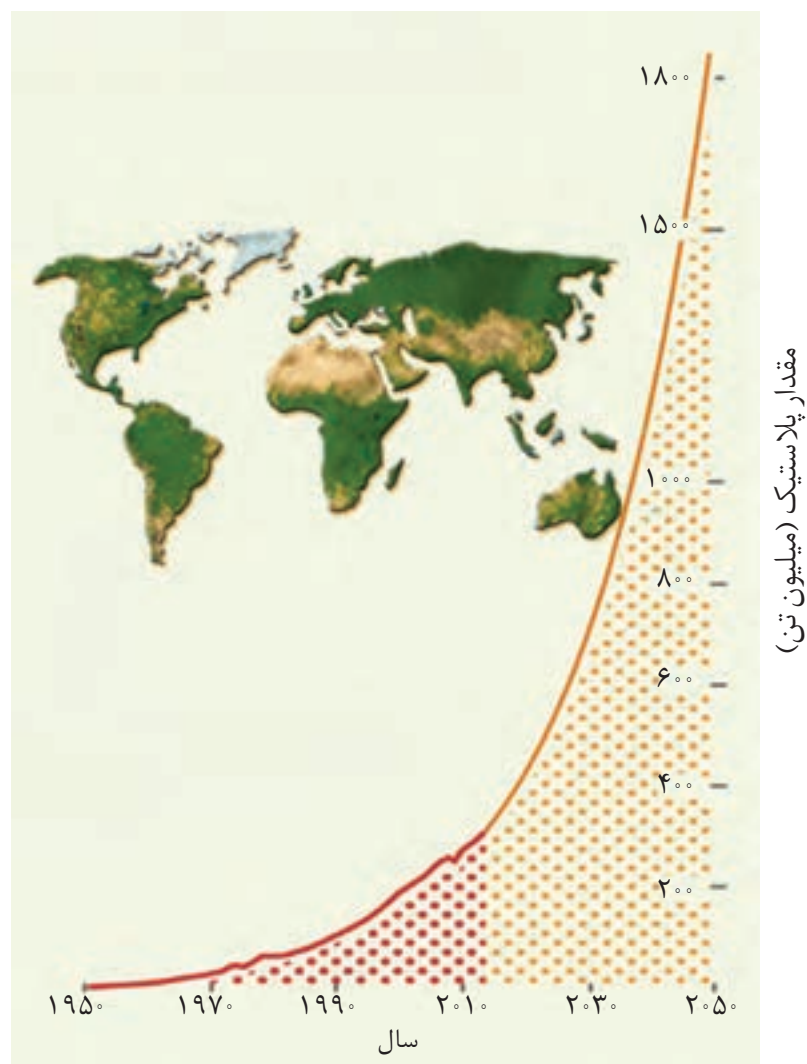
سالانه ۸ تا ۱۰ میلیارد کیلوگرم پلاستیک وارد اقیانوس‌ها می‌شوند. این مواد افزون بر ماده پلیمری شامل مواد شیمیایی گوناگونی نیز مانند نرم‌کننده‌ها، رنگ‌دانه‌ها و پایدارکننده هستند که برای جانداران مضرند و سامانه عصبی آنها را مختل می‌کنند.



سالانه تعداد زیادی از جانوران دریایی در دام پلاستیک‌ها می‌افتند و می‌میرند.



پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند؛ به طوری که امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند روبه افزایش است (نمودار ۵).



نمودار ۵- روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب‌ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند. از این رو بازیافت آنها اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، باید آنها را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

آیا می دانید

فقط ۱۸ درصد پلاستیک‌های تولید شده در جهان بازیافت می‌شود!!!

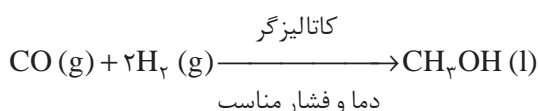


● صنعت بازیافت به یکی از کلیدی‌ترین صنایع در قرن آینده تبدیل خواهد شد. بدیهی است هر کشوری که از دانش و فناوری پیشرفته‌تری برخوردار باشد سهم قابل توجهی از این بازار جهانی را به خود اختصاص خواهد داد.

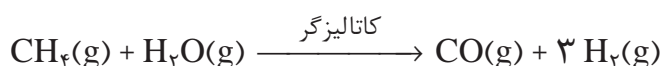
یکی از راه‌های بازیافت این است که آنها را پس از شست‌وشو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند.

البته پس از شست‌وشوی مواد پلاستیکی می‌توان آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. اما راه دیگری نیز وجود دارد که این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بس دشوار است. از آنجا که سالانه حجم انبوهی از پسماندهای این پلیمر تولید می‌شود، بازیافت شیمیایی آن بسیار ضروری و ارزشمند است. در شیمی ۲ آموختید که پلی استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آنها را برای تولید پلیمرها به کار برد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان در مقیاس صنعتی متانول تولید کرد؟

متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد. در صنعت گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. معادله شیمیایی این واکنش به صورت زیر است:



مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند از این رو نخست باید آنها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.



گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند. گاز متان واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد (چرا؟) و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام

آیا می دانید

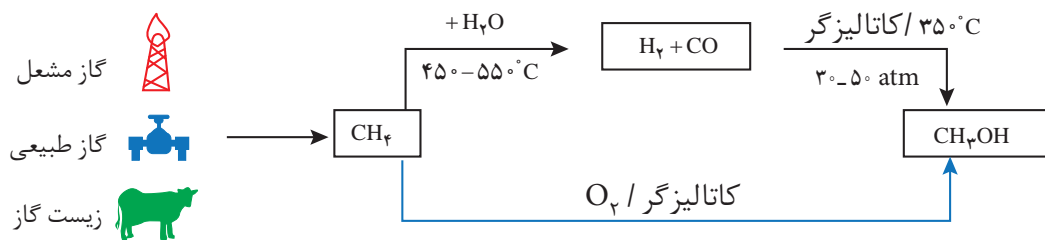
سالانه حدود ۷۰ میلیون تن متانول در سرتاسر دنیا تولید می‌شود. از متانول برای تولید فرمالدهید، استیک اسید، سوخت و ... استفاده می‌شود. شرکت‌های پتروشیمی ایران نیز سالانه مقدار قابل توجهی متانول تولید می‌کنند، به طوری که کشور ایران به یکی از صادرکنندگان متانول تبدیل شده است.

آیا می دانید

سالانه ۱۴۰ میلیارد متر مکعب گاز متان در میدان های نفتی در سرتاسر دنیا سوزانده می شود.



آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است. به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد (نمودار ۶).

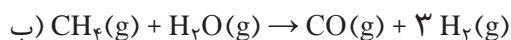
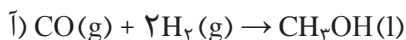


نمودار ۶- روش های تولید متانول. تولید مستقیم متانول از متان چه مزیتی دارد؟

خود را بیازمایید

۱- در هر یک از واکنش های زیر مشخص کنید کدام گونه اکسایش و کدام کاهش یافته

است؟



۲- شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. معادله های شیمیایی موازنه نشده زیر تهیه ماده A را به دو روش نشان می دهد.



در این واکنش ها X و Y پسماند هستند، اما Z یک حلال صنعتی است.

آ) در کدام واکنش، همه اتم های مواد واکنش دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده اند؟

چرا؟

ب) براساس اصول شیمی سبز، کدام واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

● یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه تر است که شمار بیشتری از اتم های واکنش دهنده به فرآورده های سودمند تبدیل شود.

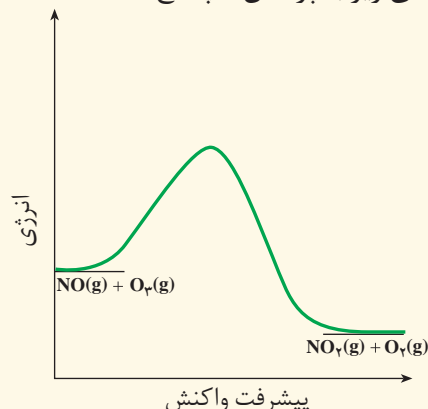
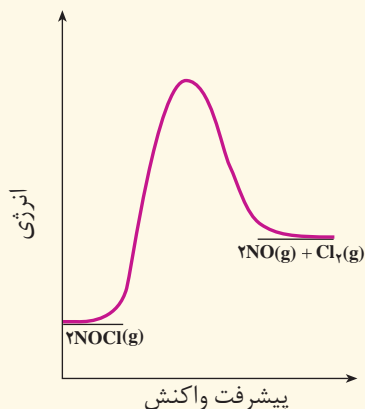
۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

(آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

(ب) در تعادل‌های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

(پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش - کاهش است.

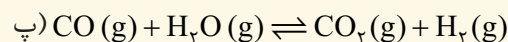
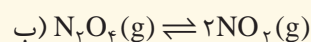
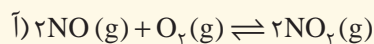
۲- با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را روی نمودار مشخص کنید.

(ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

۳- در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.



۴- با توجه به نمودار روبه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:

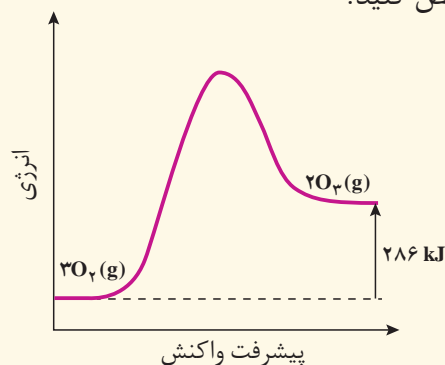
(آ) انرژی فعال‌سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است.

(ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.

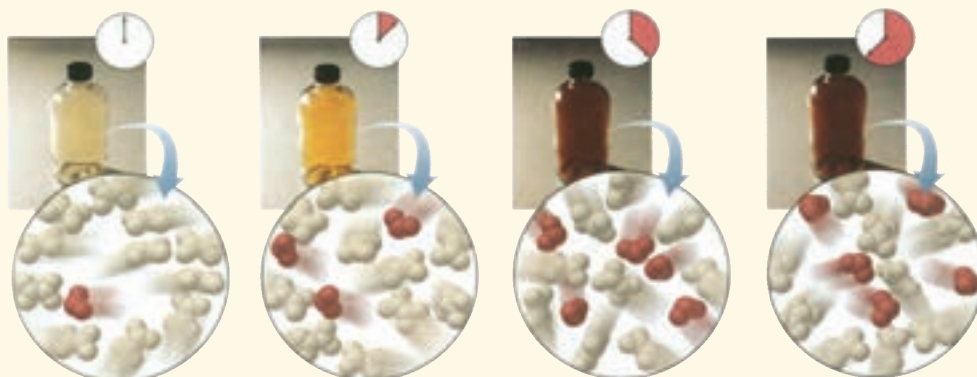
(پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

(ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش

فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

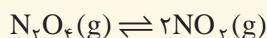


۵- شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 به گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

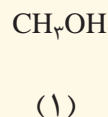
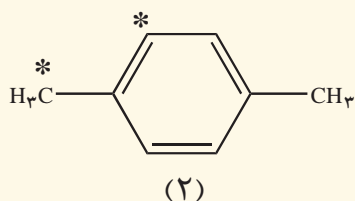


آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با ۱٪ مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.



۶- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (۲) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پ) روش تهیه یک دی‌استر از مواد (۱) و (۲) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازنه شده نشان دهید.

۷- هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می‌دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

