

فصل ۴

شیمی ، راهی به سوی آینده ای روشن تر



پایه دوازدهم

(ریاضی/تجربی)

بخش ۱

کاتالیزها و کاتالیزورها

دانش شیمی و فناوری های آن نقش پررنگی در عبور از چالشهای زندگی ما انسان ها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است
برخی از فناوری های مهم شیمی در این راستا عبارتند از:

فناوری تصفیه آب مانع گسترش بیماری ها از جمله وبا در جهان شده است .

فناوری تولید پلاستیک صنعت پوشاک و صنعت بسته بندی غذا و دارو را دگرگون ساخت .

فناوری شناسایی و تولید مواد بی حس کننده و آنتی بیوتیک را برای جراحی های گوناگون هموار کرد .

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

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

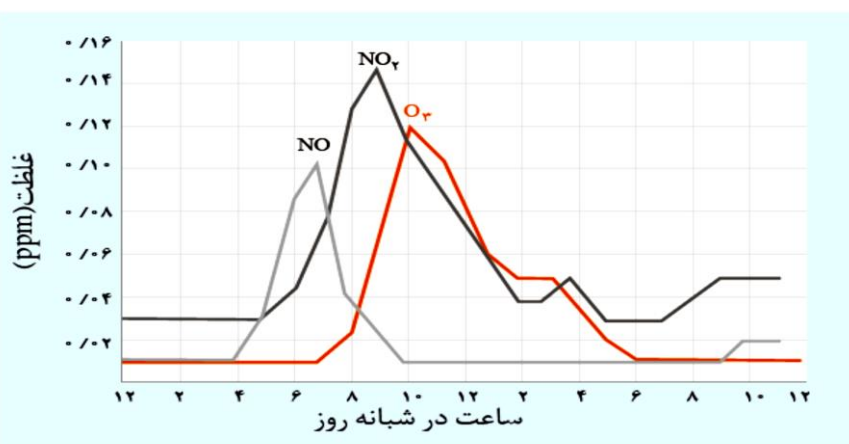
گسترش فناوری صفحه های نمایشگر در وسایل الکترونیک مدیون دانش شیمی است .

از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه می توان دسترسی آسان و ارزان تر به فناوری های نو را نام برد . بهره گیری از مبدل کاتالیستی در خودرو ، کودهای شیمیایی سبز در کشاورزی و همچنین تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند از جمله فناوری هایی به شمار می رود که در آن ها شیمی همراه با انگیزه و تلاش راهی را به سوی آینده ای روشن تر رو می زند در این فصل باسنمو از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا افزایش فناور آورده های کشاورزی افزایش بهره وری منابع شیمیایی آشنا خواهید شد.

به دنبال هوای پاک

شاید شما هم لایه قهوه ای روشن که سطح شهر های بزرگ جهان و کشورمان را به ویژه در زمستان می پوشاند دیده باشید . هوای آلوده افزون بر گازهای طبیعی موجود در هواکره حاوی گاز های گوناگونی مانند گوگرد دی اکسید SO_2 اوزون O_3 نیتروژن دی اکسید NO_2 کربن مونوکسید CO و نیتروژن مونوکسید NO ذره های معلق و مواد آلی فرار مانند اتانال است.

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



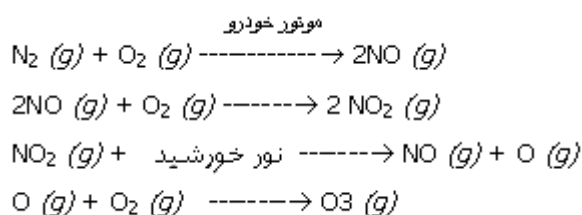
نکته: هوای پاک و خشک شامل گازهای نیتروژن N_2 اکسیژن O_2 آرگون Ar کربن دی اکسید CO_2 نئون Ne هلیوم He کریپتون Kr زنون Xe و... میباشد.
نمودار مقابل به غلظت برخی از آلاینده ها را در نمونه ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می دهد:

نکاتی درباره نمودار بالا



۱- گازهای نیتروژن مونوکسید و اکسیژن واکنش پذیری خوبی دارند و می‌توانند با یکدیگر واکنش دهند. هنگامی که گاز نیتروژن مونوکسید که از آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروهاست، وارد هواکره می‌شود به سرعت با اکسیژن موجود در هوا واکنش داده و به گاز نیتروژن دی اکسید تبدیل می‌شود، نیتروژن دی اکسید گاز قهوه‌ای رنگی است که بر روی سطح شهرهای بزرگ در فصل زمستان موجب تیرگی هوای شهرها می‌شود و به آن مه دود گویند.

۲- یکی دیگر از آلاینده‌های موجود در هوا کره گاز اوزون است این گاز بر اثر واکنش نیتروژن دی اکسید موجود در هوا با گاز اکسیژن موجود در هوا کره در حضور نور خورشید تولید می‌شود و اوزون تروپوسفری تولید می‌کند.



۳- در بررسی خطوط نمودار متوجه می‌شویم که در ساعت‌های ابتدایی شب مقدار آلاینده‌ها ثابت است بیشترین مقدار به NO_2 ، سپس NO و در نهایت اوزون O_3 است.

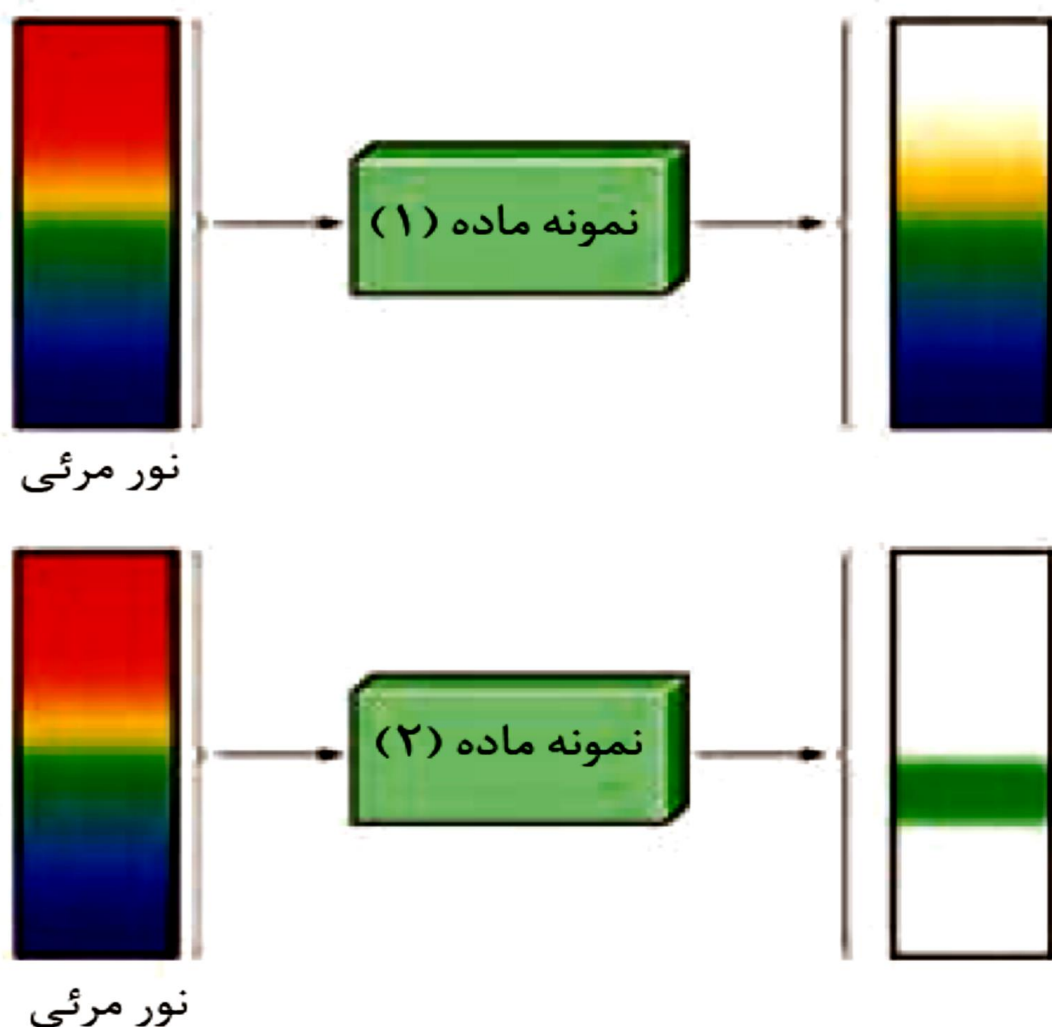
در اوایل صبح با ورود خودروها به معابر شهری و واکنش نیتروژن و اکسیژن در موتور خودروها میزان گاز نیتروژن مونوکسید NO افزایش می‌یابد. با گذشت زمان بر اثر واکنش نیتروژن مونوکسید با اکسیژن هوا میزان آلاینده نیتروژن دی اکسید NO_2 بر دیگر آلاینده‌ها پیشی می‌گیرد. همچنین با گذر زمان و بر اثر واکنش فتوشیمیایی و تولید اوزون تروپوسفری میزان گاز اوزون افزایش می‌یابد. از ساعت ۱۰ صبح به بعد غلظت نیتروژن مونوکسید ثابت و سایر آلاینده‌ها کاهش می‌یابد تغییرات غلظت اوزون و نیتروژن دی اکسید شبیه هم است با این تفاوت که گاز اوزون با اندکی تاخیر تغییر می‌یابد.

سوال:

حساب کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هواکره می‌شود فرض کنید روزانه ۱۰۰ میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت می‌پیمایند؟

سنجش میزان آلاینده ها

روش های مختلفی برای تعیین میزان و مقدار آلاینده ها در یک نمونه هوای آلوده وجود دارد، در اینجا به روش طیف سنجی می پردازیم. با توجه به این که پرتوهای مرئی بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را در بر می گیرند انتظار می رود دیگر پرتوها مانند پرتوهای فروسرخ ، فرابنفش و ... نیز با ماده برهم کنش داشته باشند. آنها با استفاده از چنین برهمکنش هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی ، روش های گوناگون طیف سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه گذاری کرده اند . به عنوان مثال هر یک از شکلهای زیر رفتار یک نمونه ماده را در برابر پرتوهای مرئی نشان می دهد:



در فصل سه خواندید که مواد در برخورد با پرتوهای الکترومغناطیسی برهم کنش دارند و هر ماده در برخورد با نور مرئی طول موج خاصی از نور را جذب کرده و ما بقی را بازتاب داده یا عبور می دهد، شکل بالا نشان می دهد که نمونه ماده ۲ طول موج های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است در حالی که نمونه ماده ۱ طول موج رنگ سرخ را جذب کرده است.

یکی از رایج ترین روش های طیف سنجی که برای شناسایی گروه های عاملی به کار می رود ، طیف سنجی فروسرخ نام دارد با توجه به اینکه شمار و نوع اتم های سازنده هر گروه عاملی متفاوت است هریک از آنها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می کنند و همین تفاوت ، اساس شناسایی گروه های عاملی از یکدیگر است . همچنین از طیف سنجی فروسرخ می توان برای شناسایی آلاینده هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول ها در فضای بین ستاره ای استفاده کرد . افزون بر طیف سنجی فروسرخ می توان از برهم کنش پرتوهای فرابنفش نور مرئی امواج رادیویی و نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد . ام . آر . آی (MRI) خود نمونه ای از کاربرد طیف سنجی در علم پزشکی است.

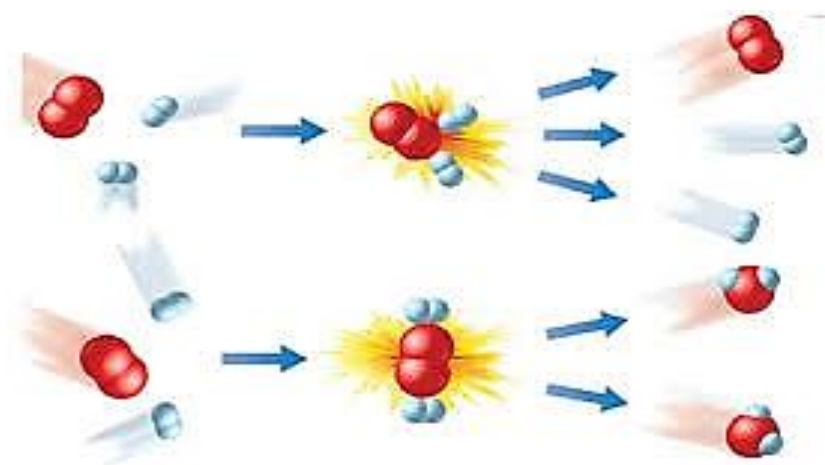
انرژی و فعال سازی

پس از شناسایی و تعیین میزان آلاینده ها حال این پرسش مطرح است که ، چگونه می توان مقدار این آلاینده ها را در هواکره کاهش یا آنها را حذف کرد؟

آشنایی با رفتار و واکنش های شیمیایی آلاینده ها ، انرژی فعال سازی و نقش کاتالیزگر در چنین واکنش هایی می تواند ما را در حل این مسئله یاری کند.

واکنش های شیمیایی با سرعت های گوناگون انجام می شوند برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کند در حالی که واکنش سوختن متان تند و سریع است.

برای اینکه یک واکنش شیمیایی شروع شود واکنش دهنده ها باید مقدار معینی انرژی داشته باشند ، به عبارت دیگر مواد واکنش دهنده هنگام برخورد با یکدیگر باید انرژی کافی داشته باشند تا در اثر برخورد بین آنها واکنش مورد نظر انجام پذیرد.



>>به حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی **انرژی فعال سازی** می گویند که آن را با نماد E_a نشان می دهند و واحد اندازه گیری آن کیلوژول است.<<

اگر انرژی فعال سازی یک واکنش تامین گردد آن واکنش انجام خواهد پذیرفت . به عنوان مثال گاز اکسیژن و نیتروژن در دمای اتاق واکنش نمی دهند اما درون موتور خودرو اندکی از آنها به نیتروژن مونوکسید NO تبدیل می شوند ، زیرا دمای درون موتور خودرو نزدیک به 1000 درجه سانتی گراد است، و در واقع این دمای بالای موتور خودرو است که انرژی فعال سازی انجام این واکنش را تامین نموده تا واکنش آغاز گردد.

برای درک بهتر طرح این موضوع فرض کنید شخصی می خواهد گلوله ای را از نقطه A به نقطه B مطابق شکل زیر منتقل کند:

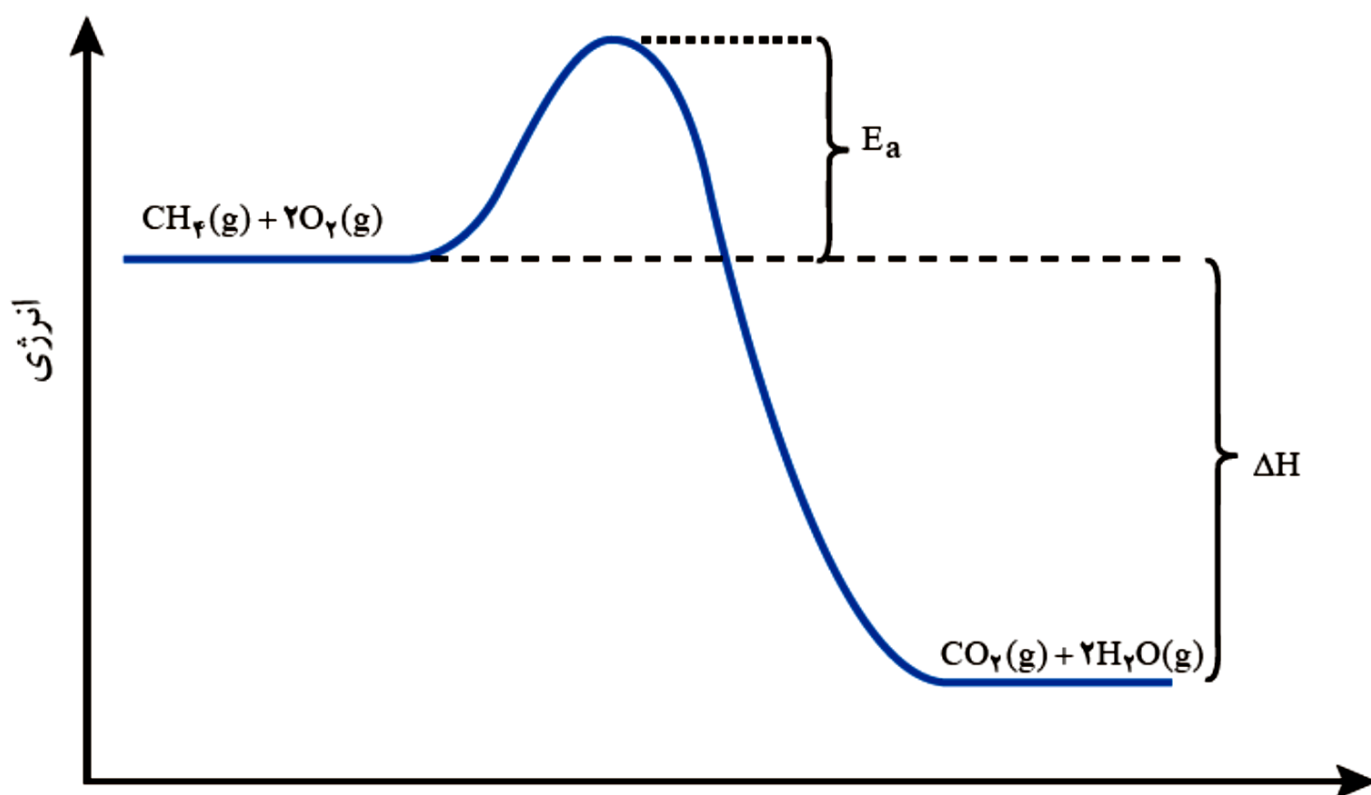
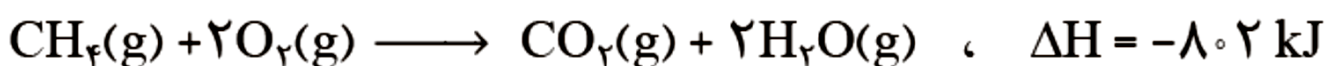


برای این منظور دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالایی قله را تامین کند، زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیبدار به پایین سرازیر می شود. بدیهی است هرچه ارتفاع قله کمتر باشد انتقال گلوله آسانتر و سریعتر انجام می شود زیرا انرژی کمتری برای رسیدن به قله نیاز است.



یکی از روشهای تامین انرژی فعالسازی، گرما دادن به واکنش دهنده هاست. زیرا گرما می تواند واکنش دهنده ها را به سطحی از انرژی برساند که انرژی فعالسازی برای شروع واکنش تامین گردد. جالب این است که واکنش های شیمیایی صرف نظر از اینکه گرماده یا گرماگیر باشند برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند اما این میزان انرژی برای واکنش های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال در آتش گرفتن نوک کبریت میزان انرژی فعالسازی به قدری کم است که گرمای حاصل از اصطکاک ایجاد شده میان نوک کبریت و سطح زبر قوطی کبریت انرژی فعالسازی این واکنش را تامین می کند و یا در سوختن گاز متان میزان انرژی فعال سازی به قدری کم است که یک شعله کوچک و یا یک جرقه ناچیز می توانند انرژی فعالسازی واکنش را تامین نموده و واکنش سوختن را کلید بزنند.

نمودار انرژی – پیشرفت یک واکنش گرما ده (سوختن متان)



در بررسی این نمودار به نکات زیر توجه نمایید:

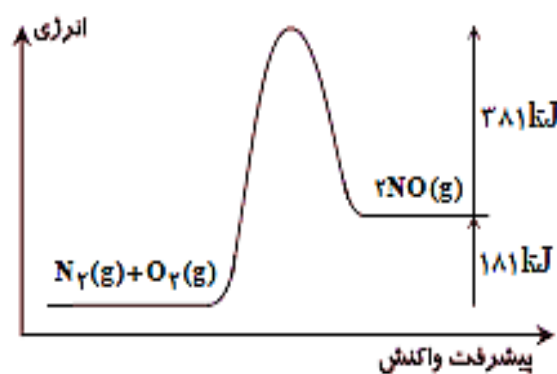
۱- مواد واکنش دهنده و فرآورده خود دارای سطحی از انرژی اولیه H_1 و پایانی H_2 هستند.

۲- پایین بودن سطح انرژی فرآورده ها نسبت به واکنش دهنده ها نشان دهنده این است که مواد فرآورده در واکنش های گرمازا پایدار تر از مواد واکنش دهنده هستند.

۳- اختلاف سطح انرژی واکنش دهنده ها و فرآورده ها را تغییرات آنتالپی (ΔH) گویند.

۴- فاصله سطح انرژی مواد واکنش دهنده با بلندترین نقطه نمودار انرژی پیشرفت را به انرژی فعالسازی E_a گویند.

نمودار انرژی پیشرفت واکنش های گرما گیر



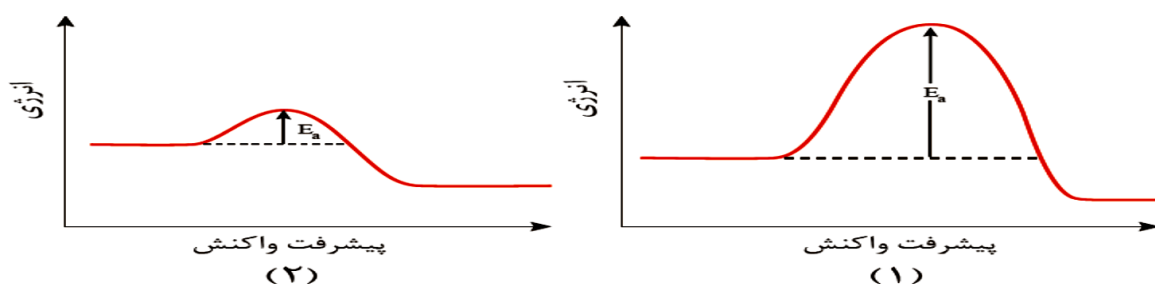
۱- به دلیل پایین تر بودن سطح انرژی مواد واکنش دهنده H_1 نسبت به فرآورده ها H_2 می توان نتیجه گرفت که واکنش دهنده ها در این دسته از فرایندها پایدارترند .

۲- با توجه به انرژی واکنش دهنده ها و فرآورده ها در آغاز و پایان فرایند ($H_1 < H_2$) ، آنتالپی فرایندهای گرماگیر همواره مثبت است ($\Delta H > 0$) .

۳- گرماده یا گرماگیر بودن یک واکنش شیمیایی تاثیری بر سطح انرژی فعالسازی واکنش ندارد . در رابطه انرژی فعال سازی می توان گفت ، در طی فرایند وارد واکنش می شود در حالیکه انرژی آغازین و پایانی تنها به ابتدا و انتهای واکنش وابسته است.

نکته مهم: هرچه انرژی فعالسازی واکنش بزرگتر باشد آن واکنش دشوارتر و در دمای بالاتری انجام می پذیرد و در واقع واکنش دهنده ها برای عبور از قله به انرژی بیشتری نیاز دارند . زیرا بزرگ بودن انرژی فعالسازی نشان می دهد که واکنش دهنده ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند. بنابراین انرژی فعال سازی هر واکنش با سرعت واکنش رابطه وارونه دارد به این صورت که هرچه انرژی فعالسازی بیشتر باشد سرعت واکنش کمتر خواهد بود و بالعکس.

به عنوان مثال فسفر سفید P_4 برخلاف هیدروژن H_2 در دمای اتاق با اکسیژن O_2 واکنش داده و میسوزد این واکنش نشانگر آن است که انرژی فعال سازی مورد نیاز جهت انجام این فرایند به قدری کم است که با دمای محیط نیز تامین خواهد شد در حالیکه واکنش هیدروژن با اکسیژن نیاز به تامین انرژی بسیار بیشتری دارد .



در شیمی یازدهم خواندیم که یکی از عوامل موثر بر سرعت واکنش دما است . با افزایش دما انرژی جنبشی واکنش دهنده ها بیشتر می شود ، بنابراین شماره ذره هایی که در واحد زمان می توانند از قله انرژی عبور کرده و به فراورده ها تبدیل شوند افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می یابد . برخی از واکنش ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می شوند و از آنجا که تامین این دما و فشار هزینه بالایی به صنایع تحمیل می کند صرفه اقتصادی ندارد در چنین مواقعی از کاتالیزگرها برای ایجاد شرایط بهینه جهت انجام واکنش استفاده می شود.

کاتالیزگر: ماده ای است که در واکنش شرکت می کنند اما در پایان واکنش باقی می ماند ، از این رو می توان آن ها را بارها و بارها به کار برد . همچنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون باعث کاهش آلودگی محیط زیست نیز می شود.

ویژگیهای کاتالیزگرها

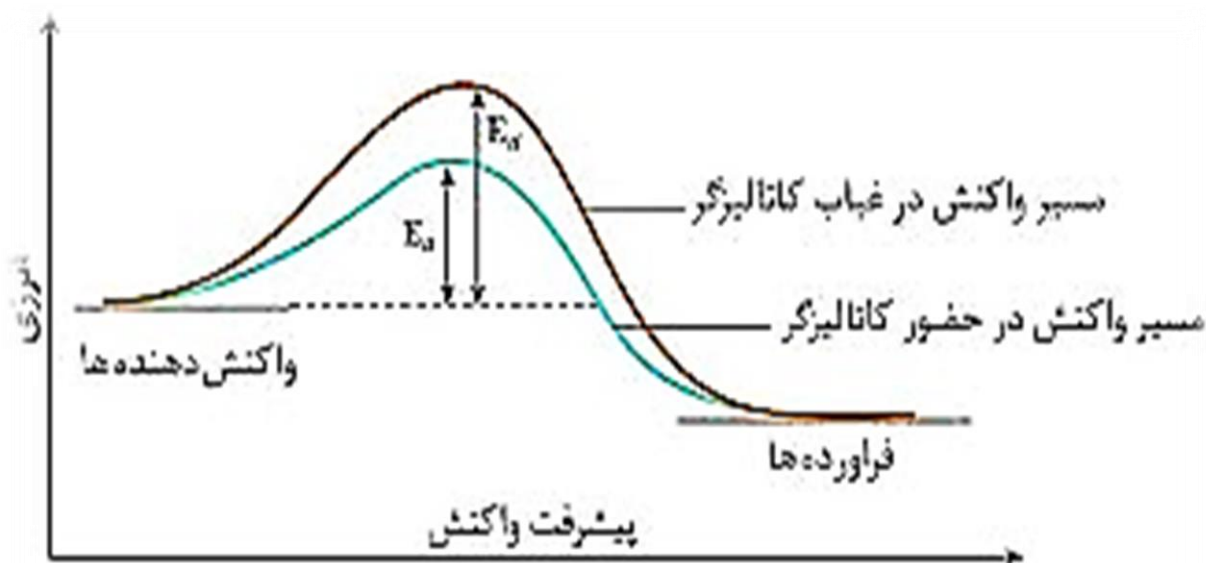
* کاتالیزگرها سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می دهند اما نمی توانند همه واکنش ها را سرعت بخشند معمولاً هر کاتالیزگر بصورت اختصاصی و انتخابی عمل می کنند .

* در حضور کاتالیزگر نباید واکنش های ناخواسته دیگری انجام گیرد .

* همچنین کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد تا از بین نرود.

مکانیزم عمل کاتالیزگر

کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش انرژی فعال سازی را کاهش داده و باعث می شود واکنش دهنده ها سریعتر به فراورده ها تبدیل شوند در واقع با استفاده از کاتالیزگر قله مربوط به نمودار انرژی پیشرفت واکنش پایین تر خواهد آمد.



شکل ۱۴ اثر کاتالیزگر بر مسیر انجام شدن یک واکنش

آنچه یک کاتالیزگر می تواند کاهش دهد:

۱- انرژی فعال سازی واکنش

۲- انرژی ذره ای تشکیل دهنده در قله نمودار انرژی پیشرفت

۳- زمان انجام واکنش

آنچه یک کاتالیزگر می‌تواند افزایش دهند:

۱- سرعت واکنش

۲- پایداری ذره تشکیل شده در قله نمودار انرژی پیشرفت

آنچه یک کاتالیزگر نمی‌تواند تغییر دهد:

۱- ساعت انرژی واکنش دهنده ها و فرآورده‌ها

۲- تغییر آنتالپی واکنش

۳- نمودار نهایی فرآورده

۴- تبدیل یک واکنش غیر خود به خودی به خود به خودی

بررسی واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن

واکنش مخلوط گازهای هیدروژن و اکسیژن به شدت انفجاری و خطرناک است ، اما جالب اینجاست که می‌توان این مخلوط را در دمای اتاق برای مدتی طولانی نگه داشت ، بدون اینکه میان این دو گاز واکنشی اتفاق بیفتد . دلیل این مسئله بالا بودن سطح انرژی فعالسازی واکنش است که در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر یا جرقه در مخلوط واکنش انجام نمی‌شود و سرعت واکنش ناچیز است.

برای تامین انرژی فعالسازی واکنش و انجام واکنش بالا دو روش پیشنهاد می‌شود:

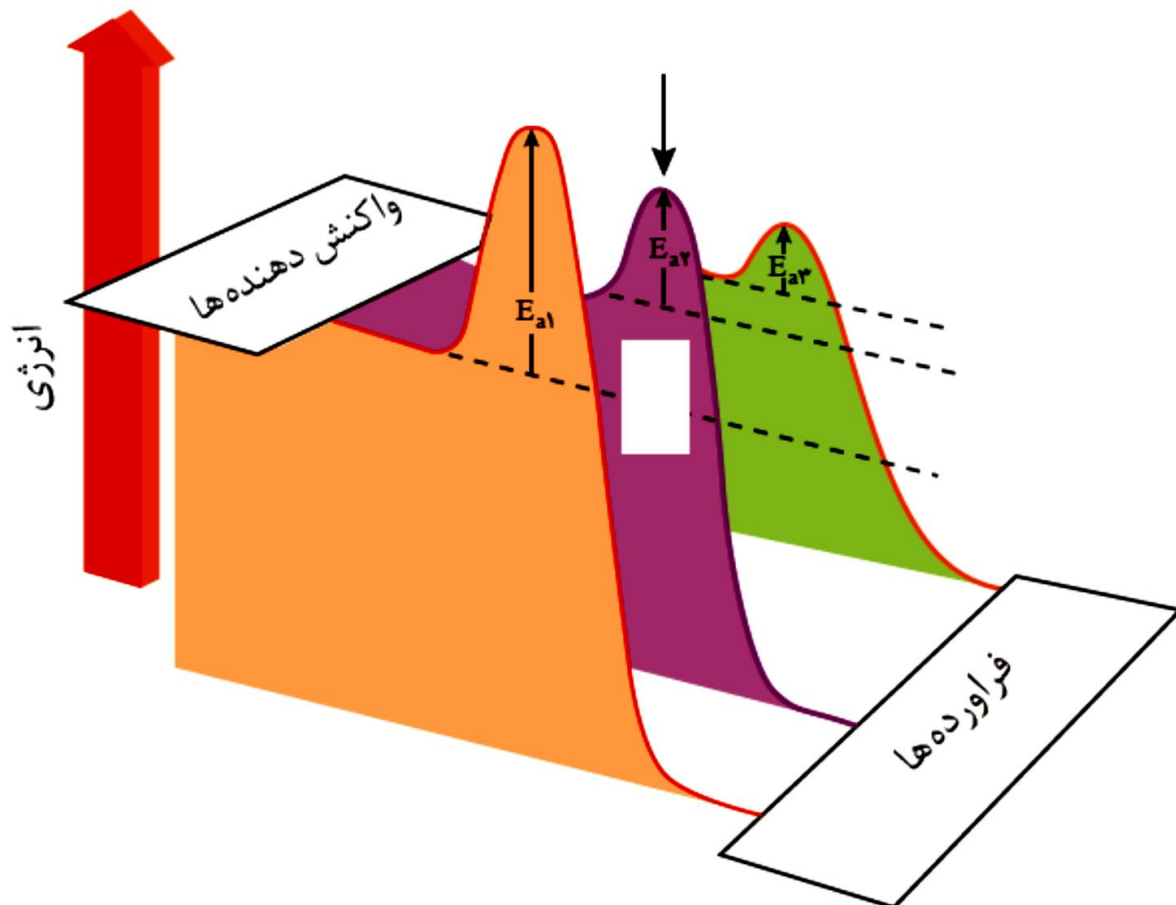
روش اول:

استفاده از جرقه در مخلوط این دو گاز ، جهت تأمین انرژی فعالسازی واکنش که این مسئله باعث می‌شود واکنش به صورت انفجاری انجام پذیرد .

روش دوم:

استفاده از کاتالیزگر به منظور کاهش سطح انرژی فعالسازی واکنش ، تا واکنش در دمای اتاق انجام پذیرد . برای انجام این واکنش می‌تواند از دو کاتالیزگر پودر روی یا توری پلاتینی استفاده کرد . پودر روی سرعت واکنش میان هیدروژن و اکسیژن را در دمای اتاق بالا برده تا واکنش سریع انجام پذیرد ، این در حالی است که توری پلاتینی می‌تواند انرژی فعالسازی واکنش را به قدری کاهش دهد تا در دمای اتاق واکنش به صورت انفجاری انجام پذیرد

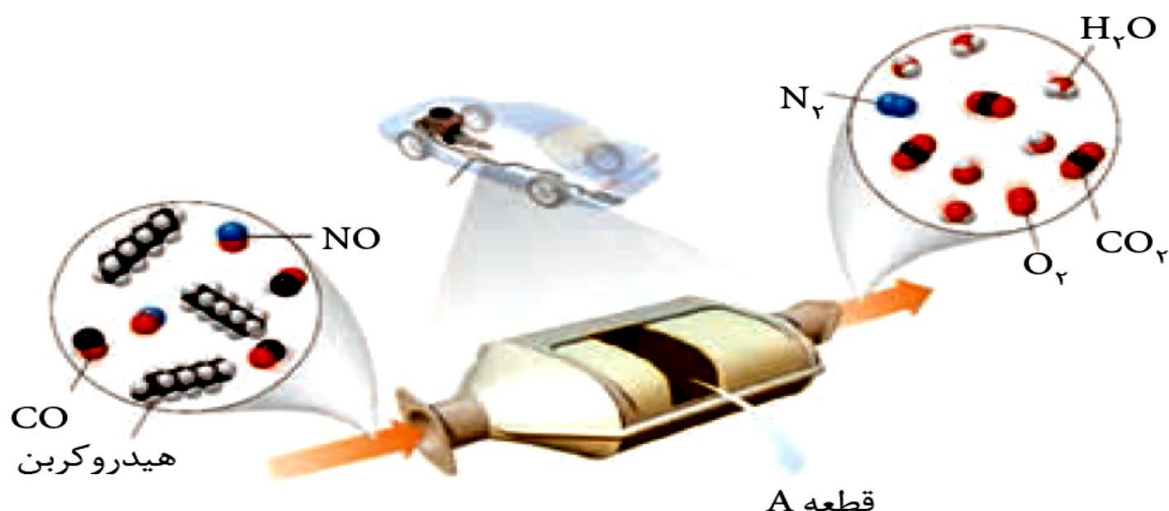
شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲



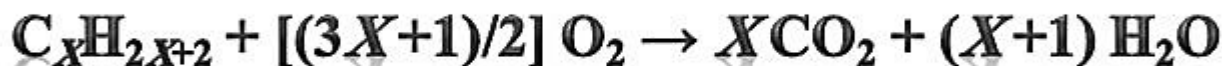
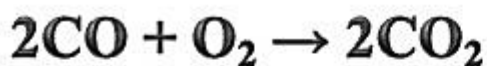
توجه!!! کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشبیه کرد که تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود مسافران زودتر به مقصد برسند. کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش انرژی فعال سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش دهنده‌ها سریعتر به فرآورده‌ها تبدیل شوند.

مبدل های کاتالیستی

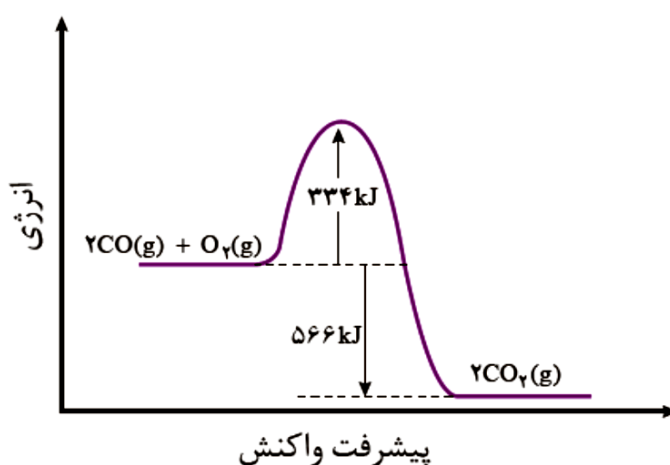
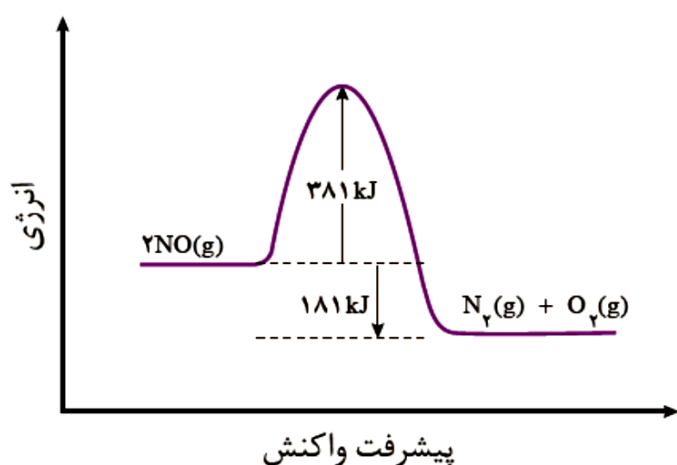
گازهای آلاینده خروجی از اگزوز خودروها مانند کربن مونوکسید CO نیتروژن مونوکسید NO و هیدروکربنهای واکنش نداده C_xH_y در کسری از ثانیه از موتور خارج می‌شوند، وارد هواکره شده و دمای آنها نیز در همین زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد. برای کاهش یا حذف آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند که به آن **مبدل کاتالیستی** گویند.



شیمییدانها پیشنهاد کرده اند که برای حذف آلاینده ها ، بهترین راه ، تبدیل آنها به مواد بی خطر قبل از خروج از اگزوز خودرو است. به همین دلیل واکنش های زیر را برای حذف آلاینده ها پیشنهاد نموده اند .



متاسفانه انرژی فعالسازی این واکنش ها بالاست و در دماهای پایین انجام نمی شوند یا بسیار کند انجام می پذیرد.

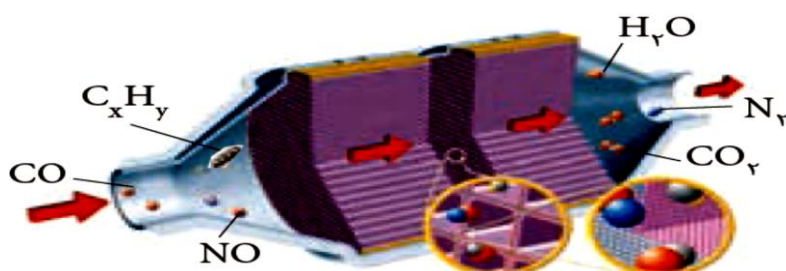


برای انجام پذیر نمودن این واکنش ها ، یا باید دمای مورد نیاز آنها را تامین کرد که تامین دمای مورد نیاز آنها تقریباً غیر ممکن است و یا با استفاده از کاتالیزگر انرژی فعالسازی واکنش را کاهش داده و در نتیجه سرعت انجام آن را افزایش دهیم . **در واقع با کاتالیزگر می توان واکنش را در دمای پایین تری انجام داد.**

سرانجام فلز رودیوم (Rh)، پالادیوم (Pd) و پلاتین (Pt) به عنوان کاتالیزگرهای این واکنش ها انتخاب شدند .

اگر این کاتالیزگرها را با استفاده از قطعه های مناسب در مسیر خروجی گاز ها در اگزوز خودرو قرار دهیم واکنش های مورد نظر ما با وجود پایین بودن دما با سرعت های مناسب و بالا انجام می شوند . این قطعه مبدل کاتالیستی نام دارد و می تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده ها شود.

برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه) های ریز درمی آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می نشانند تا به این ترتیب سطح تماس مواد واکنش دهنده کاتالیزگر را افزایش دهند و سرعت واکنش نیز به تبع آن افزایش یابد.

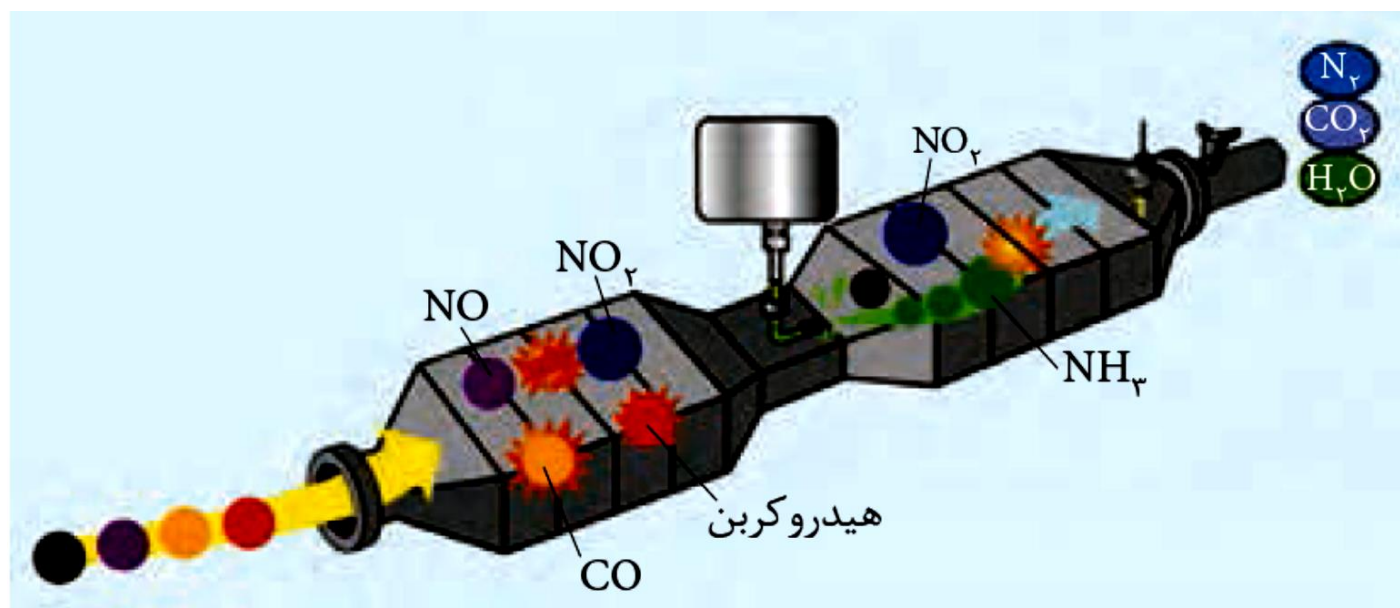


توجه مبدل های کاتالیستی در دماهای پایین کارایی خود را از دست می دهند و برای کارکرد مناسب باید دمای آنها به مقدار مشخصی رسیده باشد . در واقع باید مبدل کاتالیستی گرم شده و به دمای مناسب برسد به همین دلیل در روزهای سرد زمستان در گازهای خروجی از اگزوز خودروها آلاینده های همیشگی بیشتر مشاهده می شوند.

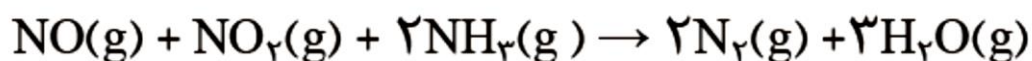
راهکار: در خودروهای امروزی با باز کردن سوئیچ خودرو قبل از روشن کردن ، گرمکن های الکتریکی کاتالیزگر ها را به دمای مورد نظر می رسانند تا پس از روشن کردن خودرو مقدار آلاینده ها از خروجی اگزوز به کمترین مقدار ممکن برسد.

مبدل کاتالیستی برای خودروهای دیزلی

مبدل های کاتالیستی توضیح داده شده مربوط به خودروهای بنزینی است بررسی ها نشان می دهد که با استفاده از این نوع مبدل ها نمی توان گازهای نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی اکسید خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد بنابراین ضروری است برای حل این مشکل مبدل ویژه این نوع خودرو طراحی گردد:



در این مبدل ابتدا با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر گازهای آلاینده نیتروژن دار به گاز نیتروژن و بخار آب تبدیل می شوند.

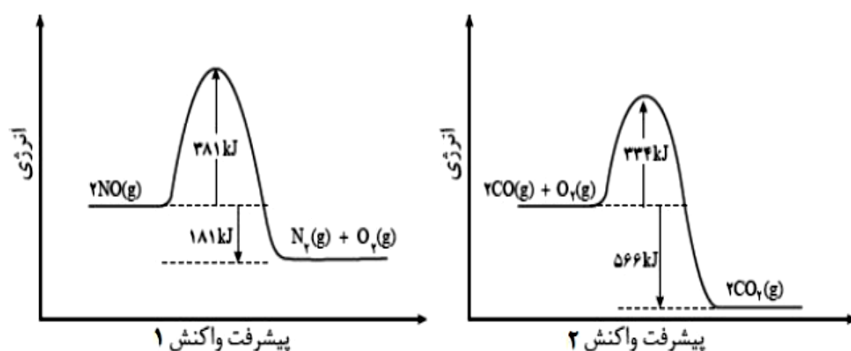


سوالات امتحانات نهایی بخش اول

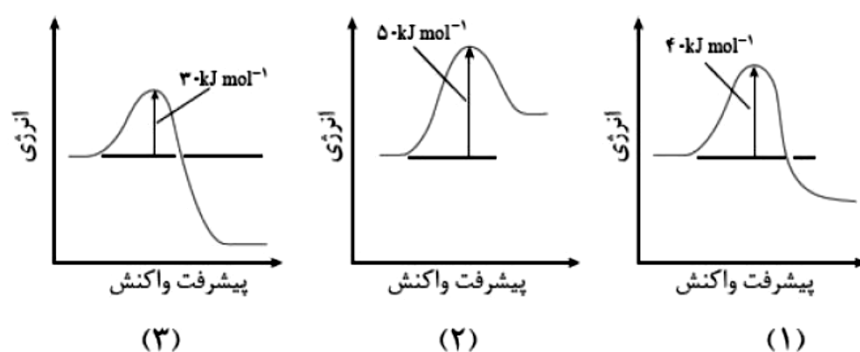
درستی یا نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارتهای نادرست را بنویسید.
 * (آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می شود.

در هر مورد عبارت درست را کامل کنید.

* (آ) کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ انرژی فعالسازی، سرعت واکنش را $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می دهد، اما آنتالپی واکنش $\frac{\text{ثابت می ماند}}{\text{افزایش می یابد}}$.



با توجه به نمودارهای زیر پاسخ دهید.
 (آ) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان بیش تر است؟ چرا؟
 (ب) آنتالپی واکنش (۱) چند کیلوژول است؟
 (پ) واکنش (۲) گرماده یا گرماگیر است؟

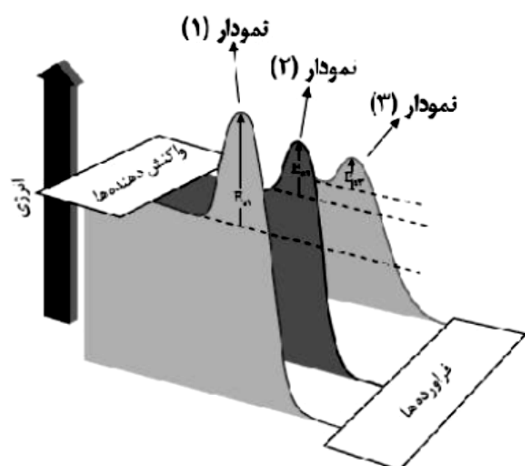


با توجه به نمودارهای زیر پاسخ دهید.
 (آ) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان بیش تر است؟ چرا؟
 (ب) واکنش (۲) گرماده یا گرماگیر است؟
 دلیل بنویسید.

شرایط واکنش	دما (°C)	سرعت واکنش
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز
در حضور پودر روی	۲۵	سریع
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری

با توجه به جدول زیر که مربوط به واکنش گازی میان گازهای هیدروژن و اکسیژن در شرایط گوناگون است، به پرسش ها پاسخ دهید.

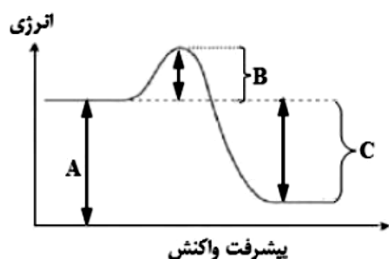
(آ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟
 (ب) کدام نمودار زیر مربوط به تغییرات انرژی واکنش در حضور توری پلاتینی است؟ دلیل بنویسید.
 (پ) آیا آنتالپی واکنش در صورت استفاده از پودر روی تغییر می کند؟



درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل صحیح عبارت‌های نادرست را بنویسید.
 (آ) در مبدل‌های کاتالیستی برای بیشتر شدن سطح کاتالیست، سرامیک را به صورت دانه‌های ریز درمی‌آورند تا بازدهی افزایش یابد. *

در هر مورد از بین دو واژه داده شده، واژه مناسب را انتخاب کرده و در پاسخ‌نامه بنویسید.
 (آ) پژوهشگران در خودروهای دیزلی از گاز « $\frac{\text{NH}_3}{\text{NO}}$ » برای حذف آلاینده‌ها استفاده می‌کنند. *

با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

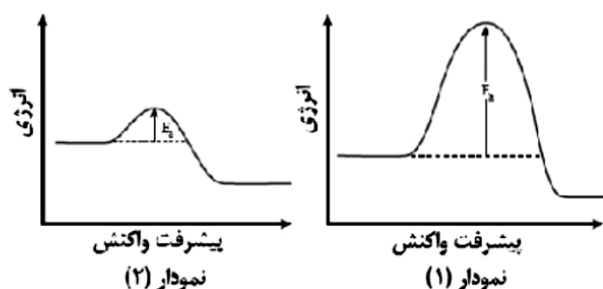


- (آ) کدامیک از حروف «A، B یا C» آنتالپی واکنش را نشان می‌دهد؟
 (ب) در حضور کاتالیزگر کدام یک از قسمت‌های «A، B یا C» تغییر می‌کند؟ چرا؟
 (پ) این نمودار به کدامیک از فرآیندهای زیر مربوط است؟ چرا؟
 (انحلال آمونیوم نیترات - سوختن کربن مونوکسید)

درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.
 (آ) هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد. *

در هر مورد عبارت درست را کامل کنید.

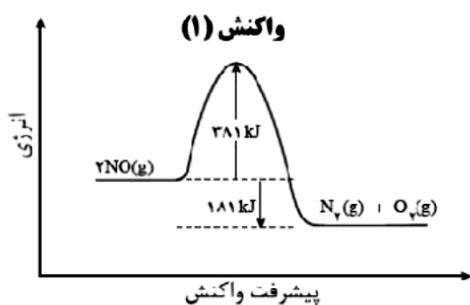
(آ) کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌دهد، اما آنتالپی واکنش $\frac{\text{ثابت می‌ماند}}{\text{افزایش می‌یابد}}$. *



پاسخ دهید.

(آ) فسفر سفید بر خلاف هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد.
 کدام نمودار به واکنش سوختن فسفر سفید مربوط است؟ چرا؟

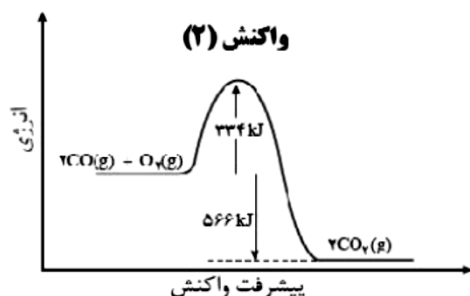
با توجه به نمودارهای واکنش (۱ و ۲) به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) انرژی فعال‌سازی «واکنش ۱» را تعیین کنید.

(ب) چرا این واکنش‌ها در دماهای پایین انجام نمی‌شوند یا بسیار کند هستند؟

(پ) کدام واکنش گرمای بیشتری آزاد می‌کند؟ چرا؟

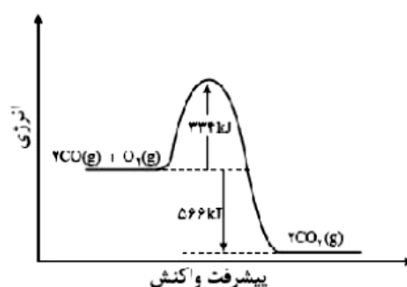


(ت) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



واکنش (۲)



واکنش (۱)

آ) واکنش (۲) گرماده یا گرماگیر است؟ دلیل بنویسید.

ب) در شرایط یکسان سرعت واکنش (۱) بیشتر است یا سرعت واکنش (۲)؟ چرا؟

* پ) آنتالپی واکنش (۱) چه قدر است؟

* درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را تعیین کرده و در صورت نادرست بودن شکل درست آن را در پاسخ نامه بنویسید.

در واکنش‌های شیمیایی، با استفاده از کاتالیزگر آنتالپی واکنش افزایش می‌یابد.

در هر مورد از بین دو واژه داده شده، واژه مناسب را انتخاب کرده و در پاسخنامه بنویسید.

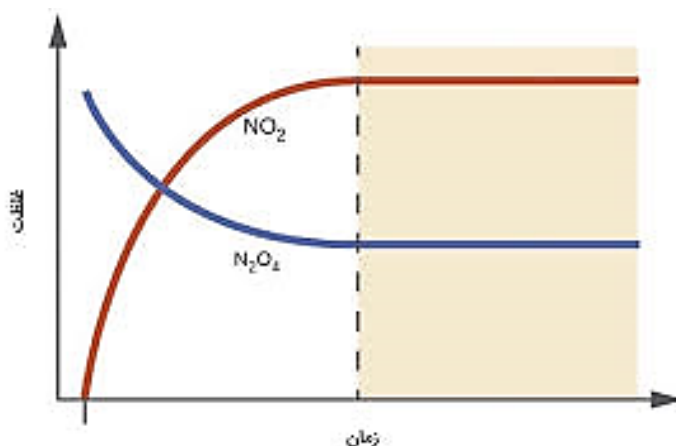
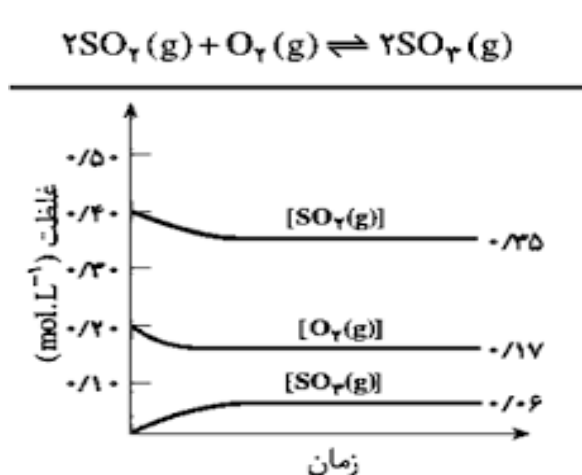
* آ) آلاینده NO موجود در آگزوز خودروها پس از عبور از مبدل کاتالیستی به شکل « $\frac{NO_2}{N_2}$ » خارج می‌شود.

بخش دوم

واکنش های تعادلی و تولید آمونیاک

واکنش های برگشت پذیر تعادلی

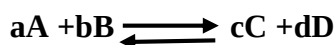
واکنش های برگشت پذیر آندسته از واکنش هایی هستند که می توانند در هر دو جهت رفت و برگشت انجام شود. این نوع واکنش ها در شرایط مناسب همزمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می شوند، تا اینکه سرانجام لحظه ای فرا می رسد که **غلظت واکنش دهنده ها و فرآورده ها ثابت می ماند** این ویژگی تنها زمانی رخ می دهد که **سرعت واکنش رفت با برگشت برابر شود**، زیرا در این زمان هر مقداری از فرآورده ها که در واحد زمان تولید می شود همزمان به همان مقدار از آنها مصرف می شود برای واکنش دهنده ها نیز چنین است در شیمی به چنین سامانه هایی سامانه تعادلی گویند.



برای هر واکنش تعادلی کمیتی به نام ثابت تعادل (K) تعریف می شود. ثابت تعادل معیاری برای میزان پیشرفت واکنش است. تولید فرآورده بیشتر در شرایط معین به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد، به طوری که هرچه ثابت تعادل واکنشی بیشتر باشد نشان دهنده پیشرفت بیشتر واکنش بوده در نتیجه درصد بیشتری از واکنش دهنده ها به فرآورده ها تبدیل می شوند.

>> ثابت تعادل هر واکنش برابر است با حاصل ضرب غلظت مولی فرآورده ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری آنها تقسیم بر حاصل ضرب غلظت مولی واکنش دهنده ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری آنها در معادله موازنه شده واکنش <<.

به عنوان مثال واکنش فرضیه زیر را در نظر بگیرید:



در این واکنش عبارت ثابت تعادل به صورت زیر نوشته می شود:

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

نکاتی درباره ثابت تعادل

در این رابطه فقط غلظت های تعادلی مواد نوشته می شود و غلظت مواد پیش از رسیدن به لحظه تعادل به هیچ عنوان جایگذاری نخواهد شد .

مقدار عددی K می تواند بسیار کوچک 10^{-10} یا بسیار بزرگ 10^{10} باشد .

در نوشتن عبارت K ثابت تعادل مواد جامد (S) و مایع خالص (l) در رابطه نوشته نمی شوند و فقط مواد دارای فاز گاز و محلول نوشته خواهند شد.

مقدار K ثابت تعادل در یک واکنش تنها به دمای واکنش بستگی دارد و هیچ عامل دیگری مانند حجم ظرف و غلظت مواد و فشار سامانه تاثیری بر ثابت تعادل نخواهد داشت .

اگر واکنش با سرعت مناسب انجام شود در اصطلاح می گویند این واکنش از لحاظ سینتیکی مساعد است و اگر به کندی انجام شود یعنی انرژی فعالسازی زیادی داشته باشد می گویند از لحاظ سینتیکی نامساعد است .

اگر در یک واکنش تعادلی مقدار ثابت تعادل بزرگ باشد به این معنی است که، مقدار قابل توجهی از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل می شوند . در این حالت می گوئیم واکنش پیشرفت خوبی داشته است . اما اگر مقدار ثابت تعادل کوچک باشد به این معنی است که مقدار کمی از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل شده است و در واقع واکنش پیشرفت مناسبی نداشته است .

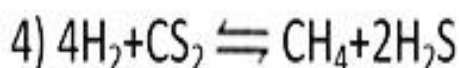
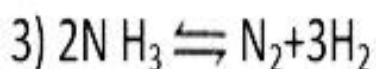
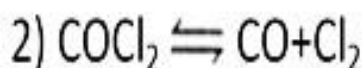
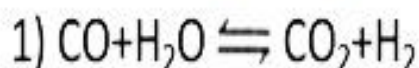
سرعت یک واکنش تعادلی تعیین کننده زمان رسیدن سامانه به تعادل است اما بر میزان پیشرفت واکنش تاثیری ندارد بلکه میزان پیشرفت واکنش تنها به ثابت تعادل واکنش بستگی دارد.

واحد ثابت تعادل

برای دانستن یکای ثابت تعادل لازم است عبارت ثابت تعادل را نوشته و سپس به جای غلظت تعادلی هرگونه ایکس قرار دهیم با ساده کردن صورت و مخرج عبارت در نهایت به عبارتی از ایکس خواهیم رسید کافیهست در پایان به جای ایکس واحد غلظت مولار قرار داده شود تا واحد ثابت تعادل به دست آید:

یکای ثابت تعادل فرایند های زیر را تعیین نماید:

واکنش



انواع مسائل ثابت تعادل

نوع اول: تعیین ثابت تعادل با کمک غلظت‌های تعادلی

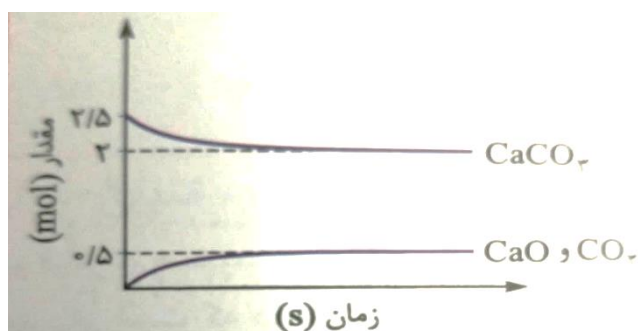
این شکل از مسائل ساده‌ترین نوع مسائل ثابت تعادل هستند، که در آن غلظت‌های تعادلی گونه‌های مختلف به ما داده خواهد شد و کافیت با توجه به واکنش تعادلی عبارت ثابت تعادل را نوشته و غلظت تعادلی گونه‌های مختلف را در آن قرار داده و عبارت ثابت تعادل را محاسبه کنیم.

مثال

اگر پس از برقراری تعادل $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{200\text{ atm و } 450^\circ\text{C و } Fe(s)} 2NH_3(g)$ در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد غلظت گاز نیتروژن، گاز هیدروژن و گاز آمونیاک به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۲ و ۰/۰۳ مول بر لیتر باشد مقدار عددی ثابت تعادل را محاسبه کنید؟

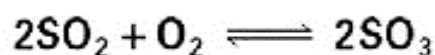
مثال

نمودار زیر مربوط به تغییر مقدار مواد شرکت کننده در تعادل $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ در یک ظرف دو لیتری است مقدار عددی ثابت تعادل را محاسبه کنید.



مثال

اگر تعادل زیر در یک ظرف یک لیتری انجام گیرد و مقدار گوگرد دی اکسید گوگرد تری اکسید و اکسیژن به ترتیب ۳/۲، ۱/۲۸ و ۳/۲ گرم باشد، مقدار ثابت تعادل را محاسبه کنید.



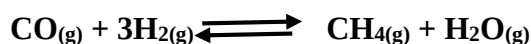
مثال

مقدار معینی NOCl و O_2 را در ظرفی سربسته قرار می دهیم تا تعادل زیر برقرار شود ، اگر در حالت تعادل غلظت گاز اکسیژن یک پنجم غلظت NOCl و $1/4$ غلظت NO_2 باشد ثابت تعادل را محاسبه کنید.



مثال

مقداری از گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن را در ظرفی به حجم ۴ لیتر قرار می دهیم تا تعادل زیر برقرار شود اگر در هنگام تعادل مقدار 0.5 مول گاز متان، 0.2 مول گاز هیدروژن و 0.4 مول گاز کربن مونوکسید در مخلوط وجود داشته باشد ثابت تعادل را محاسبه کنید.



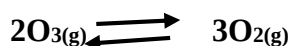
نوع دوم: تعیین غلظت های تعادلی با کمک ثابت تعادل

در این دسته از مسائل ثابت تعادل را به ما می دهند و غلظت های تعادلی مواد را از ما می خواهند.

در حل این دسته از مسائل نیز کافیسست عبارت ثابت تعادل را نوشته و داده های مسئله را هر یک در جای خود قرار دهیم سپس مجهولات موجود در رابطه به سادگی قابل محاسبه خواهد بود.

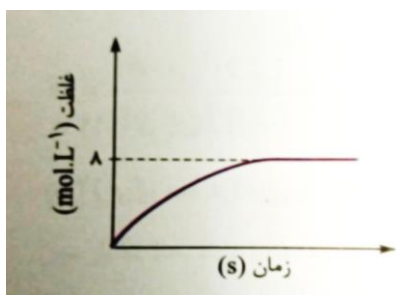
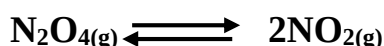
مثال

اگر مقدار عددی ثابت تعادل واکنش زیر در شرایط محیطی آن برابر $43/2$ و غلظت اکسیژن در حالت تعادل $1/2$ مول بر لیتر باشد غلظت تعادلی اوزون را محاسبه کنید.



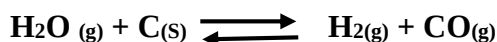
مثال

ثابت تعادل در شرایط معین در ظرف یک لیتری برابر با ۸ می باشد با توجه به نمودار روبرو غلظت تعادلی N_2O_4 را محاسبه کنید.



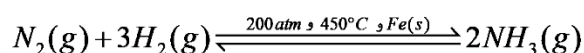
مثال

اگر تعادل زیر در یک ظرف سربسته دو لیتری برقرار باشد و ثابت تعادل آن ۱۰ باشد و در این حالت مقدار H_2CO یکسان و برابر ۳/۰ مول باشد ، غلظت بخار آب در این تعادل چند مول بر لیتر است؟



مثال

اگر در تعادل گازی زیر ثابت تعادل برابر ۳۲ باشد و در ظرف واکنش ۸ مول آمونیاک ۲ مولکول هیدروژن ۴ مول گاز نیتروژن داشته باشیم حجم ظرف واکنش را بر حسب لیتر محاسبه کنید .

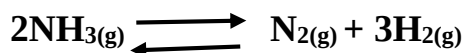


نوع سوم: هنگامی که غلظت های اولیه مواد موجود در واکنش داده میشود و ثابت تعادل محاسبه می گردد .

در حل این دسته از مسائل جدولی طراحی می شود که بر اساس واکنش تعادلی و اطلاعات داده شده در مسئله جدول را کامل کرده تا در نهایت غلظت تعادلی مواد محاسبه گردد.

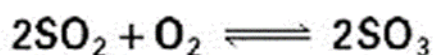
مثال

۱/۰ مول آمونیاک را در دمای معین در ظرف سربسته ده لیتری قرار می دهیم تا تعادل زیر برقرار شود غلظت آمونیاک پس از رسیدن به تعادل برابر ۲/۰۰۰ مولار می باشد ، ثابت تعادل در این دما را محاسبه کنید .



مثال

تعادل گازی زیر از قرار دادن ۶ مول SO_2 و ۵ مول O_2 در یک ظرف سربسته ۵ لیتری در دمای ثابت حاصل شده است . اگر مجموع شمار مول های موجود در ظرف در هنگام تعادل برابر باد ده مول باشد ثابت تعادل واکنش را محاسبه کنید.

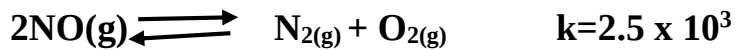


نوع چهارم: هنگامی که ثابت تعادل را به ما می دهند غلظت های اولیه مواد را از ما می خواهند .

در حل این دسته از مسائل ابتدا با کمک ثابت تعادل غلظت های تعادلی را محاسبه کرده و سپس با تشکیل جدولی مانند مسائل نوع سوم تغییرات غلظت مواد را به دست آورده و با کمک آن غلظت مواد اولیه را محاسبه خواهیم کرد.

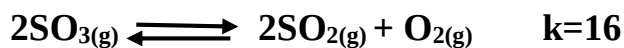
مثال

اگر مقداری گاز NO را در یک ظرف سربسته ۴ لیتری گرما دهیم تعادل گازی زیر برقرار گردد و در حالت تعادل مقدار ۰/۰۰۴ مول گاز NO باقی مانده باشد مقدار اولیه این گاز چند گرم بوده است؟



مثال

۶ مول SO₃ را در ظرفی به حجم معین قرار می دهیم تا تعادل زیر برقرار گردد . اگر در هنگام تعادل تعداد مولهای SO₃ و O₂ با هم برابر باشند حجم ظرف بر حسب لیتر را محاسبه کنید.



تولید فراورده بیشتر در شرایط معین به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد و تعیین درصد پیشرفت یک واکنش بر مبنای واکنش دهنده ها از طریق فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$\text{درصد پیشرفت بر مبنای واکنش دهنده} = \frac{\text{مقدار مصرف شده واکنش دهنده}}{\text{مقدار آغازی واکنش دهنده}} * 100$$

همچنین درصد پیشرفت یک واکنش را می توان بر مبنای فرآورده ها نیز از طریق فرمول زیر محاسبه کرد:

$$100 * \frac{\text{مقدار تولید شده فراورده پس از برقراری تعادل}}{\text{مقدار تولید شده فراورده در کامل صورت انجام شدن واکنش}} = \text{درصد پیشرفت بر مبنای فراورده}$$

به طور کلی درصد پیشرفت یک واکنش تعادلی را می‌توان بر حسب هر یک از واکنش دهنده ها یا فراورده ها به دست آورد و مقدار محاسبه شده در همه موارد یکسان است.



شیمیدان ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که در آن واکنش دهنده ها تا حد ممکن به فراورده ها تبدیل شده باشند یعنی میزان تولید فراورده ها را تا حد ممکن افزایش دهند.

هنری لوشاتلیه در سال ۱۸۸۴ با ارائه اصل لوشاتلیه عوامل تاثیر گذار بر میزان پیشرفت واکنش را مورد بررسی قرارداد تا با کمک این اصل میزان پیشرفت واکنش های تعادلی در یکی از جاده های رفت یا برگشت قابل پیش بینی باشد.

اصل دوش لوشاتلیه

بر اساس این اصل <<چنانچه عاملی موجب بر هم زدن حالت تعادل یک سامانه تعادلی شود تعادل در جهتی جابجا می شود که با عامل مزاحم تغییر ایجاد شده مقابله کند و تا آنجا که امکان دارد اسرار آن را جبران تعدیل کند>>.

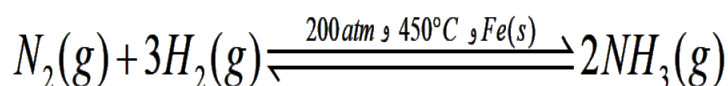
حال به بررسی اصل لوشاتلیه در تغییرات غلظت ، فشار و دما می پردازیم.

تغییرات غلظت و اصل لوشاتلیه

اگر در یک سامانه در حال تعادل غلظت یکی از مواد شرکت کننده در تعادل تغییر کند (افزایش یا کاهش یابد) طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت جبران این تغییر جابجا خواهد شد.

چنانچه غلظت ماده ای افزایش یافته باشد ، طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت مصرف شدن آن ماده اضافه شده حرکت خواهد کرد و چنانچه غلظت ماده ای کاهش یابد تعادل در جهتی جابه جا خواهد شد که غلظت کاهش یافته افزایش یابد .

بعنوان مثال در تعادل زیر

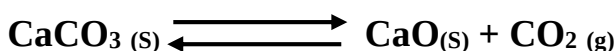


اگر مقداری NH_3 به ظرف واکنش اضافه کنیم با افزایش غلظت آمونیاک تعادل در جهت مصرف آن یعنی در جهت برگشت جابجا خواهد شد ، بنابراین در تعادل جدید غلظت گاز نیتروژن و گاز هیدروژن افزایش خواهد یافت .

حال اگر مطلوب ما افزایش غلظت آمونیاک باشد ، می‌توانیم آمونیاک را از ظرف واکنش خارج کنیم تا به این ترتیب با کاهش غلظت آمونیاک تعادل در صدد جبران این کاهش برآید و واکنش در جهت رفت و جابجا گردد . همچنین اگر غلظت گاز هیدروژن و گاز نیتروژن را افزایش دهیم تا طبق اصل لوشاتلیه تعادل برای مصرف کردن این گازها در جهت رفت جابجا شده و به این ترتیب نیز غلظت آمونیاک افزایش یابد.

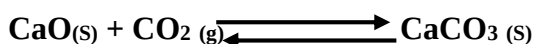
نکته: تغییرات غلظت بر مقدار عددی ثابت تعادل اثری ندارد.

توجه!!! تغییر مقدار مواد جامد یا مایع خالص تاثیری بر جابجایی تعادل ندارد ، زیرا غلظت این مواد در دمای ثابت مقدار ثابتی است و آنچه بر تعادل اثر گذار است غلظت مواد است نه مقدار مواد . به عنوان مثال در تعادل زیر با اضافه کردن مقداری CaO تعادل هیچ تغییری نمی کند.



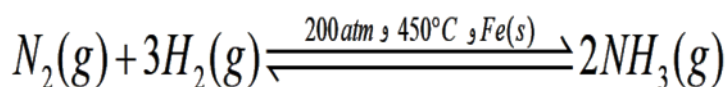
نکته: با اضافه کردن اسید به یک محلول بازی و یا اضافه نمودن باز به یک محلول اسیدی غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در این محلول ها کاهش می یابد. همچنین با اضافه کردن آنیون یا کاتیونی به یک محلول که با آنیون ها و کاتیون های موجود در محلول رسوب تولید کند غلظت این یون ها هم در تعادل کم می شود در این صورت تعادل به منظور جبران کاهش این یونها در جهت تولید آنها جابجا می شود.

نکته: تغییر ایجاد شده بر یک تعادل معمولاً به طور کامل از بین نمیروود ، چنانچه در تعادلی ثابت تعادل تنها به غلظت یک ماده وابسته باشد و در دمای ثابت به این تعادل تغییر تحمیل شود آن تغییر کاملاً جبران شده و تعادل دقیقاً به حالت اولیه باز می گردد.



مثال

فرض کنید در محفظه‌ای به حجم ۱ لیتر تعادل زیر در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد برقرار است و در لحظه تعادل ۰/۱۴ مول NH_3 ، همچنین ۰/۷ مول N_2 و ۰/۵ مول H_2 وجود دارد اگر در دمای ثابت ۰/۵ مول N_2 به سامانه تعادلی اضافه کنیم به سوالات زیر پاسخ دهید:



(الف) با افزودن گاز نیتروژن تعادل در چه جهتی پیش می رود تا به تعادل جدید برسد؟ چرا؟

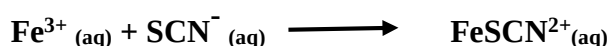
(ب) اگر بدانیم در تعادل جدید در ظرف واکنش ۰/۱۱ مول N_2 وجود دارد شمارمولهای آمونیاک و گاز هیدروژن را محاسبه کنید؟

(پ) ثابت تعادل واکنش را در تعادل اول و تعادل جدید محاسبه کرده با هم مقایسه کنید.

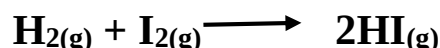
تغییرات فشار و اصل لوشاتلیه

قبل از بررسی تاثیرات فشار بر تعادل باید بررسی شود که آیا فشار بر تعادل موردنظر اثر گذار است یا خیر. دو شرط اساسی برای اثرگذاری تغییرات فشار بر سامانه تعادلی وجود دارد:

شرط اول: حداقل یکی از مواد شرکت کننده در تعادل گازی باشد.



شرط دوم: تعداد مولهای مواد گازی شکل در دو طرف تعادل با هم برابر نباشد.



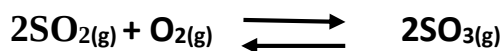
چنانچه باتوجه به شروط بالا تغییرات فشار بر واکنش تعادلی اثرگذار بود حال می توان به بررسی این تغییرات پرداخت.

طبق اصل لوشاتلیه اگر فشار بر یک سامانه تعادلی افزایش یابد سامانه در جهت تعداد مول گازی کمتر جابجا خواهد شد ، همچنین اگر فشار بر یک سامانه تعادلی کاهش یابد تعادل در جهت تعداد مول گازی بیشتر جابجا خواهد شد.

نکته : هنگامی که حجم یک سامانه را کاهش دهیم فشار افزایش خواهد یافت و بالعکس.

توجه!!! اگر حجم سامانه‌ای کاهش یابد غلظت همه مواد موجود در واکنش به دلیل کاهش حجم سامانه افزایش خواهد یافت.

نکته: با افزایش فشار که موجب کاهش حجم سامانه‌های گازی میشود سرعت واکنش های رفت و برگشت هر دو افزایش می‌یابد علت این امر افزایش غلظت و در نتیجه افزایش تعداد برخورد هاست. به عنوان مثال در تعادل زیر:



تعداد مول گازی در سمت راست واکنش کمتر است ، بنابراین چنانچه فشار سامانه افزایش یابد یا حجم سامانه کاهش یابد تعادل برای جبران تغییر اعمال شده طبق اصل لوشاتلیه در جهت رفت تعداد مول گازی کمتر جابجا می شود تا تغییر تحمیل شده را خنثی نماید و نتیجه غلظت گوگرد تری اکسید افزایش می یابد اما چنانچه فشار سامانه را کاهش دهیم یا حجم ظرف واکنش را افزایش دهیم طبق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت برگشت تعداد مول گازی بیشتر جابجا خواهد شد.

تغییر دما و اصل لوشاتلیه

قبل از بررسی تاثیر تغییرات دما بر روی یک واکنش تعادلی لازم است گرماده یا گرماگیر بودن واکنش را تعیین کنید.

چنانچه ΔH واکنشی منفی باشد و یا علامت Q در سمت راست واکنش قرار گرفته باشد به معنی گرماده بودن واکنش است.

همچنین اگر ΔH واکنشی مثبت باشد و یا علامت Q در سمت چپ واکنش قرار گرفته باشد به معنی گرماگیر بودن واکنش است.

هرگاه در یک سامانه در حال تعادل دما افزایش یابد طبق اصل لوشاتلیه برای جبران بالا رفتن دما تعادل در جهت مصرف گرما پیش می رود (خلاف جهت Q) و اگر دما کاهش یابد برای جبران کاهش دما تعادل در جهت تولید گرما پیش می رود (در جهت Q) به همین منظور به جدول زیر توجه نمایید.

واکنش گرماگیر (ΔH)	واکنش گرماده (ΔH)	
جابجایی تعادل به سمت چپ و کاهش ثابت تعادل	جابجایی تعادل به سمت راست و افزایش ثابت تعادل	کاهش دما
جابجایی تعادل به سمت راست و افزایش ثابت تعادل	جابجایی تعادل به سمت چپ و کاهش ثابت تعادل	افزایش دما

در میان عوامل موثر بر تعادل تنها دماست که می‌تواند ثابت تعادل را تغییر دهد.

(الف) در یک واکنش گرماده با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جا به جا می شود تا به این ترتیب مقدار فراورده ها در سامانه کاهش یابد این مسئله سبب خواهد شد که غلظت فراورده ها کم و غلظت واکنش دهنده ها افزایش یابد در نتیجه ثابت تعادل کوچک خواهد شد.

(ب) در یک واکنش گرماده با کاهش دما تعادل در جهت رفت جابجا خواهد شد تا به این ترتیب مقدار فراورده ها در سامانه افزایش یابد این مسئله سبب خواهد شد که غلظت فراورده ها افزایش و غلظت واکنش دهنده ها کاهش یابد در نتیجه ثابت تعادل بزرگ خواهد شد.

(پ) در یک واکنش گرماگیر با افزایش دما واکنش در جهت رفت جابجا خواهد شد تا به این ترتیب مقدار فراورده ها در سامانه افزایش یابد این مسئله سبب خواهد شد غلظت فراورده ها افزایش و غلظت واکنش دهنده ها کاهش یابد در نتیجه ثابت تعادل بزرگ خواهد شد.

(ت) در یک واکنش گرماگیر با کاهش دما واکنش در جهت برگشت جابجا خواهد شد تا به این ترتیب مقدار واکنش دهنده ها در سامانه افزایش یابد این مسئله سبب خواهد شد که غلظت فراورده ها کاهش و غلظت واکنش دهنده ها افزایش یابد در نتیجه ثابت تعادل کوچک خواهد شد.

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

می‌دانید که غذا به عنوان محور رشد و سلامتی یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به شمار می‌رود، اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت سبب شده، تامین غذا به یکی دیگر از چالش‌های زندگی تبدیل شود. بهترین راه حل 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 به طور مستقیم از هوا جذب کنند، از این رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن دار از جمله **آمونیاک و اوره** به خاک افزود در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

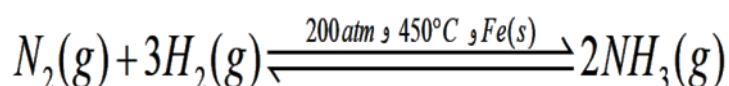
نکته: گیاهان برای رشد، افزون بر کربن دی اکسید و آب به عنصرهایی مانند گوگرد، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و... نیاز دارند.

واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه در دمای اتاق پیش نمی‌رود. زیرا این واکنش **علیرغم داشتن ثابت تعادل بزرگ به دلیل انرژی فعالسازی بسیار زیادی که دارد سرعت بسیار کندی خواهد داشت** که هرگز به تعادل نمی‌رسد به عبارت دیگر **واکنش از نظر ترمودینامیکی مساعد اما از نظر سینتیکی نامساعد است**. به همین دلیل واکنش در دمای اتاق اتفاق نمی‌افتد.

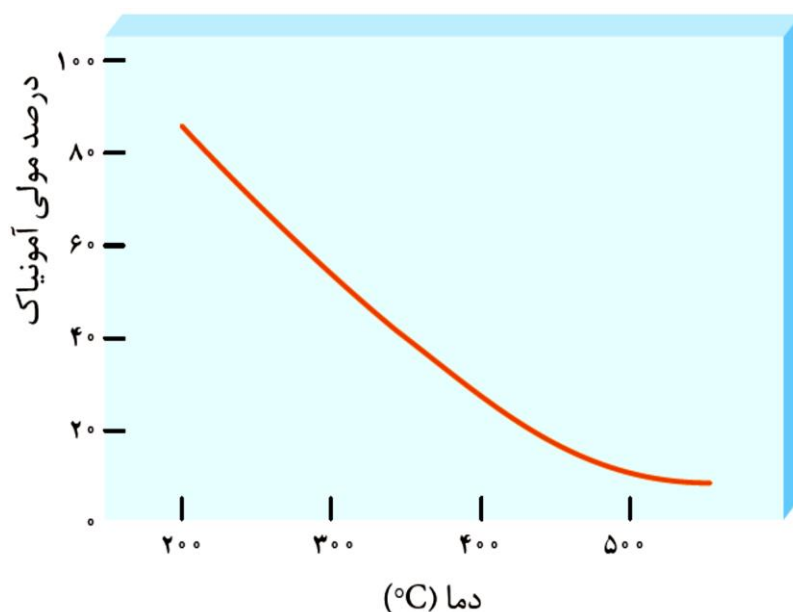
فریتس هابر شیمیدان مشهور آلمانی و همکارش بوش تلاش بسیاری در تهیه آمونیاک از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن انجام دادند تا سرانجام موفق به طراحی فرآیند تولید آمونیاک (فرایند هابر) شدند.

بررسی فرایند هابر

واکنش تولید آمونیاک یک واکنش گرما ده و تعادلی است.

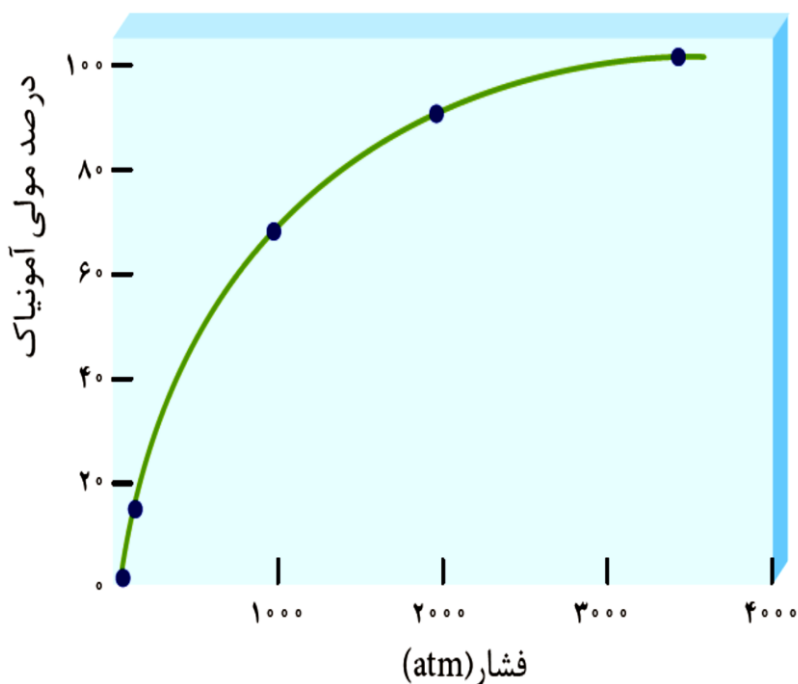


از آنجا که هدف اصلی در این فرآیند تولید بیشتر آمونیاک است هابر به این نتیجه رسید که **با افزایش فشار طبق اصل لوشاتلیه واکنش به سمت تعداد مول گازی کمتر یعنی تولید آمونیاک بیشتر جابجا خواهد شد** بنابراین با افزایش فشار، واکنش را افزایش داد.



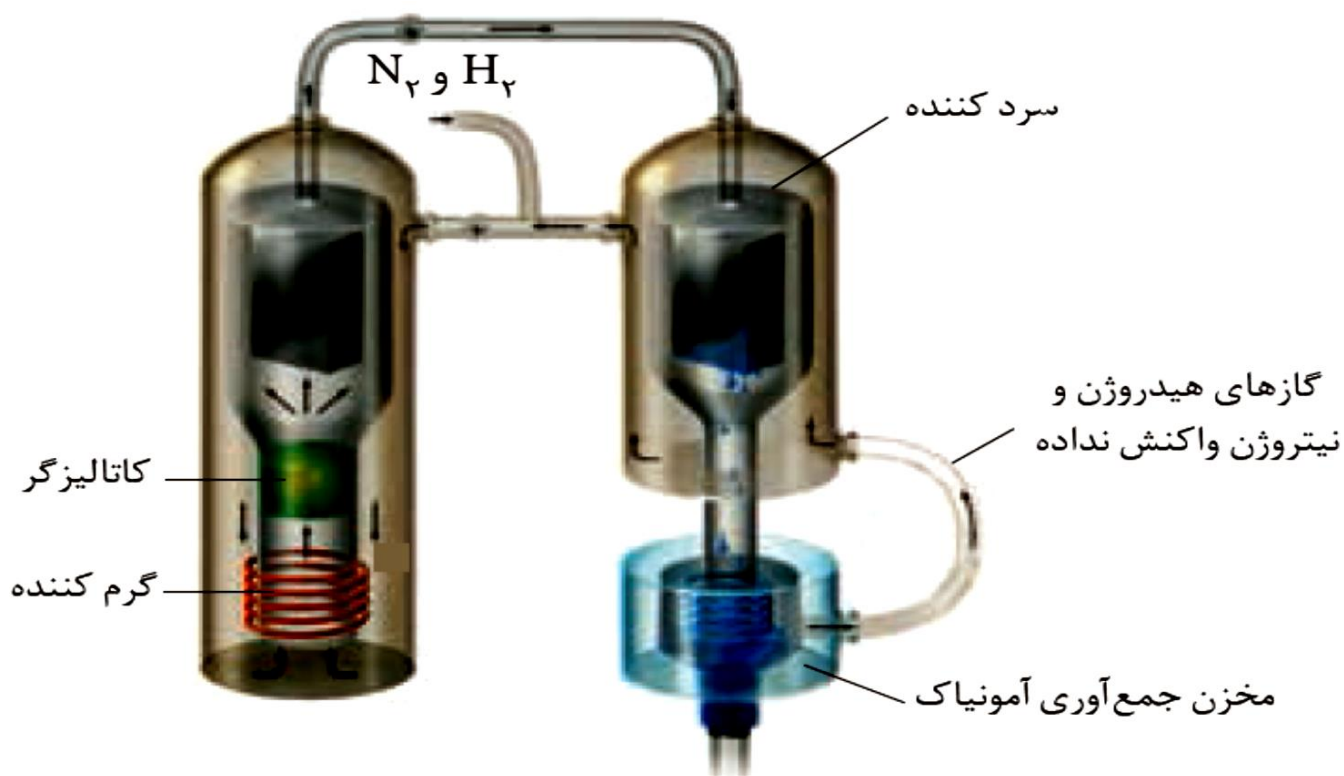
از طرف دیگر با افزایش فشار دمای گازها نیز افزایش خواهد یافت هر چند افزایش دما سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و در نتیجه سرعت برقراری تعادل را افزایش می‌دهد اما دماهای بالاتر برای این واکنش تعادلی مطلوب نبوده، زیرا به علت گرما ده بودن واکنش افزایش دما باعث می‌شد طبق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت برگشت جابجا شود در نتیجه ثابت تعادل و تولید آمونیاک کاهش می‌یابد.

هابر به منظور رفع این مشکل از یک کاتالیزگر استفاده کرد. او متوجه شد که **کاتالیزگر آهن** سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می دهد و به این ترتیب نیاز به بالا بردن بیش از اندازه دما نخواهد بود. در واقع کاتالیزگر کمک می کند که در دمای به نسبت کمتر این واکنش با سرعت مناسب انجام پذیرد. هابر واکنش تولید آمونیاک را در دمای **۴۵۰ درجه سانتیگراد** در حضور **کاتالیزگر آهن و فشار ۲۰۰ اتمسفر** انجام داد که تا حدی از اثر نامطلوب ترموشیمیایی دما کاسته شود. اما با هم با این وجود بازده واکنش تنها ۲۸ درصد تعیین شد.



طبق اصل لوشاتلیه اگر در واکنش های تعادلی فراورده های موجود در یک سامانه را دائماً خارج کنیم تعادل در جهت رفت جابه جا خواهد شد در نتیجه تا حدی به سمت کامل شدن پیش می رود به همین دلیل در فرایند هابر با مایع کردن گاز آمونیاک که به نسبت گاز های دیگر دمای جوش بالاتری دارد آمونیاک را به طور دائم از نظر واکنش خارج می کنند تا تعادل مدام به سمت تولید آمونیاک بیشتر جابجا شود همچنین گازهای نیتروژن و هیدروژن واکنش نداده را نیز مجدداً به ظرف واکنش وارد می کنند تا از این طریق نیست فرایند را به جابجا شدن در جهت ترغیب نمایند.

شکل زیر نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می دهد گاز نیتروژن و هیدروژن از بالای دستگاه وارد می شوند و در مخزن سمت چپ در حضور کاتالیزگر آهن و دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد با هم واکنش می دهند سپس آمونیاک به کمک سرد کننده مایع شده و در مخزن سمت راست جمع آوری می شود و گاز های واکنش نداده دوباره به مخزن سمت چپ بازگردانی می شوند تا با هم واکنش دهند.



* درستی یا نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارتهای نادرست را بنویسید.

در تعادل های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، ثابت تعادل واکنش (K) کاهش می یابد.

(ب) در تعادل گازی $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ با افزایش غلظت SO_2 ، تعادل در جهت برگشت جابجا می شود.

* در هر مورد عبارت درست را کامل کنید.

(آ) هنگامیکه در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد واکنش دهنده گازی در سامانه تعادلی کاهش یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{برگشت}}{\text{رفت}}$ پیش می رود تا به تعادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

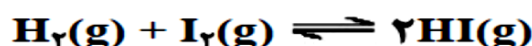
هنگامیکه در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در سامانه تعادلی کاهش یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{تولید}}{\text{مصرف}}$ آن تا حد امکان پیش می رود تا به تعادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

برای هریک از جمله های زیر دلیل بنویسید.

(آ) با کاهش حجم سامانه تعادلی $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ در دمای ثابت، مقدار فرآورده ها کاهش می یابد.

با کاهش حجم سامانه تعادلی $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$ در دمای ثابت، مقدار فرآورده ها افزایش می یابد.

با توجه به واکنش تعادلی زیر در دمای ثابت، با افزایش فشار بر سامانه تعادلی:

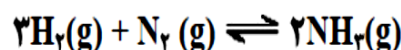


(آ) شمار مول های هیدروژن چه تغییری می کند؟ چرا؟

(ب) غلظت تعادلی هیدروژن دید چه تغییری می کند؟

(پ) ثابت تعادل چه تغییری می کند؟

نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



(آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری کرده است؟

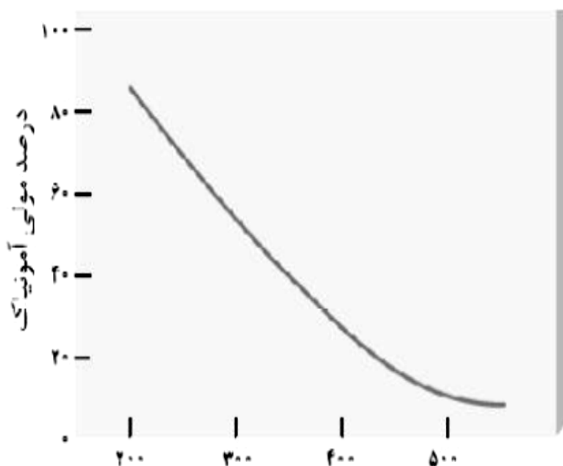
(ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

(پ) مقدار ثابت تعادل در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به

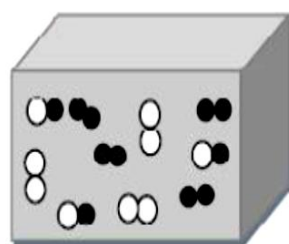
صورت زیر است.

$$K_1 = 6/2 \times 10^{-4}, \quad K_2 = 0/65, \quad K_3 = 6/0 \times 10^0$$

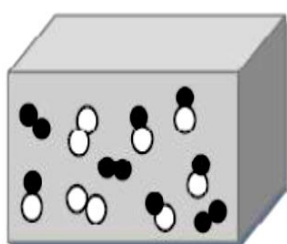
کدام یک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می دهد؟ دلیل بنویسید.



تبادل $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$ را در نظر بگیرید. با توجه به شکل زیر گرماده یا گرماگیر بودن آن را با نوشتن دلیل مشخص کنید.



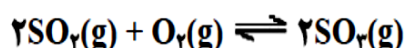
۸۹۵°C



۳۳۰°C



با توجه به معادله واکنش تعادلی زیر، پاسخ دهید.



(ا) عبارت ثابت تعادل را بنویسید.

(ب) با توجه به جدول زیر مقدار ثابت تعادل (K) را در $435^\circ C$ حساب کنید.

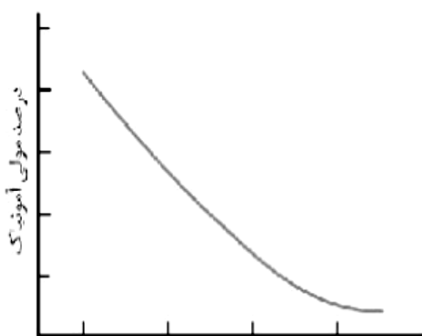
SO ₂ (g)	O ₂ (g)	SO ₃ (g)	ماده
4×10^{-2}	1×10^{-1}	2×10^{-5}	غلظت تعادلی (molL ⁻¹)

(پ) با توجه به مقدار K محاسبه شده، میزان پیشرفت این واکنش در $435^\circ C$ کم است یا زیاد؟ چرا؟

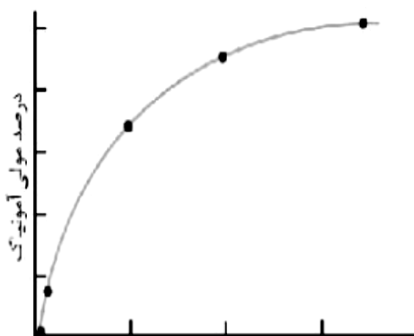
با توجه به سامانه تعادلی $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ به پرسش‌ها پاسخ دهید.

(ا) با خارج کردن مقداری گاز آمونیاک (NH₃) در این سامانه، تعادل در چه جهتی جابجا می‌شود؟ چرا؟

(ب) کدام نمودار درصد مولی گاز آمونیاک را برای سامانه تعادلی بالا با افزایش فشار نشان می‌دهد؟ دلیل انتخاب خود را بنویسید.

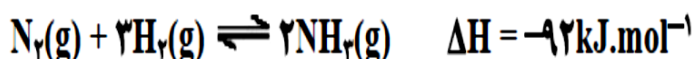


نمودار (۲)



نمودار (۱)

با توجه به سامانه تعادلی زیر، به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(ا) با کاهش دما در فشار ثابت، درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(ب) با افزایش حجم در واکنش فوق تعداد مول‌های گاز هیدروژن چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(پ) اگر در دمای معین، ثابت تعادل واکنش فوق 8×10^{-3} باشد، میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است، یا زیاد؟ چرا؟

با استفاده از واژه‌های درون پرانتز (کمانک)، عبارت‌های زیر را کامل کنید.

آ) هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی می‌یابد، واکنش در جهت مول‌های گازی کمتر پیش می‌رود.
(افزایش / کاهش)

تعادل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ را در نظر بگیرید. با توجه به جدول به پرسش‌ها پاسخ دهید.

دما (C)	۲۵	۴۵۰
ثابت تعادل	۴۸۰	۵۰/۶

آ) این تعادل گرماده یا گرماگیر است؟ چرا؟

ب) با انتقال مخلوط تعادلی در دمای ثابت به ظرف بزرگتر، شمار مول‌های HI چه تغییری می‌کند؟ دلیل بنویسید.

با توجه به جدول زیر که اثر دما را بر ثابت تعادل « $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$: $\Delta H < 0$ » نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.

دما (C)	۲۵	۲۰۰	۴۰۰
K	$6/0 \times 10^0$	$0/65$	$6/2 \times 10^{-4}$

آ) عبارت ثابت تعادل را برای واکنش بنویسید.

ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟

پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ دلیل خود را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.

بخش سوم

سنتز

ارزش فناوری های شیمیایی

نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ، معادن مس، آهن، طلا، مرمر، فیروزه و ... از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده اند، به همین دلیل برخی کشورها صادر کننده این منابع و برخی دیگر وارد کننده آن ها هستند.

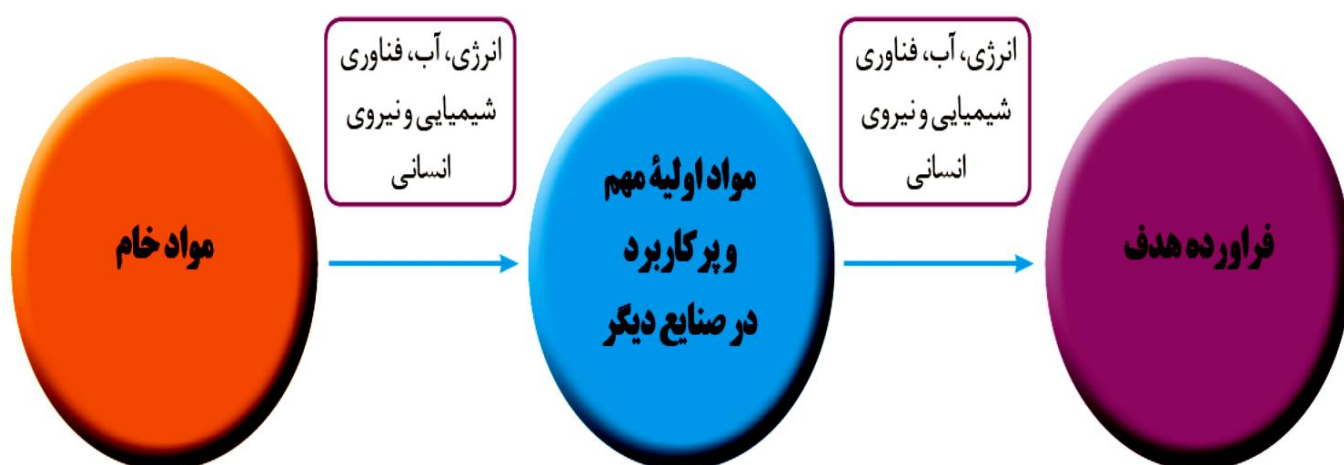
بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فرآوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می آید به فروش می رسانند فرآیندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فرآورده های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند.

هرچه 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 فناوری های جداسازی و خالص سازی مواد یکی از فناوری های پیشرفته، گران قیمت، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می رود.

به کارگیری فناوری تبدیل مواد خام به مواد فرآوری شده باعث رشد و بهره وری اقتصادی یک کشور می شود.

فناوری را می توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست.

فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. شیمیدان ها نیز با استفاده از دانش شیمی مواد جدیدی می سازند یا روشی برای ساخت آسان تر و با صرفه تر آنها ارائه می کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن روش طراحی و ساخت دستگاه هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند.



سنتز

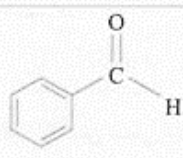
یکی از لذت بخش ترین فناوری های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگدانه ها، خوشبو کننده ها، داروهای ضد سرطان، الیاف، سوخت های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند است. در واقع سنتز را می توان کانون بسیاری از پژوهش های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می شود.

سنتز یک فرآیند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده تر مواد شیمیایی دیگر را تولید می کنند.

اغلب مواد آلی شامل گروههای عاملی گوناگونی هستند. گروه هایی که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می کنند. تولید یک ماده آلی جدید می توانند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

همه گروه های عاملی در یک نگاه!

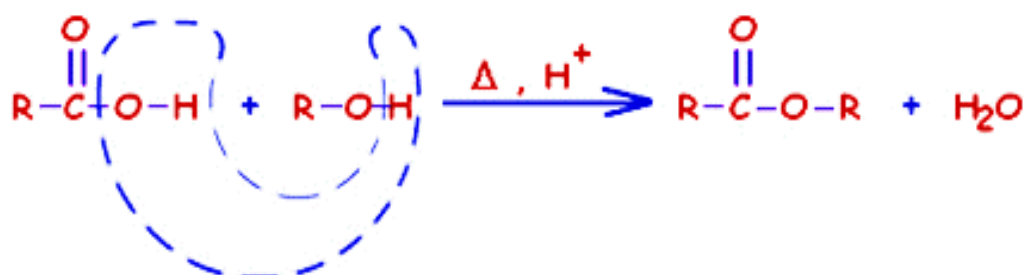
این شما و این همه گروه های عاملی که در فصل های ۱ تا ۳ فوندریم،

نام خانواده	فرمول ساختاری و نام گروه عاملی	فرمول کلی	مثال های معروف
الکل ها	—OH هیدروکسیل	R—OH R گروه هیدروکربنی است.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{—OH}$ اتانول
اترها	—O— اتری	R—O—R' R و R' گروه هیدروکربنی هستند.	$\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$ دی متیل اتر
آلدهیدها	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—H} \end{array}$ آلدهیدی	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C—H} \end{array}$ R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی است.	 بنزالدهید
کتون ها	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$ کتونی	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C—R'} \end{array}$ R و R' گروه هیدروکربنی هستند.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—C(=O)—CH}_3$ ۲-هپتانون
کربوکسیلیک اسیدها	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—OH} \end{array}$ کربوکسیل	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C—OH} \end{array}$ R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی است.	$\text{CH}_3\text{—C(=O)—OH}$ اتانویک (استیک) اسید
استرها	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—} \end{array}$ استری	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C—O—R'} \end{array}$ R' گروه هیدروکربنی است ولی R هیدروژن یا گروه هیدروکربنی می تواند باشد.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—C(=O)—O—CH}_2\text{CH}_3$ اتیل بوتانوات
آمین ها	$\begin{array}{c} \text{—N—} \\ \\ \text{—} \end{array}$ آمینی	$\begin{array}{c} \text{R—N—R''} \\ \\ \text{R'} \end{array}$ R، R' و R'' می توانند گروه هیدروکربنی یا هیدروژن باشند اما هر سه تای آنها نباید هیدروژن باشند.	$\text{CH}_3\text{—N—H}$ H متیل آمین
آمیدها	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—N—} \\ \\ \text{—} \end{array}$ آمیدی	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R—C—N—R'} \\ \\ \text{R''} \end{array}$ R، R' و R'' هیدروژن یا گروه هیدروکربنی هستند.	H—C(=O)—N—H H متانامید

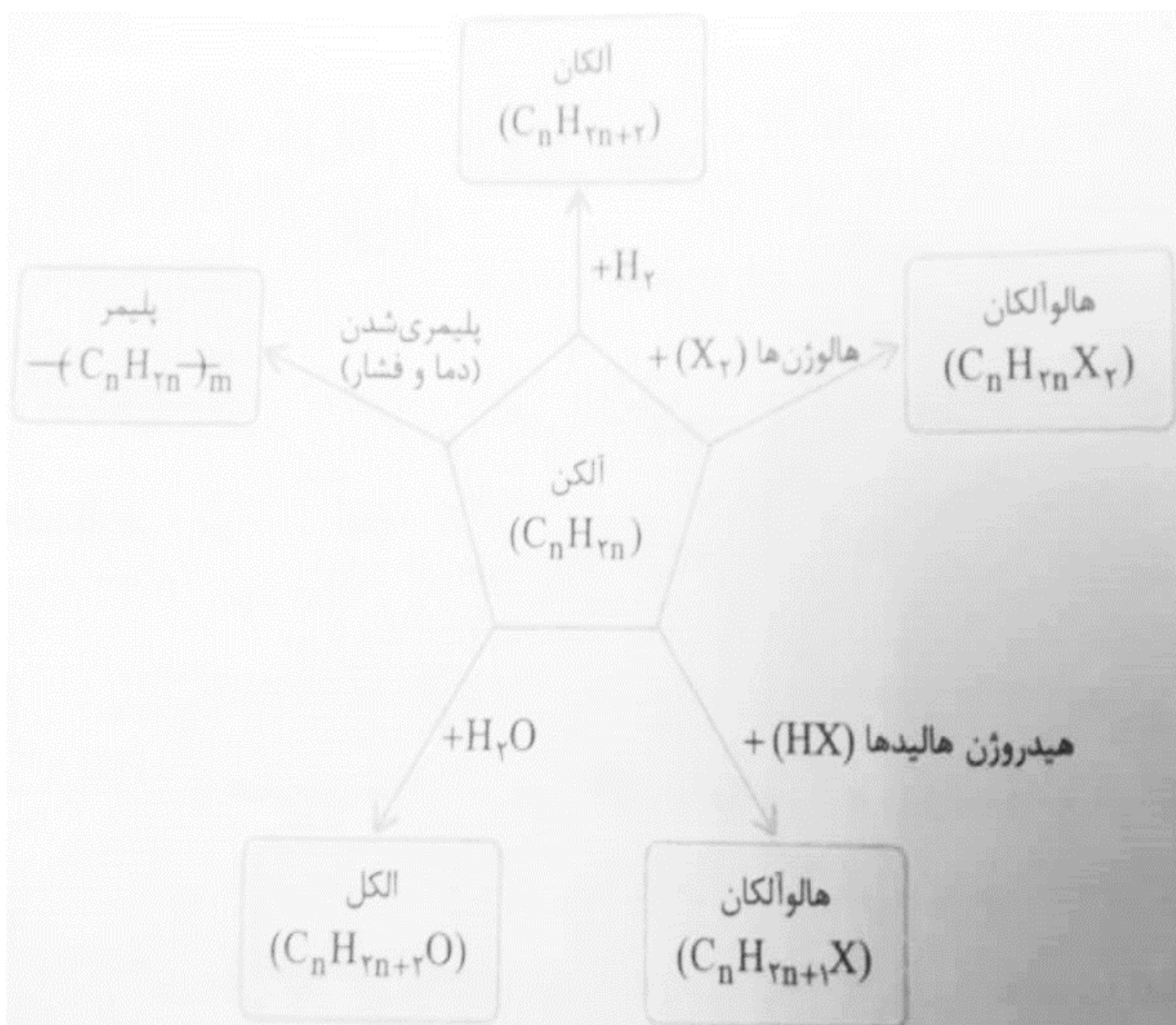
توجه پیوند دوگانه در آلکن ها و پیوند سه گانه در آلکین ها نیز جزو گروه های عاملی به شمار می روند.

شیمیدان ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه های عاملی و دانستن شرایط و عوامل موثر بر انجام واکنش های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس ماده ای نو برای کاربردی معین ، سنتز می کنند. در این فرآیندها شیمیدان ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون گروه های عاملی موجود در یک ماده عالی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می کنند.

به عنوان مثال: برای سنتز ماده ای با گروه عاملی استری کفایت یک کربوکسیلیک اسید را با یک الکل در شرایط مناسب و واکنش دهیم.



در شیمی یازدهم خواندیم که آلکن ها با فرمول عمومی C_nH_{2n} به دلیل داشتن پیوند دوگانه کربن=کربن سیر نشده اند در نتیجه واکنش پذیری زیادی دارند ، در زیر با برخی از واکنشهای آلکن ها آشنا می شویم:



۱- افزایش گاز هیدروژن به اتن در حضور کاتالیزگر نیکل پیوند یگانه بین دو اتم هیدروژن و همچنین یکی از پیوند ها در پیوند دوگانه کربن=کربن شکسته شده و دو اتم هیدروژن با پیوند یگانه به اتمهای کربن وصل می‌شوند یعنی اتن به اتان تبدیل می‌شود این واکنش واکنش هیدروژن دار کردن آلکن ها گویند.

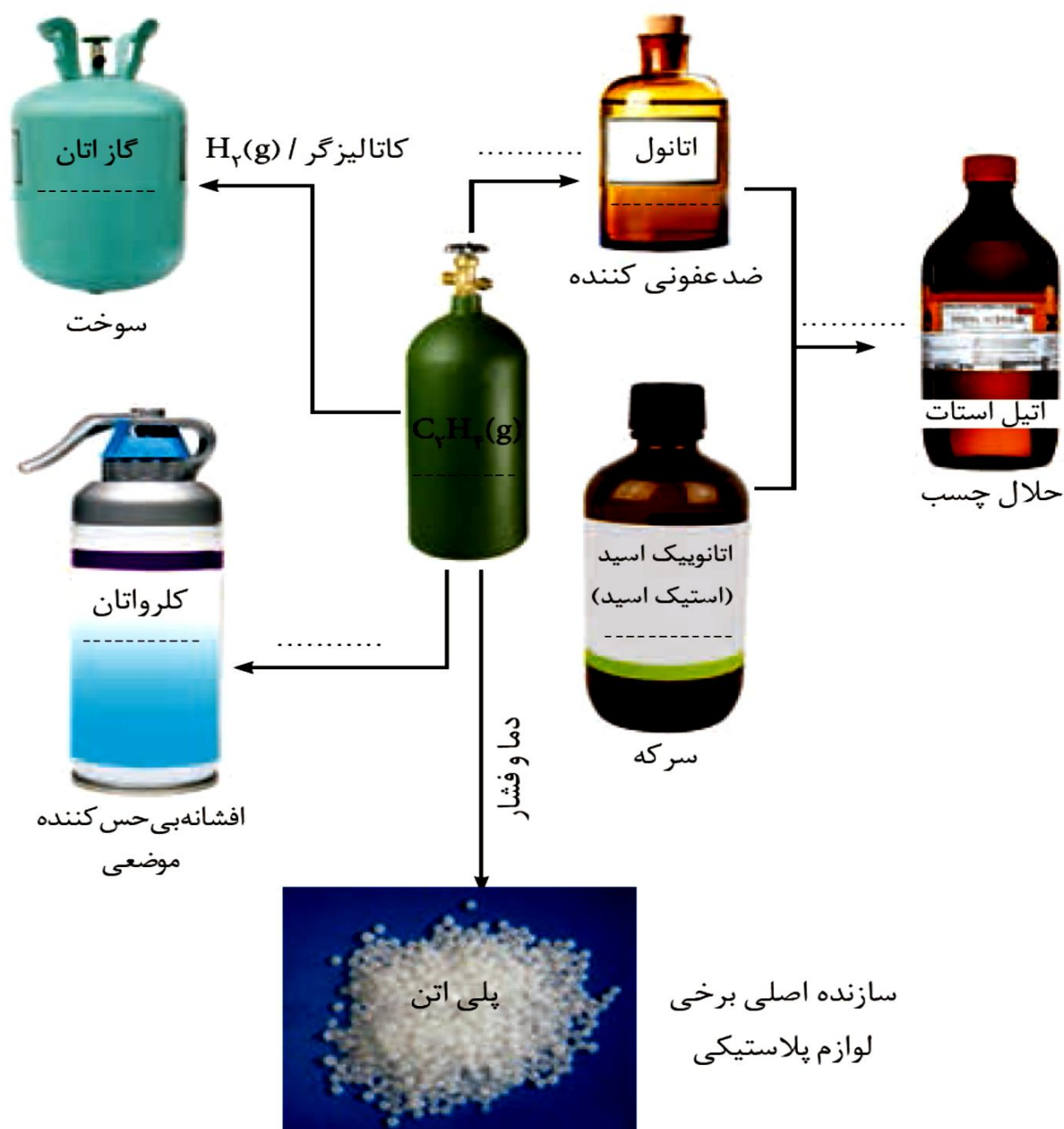
۲- با افزایش گاز هیدروژن کلرید به اتن هالو آلکان-کلرو اتان به دست می‌آید در این واکنش نیز از اتم های هیدروژن و کلر پیوند دوگانه کربن-کربن اضافه می‌شوند.

نکته: از کلرواتان در افسانه بی حس کننده موضعی استفاده می‌شود.

۳- با افزایش آب در حضور کاتالیزگرها سولفوریک اسید نول که ماده‌ای ضد عفونی کننده است تولید می‌شود در این واکنش نیز پیوندهای موجود در پیوند دوگانه کربن-کربن شکسته شده و به یکی از آنها اتم هیدروژن و به دیگری او هاش متصل میشود.

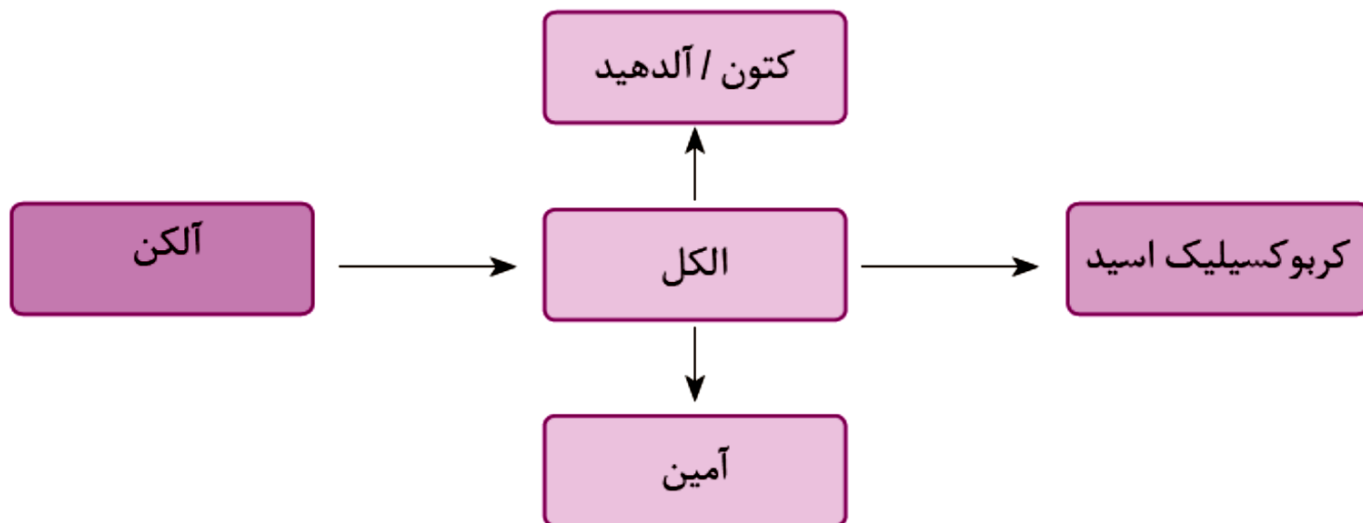
۴- از پلیمری شدن اتن در دما و فشار بالا پلی اتیلن تولید می‌شود پلی اتیلن ماده اصلی سازنده برخی پلاستیک هاست.

از گاز اتن مواد آلی گوناگون پرمصرف و ارزشمند تهیه می‌گردد این گاز یکی از مهمترین خوراک ها در صنایع پتروشیمی است به همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش های شیمیایی می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد.



بازده واکنش هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید یک ماده بستگی به نوع واکنش و فناوری به کار برده شده در آن دارند هر چه ماده جدیدی که قرار است سنتز شود گروه های عاملی بیشتری داشته باشد سنتز آن دشوارتر بوده و به فناوری پیشرفته تری نیاز دارد.

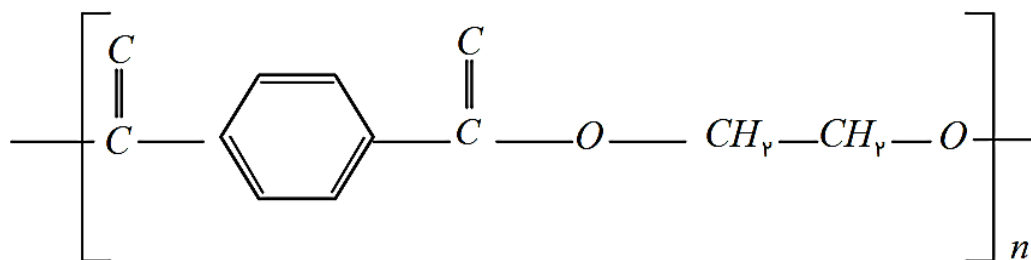
نمودار زیر الگوی کلی تبدیل برخی مواد شیمیایی به یکدیگر را نشان می دهد این نمودار بیانگر آن است که الکل ها را می توانید از آلکن ها تهیه کرده و خود این الکل ها برای تولید کتون آلدهید آمین و کربوکسیلیک اسید استفاده می شود.



ساخت بطری آب

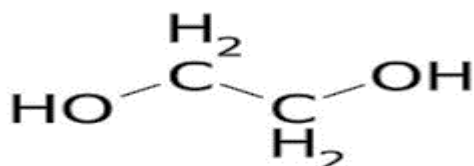
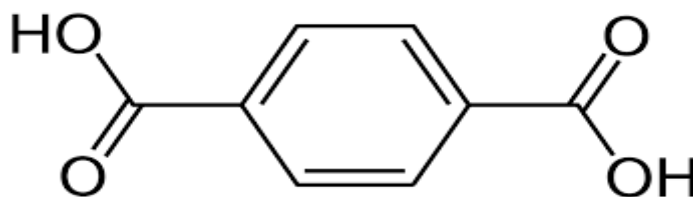
بطری آب از پلیمری به نام **پلی اتیلن ترفتالات PET** ساخته می شود . برای ساخت بطری بعد از تهیه این پلیمر آنرا به همراه برخی افزودنی ها در قالب های مخصوصی می ریزند تا شکل بطری مورد نظر را بگیرد.

پلی اتیلن ترفتالات از دسته **پلیمرهای پلی استری** ست ، زیرا در ساختار آن گروه عاملی استر وجود دارد .

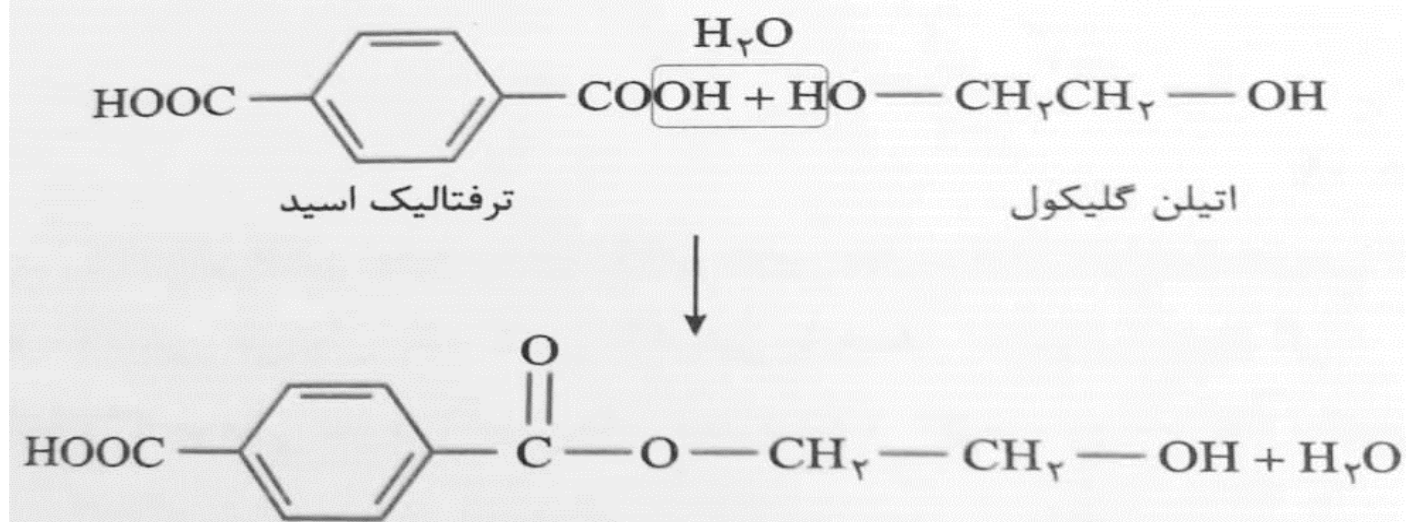


مونومر سازنده این پلیمر که **اتیلن ترفتالات** نام دارد که از واکنش **ترفتالیک اسید** و **اتیلن گلیکول** ساخته می شود در واقع **پلی استرها** را میتوان از واکنش **کربوکسیلیک اسید** های دو عاملی (دی اسید) و **الکل** های دو عاملی (دی الکل) تهیه کرد.

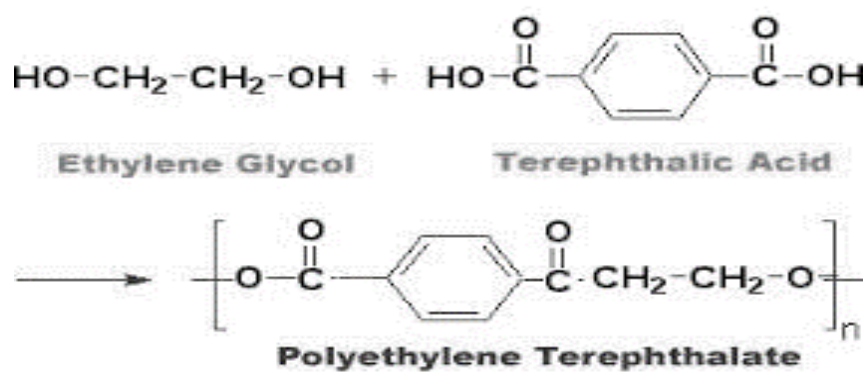
ترفتالیک اسید



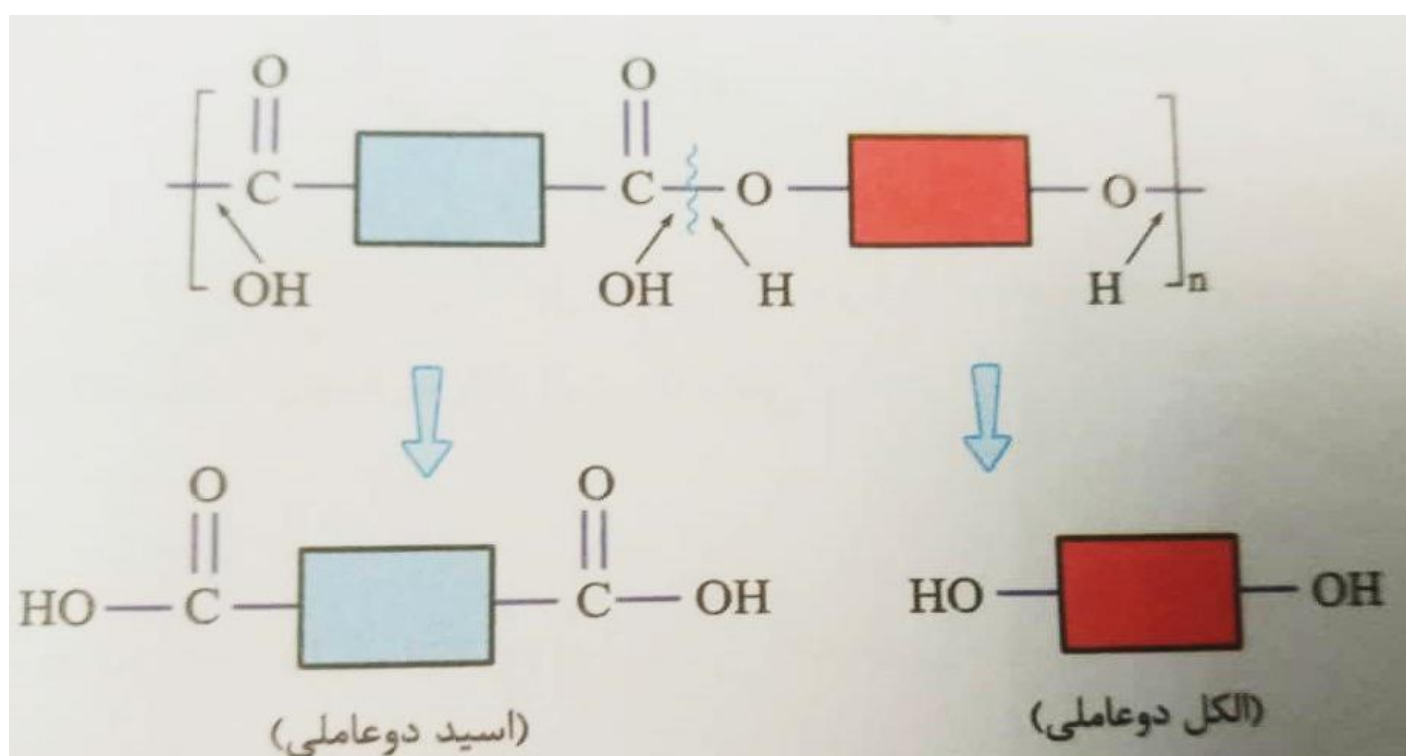
اتیلن گلیکول



استر به وجود آمده در واکنش بالا همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل دارد پس واکنش استری شدن می تواند ادامه پیدا کند. این واکنش آنقدر ادامه خواهد یافت تا در نهایت پلیمری با زنجیر بلند که شامل تعداد بسیار زیادی گروه عاملی استری است تشکیل شود، که به آن **پلی اتیلن ترفتالات** میگویند.



برای تعیین دی اسید و الکل سازنده یک پلی استر به صورت زیر عمل می کنیم:



تهیه ترفتالیک اسید

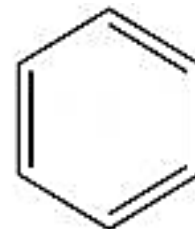
اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند. به دیگر سخن به طور مستقیم نمی توان آنها را از نفت خام به دست آورد، پس باید این مواد را از سنتز مواد اولیه و خوامی که در دسترس هستند تهیه نمود. بررسی ها نشان می دهند که از تقطیر نفت خام می توان مواد زیر را به دست آورد.



پاراایلن

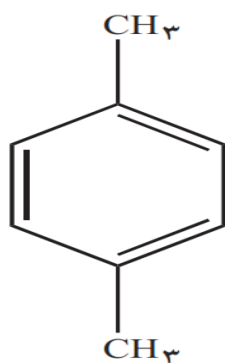


اتن

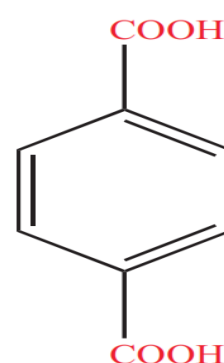


بنزن

بررسی ها نشان می دهد که می توانیم در شرایط مناسب و طی یک واکنش اکسایش کاهش پاراایلن را به ترفتالیک اسید تبدیل کنیم.

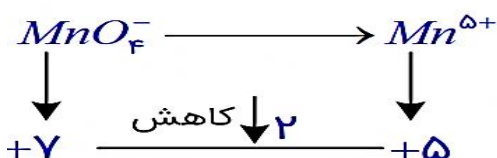
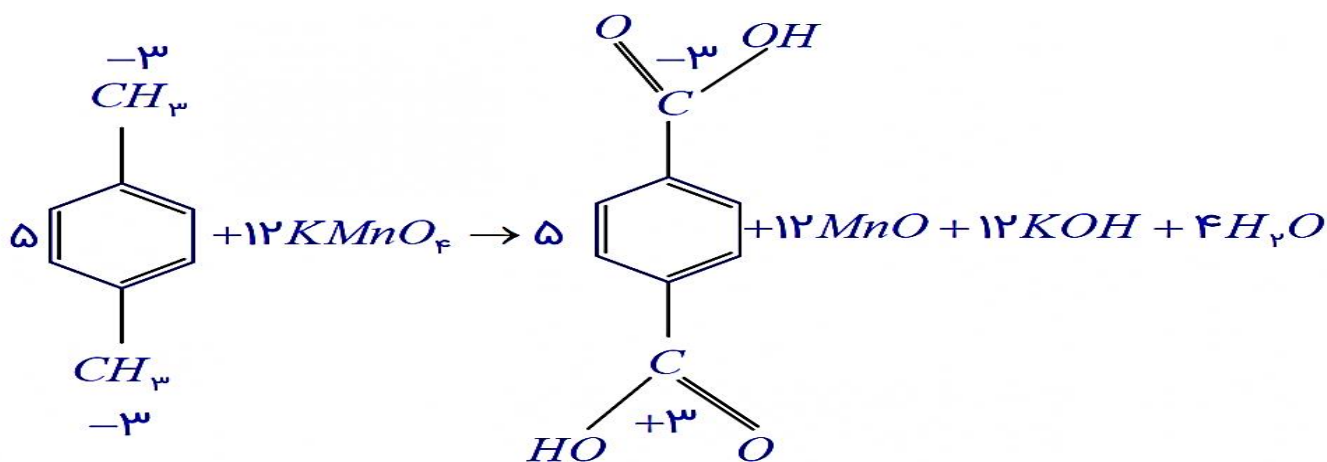


+ اکسنده



در این فرآیند عدد اکسایش اتم های کربن حلقه بنزن تغییری نمی کند اما عدد اکسایش کربن در دو گروه متیل دوسر پاراایلن از منفی ۳ به مثبت سه میرسد یعنی به طور کلی کربن در این فرایند اکسایش می یابد بنابراین برای تبدیل پاراایلن به ترفتالیک اسید نیاز به یک اکسنده داریم.

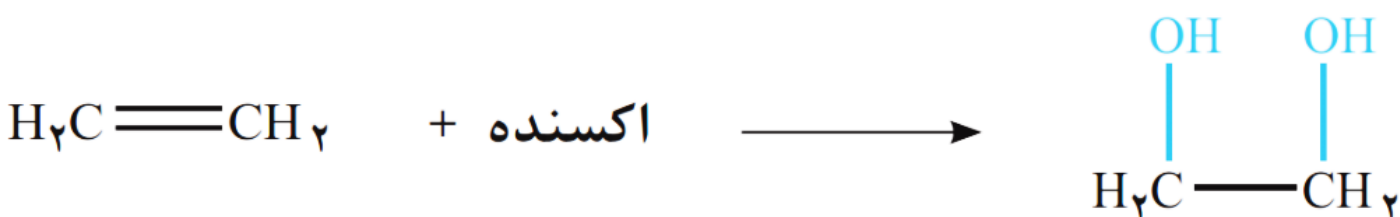
پتاسیم پرمنگنات یک اکسنده است و محلول غلیظ آن می تواند در شرایط مناسب پاراایلن را با بازده نسبتاً خوبی به ترفتالیک اسید تبدیل کند.



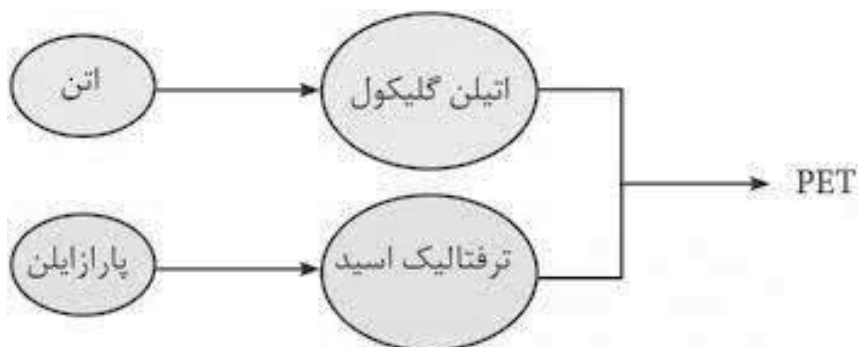
با وجود غلظت بالایی پرمنگنات باز هم شرایط برای تبدیل پارازایلین به ترفتالیک اسید تامین نمی شود، زیرا انرژی فعالسازی این واکنش زیاد است. به همین دلیل باید دمای مخلوط واکنش را بالا ببریم در دمای بالا هم بازده واکنش زیاد نیست به همین دلیل شیمییدانها دنبال پیدا کردن شرایطی آسان تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند آنها با پژوهش های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می تواند راهگشا باشد.

تهیه اتیلن گلیکول

حال دومین واکنش دهنده، واکنش تهیه اتیلن ترفتالات یعنی اتیلن گلیکول را باید تهیه کرد. اتیلن گلیکول هم مانند ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارد و به طور مستقیم نمی توان آن را از نفت خام به دست آورد. برای سنتز اتیلن گلیکول باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و موثر واکنش داد. بررسی ها نشان می دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می شود.



در واکنش اکسایش اتن به اتیلن گلیکول توسط محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات یکی از پیوند های موجود در پیوند دوگانه کربن کربن شکسته شده و به هر اتم کربن یک گروه جوهاش متصل می شود در این واکنش عدد اکسایش هر اتم کربن از -۲ به منفی یک میرسد یعنی هر اتم کربن یک درجه اکسایش می یابد.



این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد در طبیعت به کندی تجزیه می شود به همین دلیل است مانده آن ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می رود.

بازیافت PET



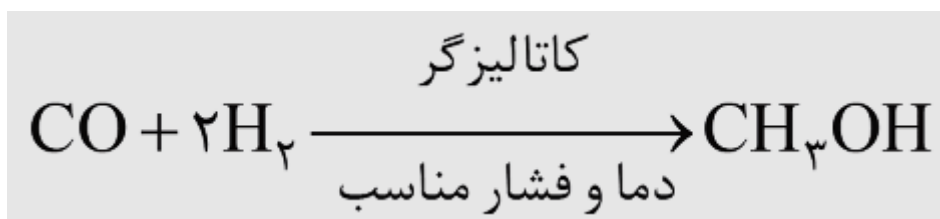
این مواد به دلیل ویژگی هایی مانند: چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده اند. استفاده بی رویه و بیش از حد از این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند، از این رو بازیافت آن ها اجتناب ناپذیر است. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت پلی اتیلن ترفتالات است. یکی از راههای بازیافت این است که آنها را پس از شستشو و تمیز کردن ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می کنند.

البته پس از شستشوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خورد کرده و به تکه های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد.

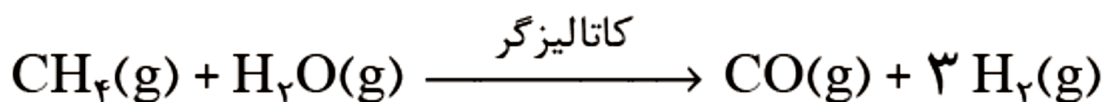
راه دیگری نیز برای بازیافت PET وجود دارد که در آن ، این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل میکنند . باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می کند کدام راه را باید انتخاب کرد زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بس دشوار است.

شیمیدان ها با بررسی های فراوان پی بردند که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می دهد و به مواد مفیدی تبدیل می شود. موادی که می‌توان آنها را برای تولید پلیمرها به کاربرد . بررسی ها نشان می‌دهد که سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است.

متانول مایع بی رنگ ، بسیار سمی و ساده ترین عضو خانواده الکل هاست 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 می دهند و متانول تولید می کند:

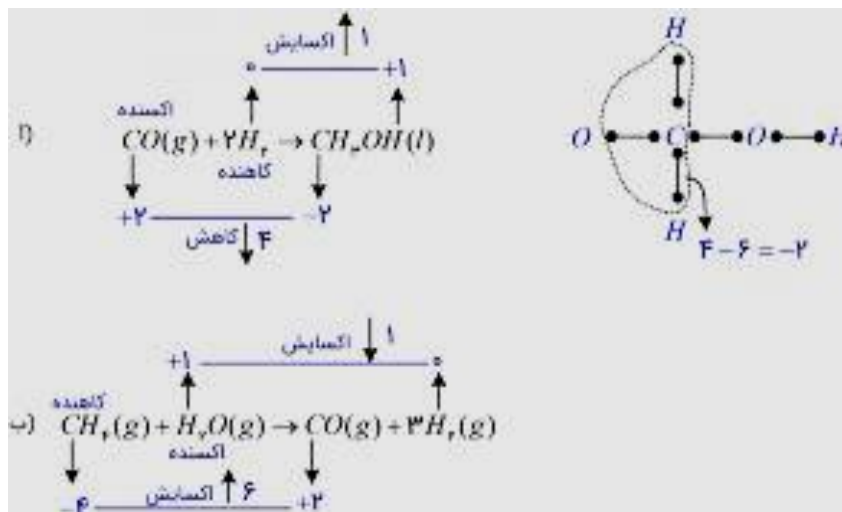


مواد واکنش دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند ، از اینرو نخست باید آنها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد . برای تهیه گاز های کربن مونوکسید و هیدروژن می توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد:

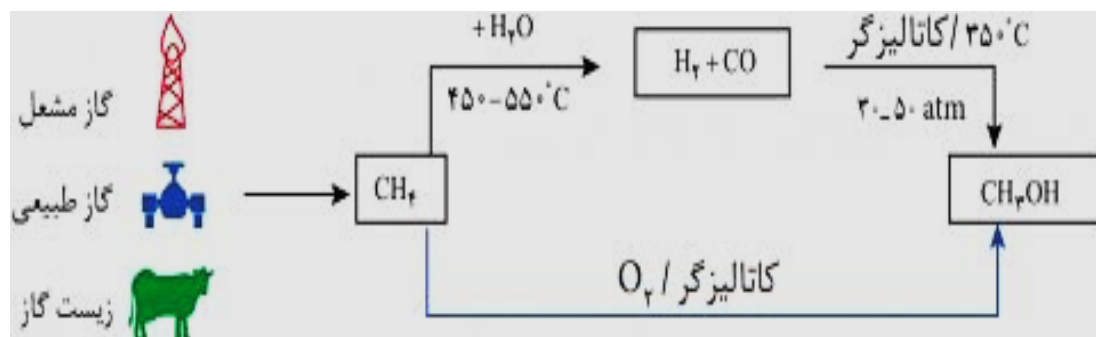


در واکنش گاز متان با بخار آب اتمی کربن ۶ درجه اکسایش یافته و گاز متان کاهنده است از طرفی اتم هیدروژن یک درجه کاهش یافته بنابراین بخار آب اکسنده است.

در واکنش تولید متانول از گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن اتمهای کربن ۱۴ درجه کاهش پیدا کرده و سیو نقش اکسنده را دارد از طرفی هر اتم هیدروژن یک درجه افزایش یافته و گاز هیدروژن کاهنده است.

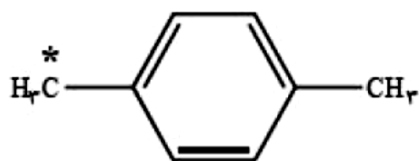


گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان های نفتی به فراوانی یافت می شود. گاز متان واکنش پذیری بسیار کمی دارد، زیرا جز آلکانها یعنی هیدروکربنهای سیر شده به شمار می رود، بنابراین تبدیل آن به متانول فرآیندی دشوار است و به دانش و فناوری پیشرفته نیاز دارد. با این حال می توان متان را در حضور کاتالیزگر و اکسنده مانند گاز اکسیژن به طور مستقیم به متانول تبدیل کرد. 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 و متانول پیدا کرد.

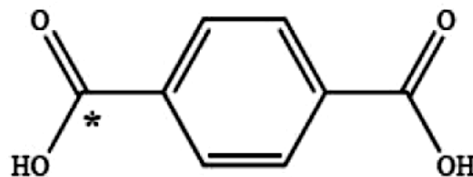


توجه!!! در تولید غیر مستقیم متانول ردپای کربن دی اکسید افزایش می یابد زیرا برای تامین دمای بالا انقلاب از سوزاندن سوخت های فسیلی استفاده می شود که میزان تولید کربن دی اکسید را افزایش می دهد به همین دلیل پژوهش های بسیاری در حال انجام است تا بتوان گاز متان را به طور مستقیم به متانول تبدیل کرد.

با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های زیر پاسخ دهید.



پارازایلن



ترفتالیک اسید

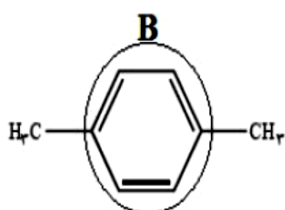
(آ) عدد اکسایش اتم‌های ستاره‌دار را در این ترکیب‌ها (به ترتیب پارازایلن و ترفتالیک اسید) مشخص کنید.

(ب) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر مناسب است؟ دلیل بنویسید.

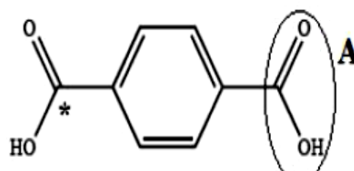
اکسنده‌ها کاهنده‌ها ☐ ☐

(پ) در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام ماده در آب بیشتر است؟ چرا؟

با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های زیر پاسخ دهید.



پارازایلن



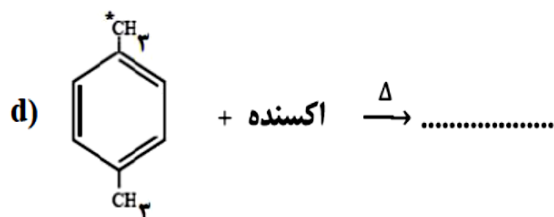
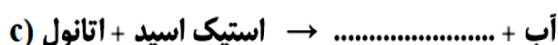
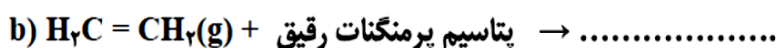
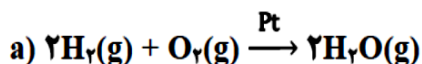
ترفتالیک اسید

(آ) عدد اکسایش اتم کربن ستاره‌دار را در این ترکیب تعیین کنید.

(ب) قسمت‌های A و B قطبی یا ناقطبی هستند؟

(پ) حلال مناسب برای پارازایلن، آب یا هگزان است؟ چرا؟

با توجه به واکنش‌های شیمیایی داده شده به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



(آ) نقش «Pt» در واکنش «a» چیست؟

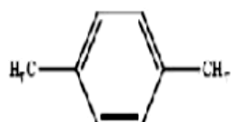
(ب) در واکنش‌های بالا نام یا فرمول شیمیایی فرآورده‌های تولید شده را جاهای خالی بنویسید.

(پ) عدد اکسایش کربن ستاره‌دار را در واکنش «d» تعیین کنید.

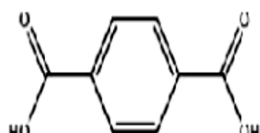
(ب) با توجه به فرمول ترکیب‌های روبه‌رو:

I نام کدام ترکیب ترفتالیک اسید است؟

II کدام ترکیب را می‌توان از تقطیر نفت خام به دست آورد؟



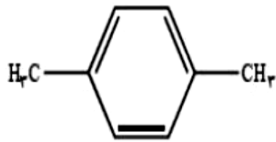
ترکیب (۲)



ترکیب (۱)

با توجه به ترکیبات زیر به سوالات پاسخ دهید.

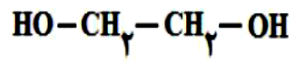
(ا) نام ترکیب (۱) را بنویسید.



(۱)



(۲)

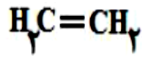


(۳)

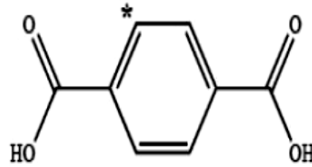
(ب) یک اکسنده مناسب برای تبدیل ترکیب (۴)

به ترکیب (۳) بنویسید.

(پ) عدد اکسایش اتم ستاره دار را بدست آورید.



(۴)



(۵)

(ت) کدام ترکیب (های) فوق را نمی توان به طور

مستقیم از نفت خام بدست آورد؟

(ث) فرمول دی استر حاصل از ترکیب (۳) و (۵)

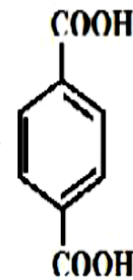
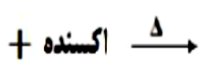
را بنویسید.

پتاسیم پرمنگنات، اکسنده ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، پارازیلین را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل

می کند.



پارازیلین



ترفتالیک اسید

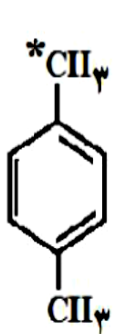
(ا) برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازیلین چه تغییری باید در ساختار پارازیلین ایجاد

کرد؟

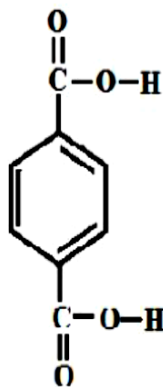
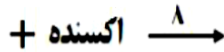
(ب) عدد اکسایش اتم کربن ستاره دار در پارازیلین را تعیین کنید.

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

با توجه به ساختارهای داده شده به سوالات زیر پاسخ دهید.



ترکیب (۱)



ترکیب (۲)

(ا) نام شیمیایی هر یک از ترکیبات (۱) و (۲) را بنویسید.

(ب) عدد اکسایش اتم های کربن ستاره دار را مشخص کنید.

(پ) کدام ماده به عنوان اکسنده در این واکنش استفاده می شود؟

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

پایان