ویژگی / ماده	تیتانیم	فولاد
نقطهٔ ذوب ($^\circ C$)	۱۶۶۷	۱۵۳۵
چگالی ($g.mL^{-1}$)	۴/۵۱	۷/۹۰
واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا	ناچیز	متوسط
مقاومت در برابر خوردگی	عالی	ضعیف
مقاومت در برابر سایش	عالی	عالی

۱ چون هنگام کارکردن موتور جت، **همهٔ** اجزای سازندهٔ آن **دمای بالایی** دارند آن‌ها را از تیتانیم می‌سازند که ذوب نشوند زیرا نقطهٔ ذوب تیتانیم **بالا** است.

۲ امروزه در ساخت پروانه‌های کشتی‌های اقیانوس‌پیما **به جای فولاد** از تیتانیم استفاده می‌کنند، زیرا مقدار واکنش آن با ذره‌های موجود در آب دریا **بسیار ناچیز** است، هم‌چنین همانند فولاد مقاومت در برابر خوردگی آن نیز عالی است.

۳ ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همچون موزهٔ گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیم انجام می‌شود، زیرا این فلز به علت خواصی که گفته شد بسیار پایدار و ماندگار است.

۴ تیتانیم افزون بر ویژگی‌های یادشده به شکل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارد.

۵ **نیتینول** آلیاژی از **تیتانیم و نیکل** بوده که به **آلیاژ هوشمند** معروف است. از این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی مانند سازهٔ فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک استفاده می‌شود.

- سیلیسیم کربید (SiC) یک سابندهٔ ارزان است که در تهیهٔ سنباده به کار می‌رود. (تمرین۲، صفحهٔ ۸۷)
- سیلیسیم، فسفر و گوگرد از جمله عنصرهای اکسیژن‌دوست هستند به طوری که در طبیعت به شکل نمک‌های اکسیژن‌دار یافت می‌شوند. (تمرین۵، صفحهٔ ۸۸)

کاربردها و نحوهٔ استفاده از علم شیمی

ویژگی‌های انسان (۹۰)

۱) کنجکاو و پرسشگر است.
۲) پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است.
۳) برای چالش‌ها و مشکلات با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد.
۴) برای حل مسئله در هر زمان و مکان راهکارهای عملی یافته است.

- برخی دستاوردهای مهم علم شیمی را در شکل زیر می‌بینید: (۹۰)

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

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

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

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

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

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

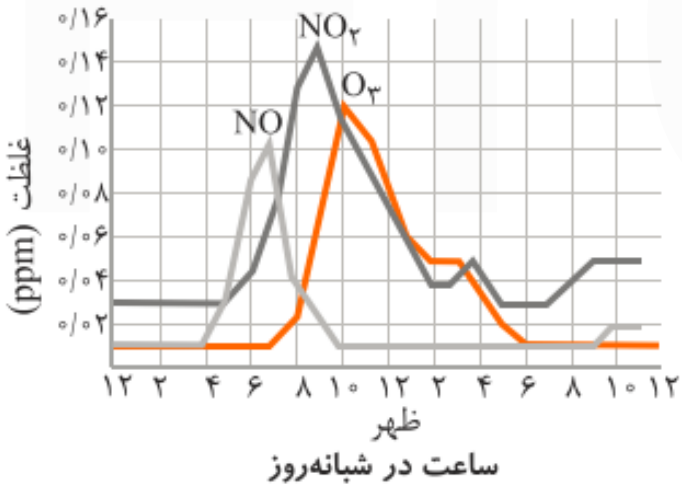
■ استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند. استفادهٔ بهینه و درست، آسایش و رفاه در زندگی را تأمین می‌کند، اما استفادهٔ نادرست آثار مخرب‌تر و زیانبارتری خواهد داشت. برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی استفادهٔ نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد. (۹۱)

به دنبال هوای پاک

■ هوای آلوده حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_2، O_3، NO_2، CO، NO، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است. (۹۲)

■ هوای آلوده بوی بدی دارد، چهرهٔ شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی می‌شود. (۹۲)

■ با توجه به نمودار مقابل که غلظت برخی از آلاینده‌ها را در یک شهر بزرگ نشان می‌دهد، به نکات زیر دقت کنید. (۹۲)



۱ مقدار آلاینده‌ها بین ساعت ۶ تا ۱۰ به **بیشترین حد** خود می‌رسد.

۲ به علت وجود مقدار زیادی گاز NO_2، هوای آلوده به **رنگ قهوه‌ای** دیده می‌شود.

۳ چون در اثر نور خورشید واکنش $NO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{نورخورشید}} NO + O_3$ در حال رخ‌دادن است، با کاهش مقدار NO_2 و مصرف آن، O_3 در حال افزایش است.

۴ آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها عبارت‌اند از:

CO, SO_2, NO, C_xH_y

۵ به علت ایجاد هر یک از آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها دقت کنید:

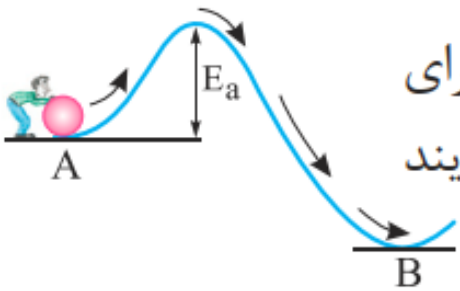
- ایجاد CO به علت **سوختن ناقص سوخت خودرو** است:

$$C_xH_y + O_2 \rightarrow CO + H_2O$$

- علت ایجاد SO_2، وجود مقادیری گوگرد در سوخت‌های فسیلی است که همراه با سوخت می‌سوزد: $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- در دمای بالای درون موتور خودرو (که بالای ۱۰۰۰ درجه است) دو گاز N_2 و O_2 که درون هوا وجود دارند، با هم ترکیب شده و NO را پدید می‌آورند: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
- در بعضی اوقات سوخت به صورت ناقص سوخته و مقداری از آن دست‌نخورده و به صورت C_xH_y، از موتور خودرو خارج می‌شود.
- مقدار آلایندهٔ تولیدی به ازای هر کیلومتر برحسب گرم: (۹۲)

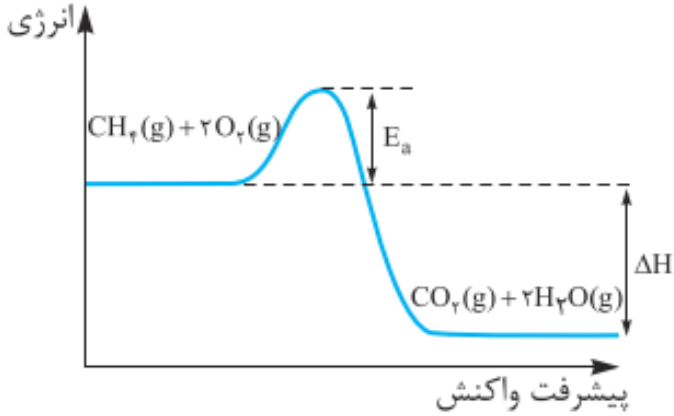
$$NO < C_xH_y < CO$$

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی



- انرژی فعال‌سازی (E_a) : به **حداقل** انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی انرژی فعال‌سازی می‌گویند و معمولاً واحد آن کیلوژول است. (۹۳ و ۹۴)
- یکی از روش‌های **تأمین** این انرژی، گرمادادن به واکنش‌دهنده‌ها است. دقت کنید که واکنش‌های شیمیایی چه گرماده باشند و چه گرماگیر، برای آغازشدن به انرژی نیاز دارند. برای مثال واکنش سوختن گاز متان، هر چند

گرماده است، اما برای آغازشدن به جرقه یا شعله نیاز دارد. (۹۴)



$$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$$

$$\Delta H=-802\ kJ.mol^{-1}$$

- هر چه انرژی فعال‌سازی واکنشی **بیشتر** باشد، **سرعت** آن **کم‌تر** است؛ در نتیجه واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتر انجام می‌شود؛ زیرا بزرگ‌بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد به **انرژی بیشتری** نیاز دارند. (۹۴)
- با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود، به طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده تبدیل شوند افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. (۹۴)
- **فسفر سفید** برخلاف گاز هیدروژن در **هوا و دمای اتاق** می‌سوزد که این نشان می‌دهد واکنش سوختن فسفر سفید دارای E_a **کوچک‌تری** نسبت به سوختن گاز هیدروژن است. (۹۵)
- برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده در آن‌ها صرفهٔ اقتصادی ندارد، این واکنش‌ها دارای انرژی فعال‌سازی بسیار زیادی هستند، از این‌رو شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. با استفاده از **کاتالیزگر** می‌توان این مشکل را حل کرد. (۹۵)
- کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، اما در پایان واکنش دست‌نخورده باقی می‌مانند. از این‌رو می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. هم‌چنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. (۹۵)

■ کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جادهٔ کوهستانی تشبیه کرد. کاتالیزگرها با **تغییر مسیر واکنش**، انرژی فعال‌سازی را **کاهش** داده و سبب می‌شوند واکنش‌دهنده‌ها **سریع‌تر** به فراورده‌ها تبدیل شوند. (۹۶)

■ به جدول زیر که مربوط به واکنش هیدروژن و اکسیژن است دقت کنید تا نکات را بررسی کنیم: (۹۶)

شرایط آزمایش	دما ($^\circ C$)	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

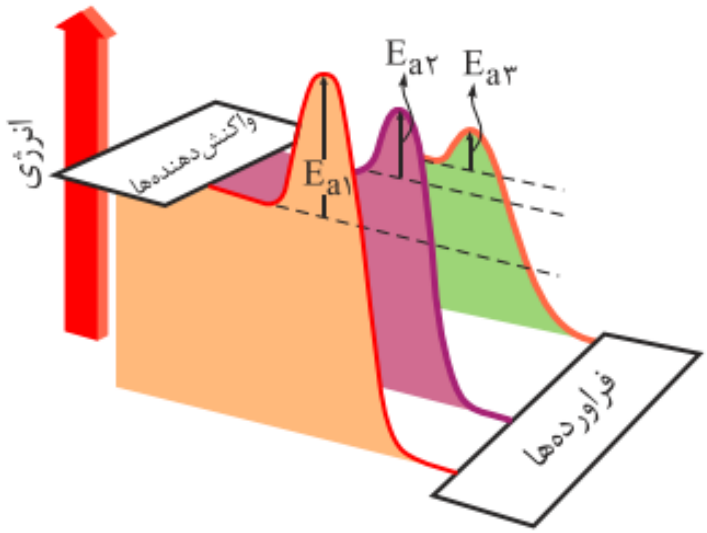
۱ ایـــن واکنش در دمای اتاق به علت **انرژی فعال‌ســـازی بســـیار زیاد** انجام نمی‌شود.

۲ جرقه عامل تأمین‌کنندهٔ انرژی فعال‌سازی است. اگر به مخلوط H_2 و O_2 جرقه بزنیم، انرژی فعال‌سازی تأمین شده و واکنش **با سرعت زیادی** به صورت انفجاری انجام می‌شود.

۳ **پودر روی و توری پلاتینی** هر دو نقش کاتالیزگر دارند و سرعت واکنش را با کاهش انرژی فعال‌سازی افزایش می‌دهند. با توجه به اطلاعات داده‌شده قطعاً **پلاتین** انرژی فعال‌سازی را بیشتر کاهش می‌دهد و **کاتالیزگر بهتری** برای انجام این واکنش است.

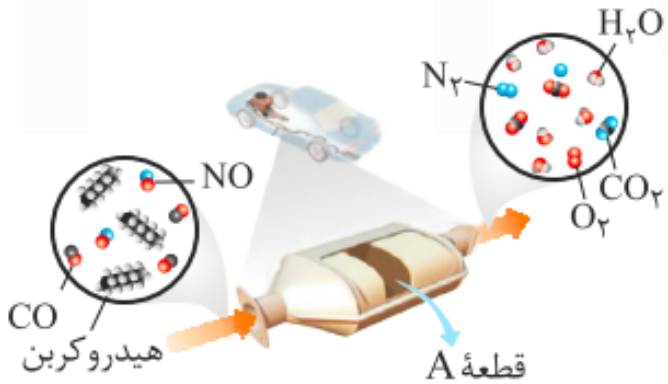
۴ دقت کنید که در هر شرایطی مقدار ΔH واکنش ثابت است.

۵ با توجه به شکل روبه‌رو نمودار نارنجی‌رنگ برای هر دو حالت بدون حضور کاتالیزگر و ایجاد جرقه در مخلوط است. نمودار بنفش‌رنگ مربوط به استفاده از پودر روی و نمودار سبزرنگ مربوط به استفاده از توری پلاتینی است.



۶ همان‌طور که می‌بینید جرقه بدون تغییر مسیر واکنش فقط انرژی فعال‌سازی را تأمین می‌کند، ولی کاتالیزگرها با تغییر مسیر واکنش و کاهش E_a، سرعت را افزایش می‌دهند و در هیچ‌کدام از این عمل‌ها آنتالپی تغییر نمی‌کند.

- برای حذف آلاینده‌های موجود در اگزوز خودروها (C_xH_y، CO و NO) قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند. با توجه به شکل واکنش‌ها را به خاطر بسپارید.



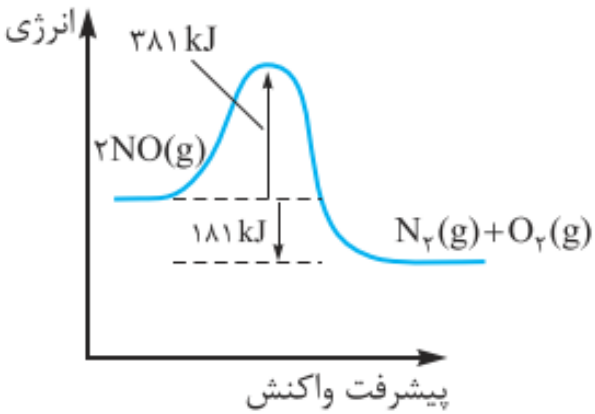
هر آلاینده پس از عبور از قطعهٔ A با انجام واکنش‌های زیر به فراورده‌های کم‌ضرر و بی‌ضرر تبدیل می‌شود.

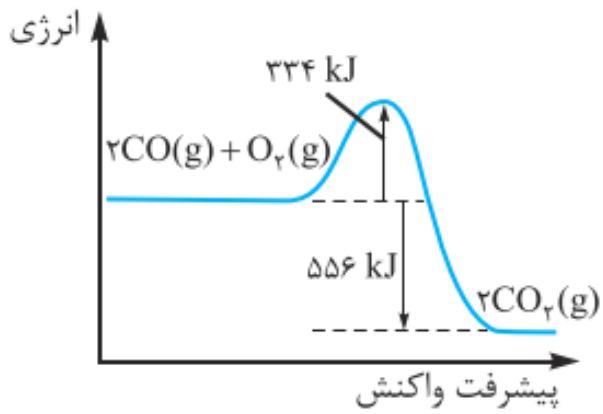
$$۲NO \rightarrow N_۲ + O_۲$$

$$۲CO + O_۲ \rightarrow ۲CO_۲$$

$$C_xH_y + (x + \frac{y}{۴})O_۲ \rightarrow xCO_۲ + \frac{y}{۲}H_۲O$$

دقت کنید که واکنش تبدیل NO به N_2 و O_2 و واکنش سوختن گاز CO در **دمای پایین انجام نمی‌شوند**، زیرا هر دو دارای انرژی فعال‌سازی زیادی هستند. (۹۷)





جدول زیر مقدار آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعهٔ A نشان می‌دهد. با توجه به جدول به نکات زیر دقت کنید: (۹۸)

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده برحسب گرم به ازای طی یک کیلومتر	در غیاب قطعه A	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور قطعه A	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴

۱ با توجه به این‌که هر کاتالیزگر می‌تواند به شمار معدودی واکنش سرعت ببخشد، در قطعهٔ A از سه کاتالیزگر رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) وجود دارد.

۲ در مسیر گازهای خروجی از خودروها قطعه‌ای قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف و یا کاهش آلاینده‌ها شود. **مبدل کاتالیستی** نام این قطعه است.

۳ بر روی این **قطعهٔ سرامیکی** که به شکل توری به کار می‌رود، سه کاتالیزگر رودیم، پالادیم و پلاتین نشانده شده است.

۴ برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل **مِش** (دانه‌های ریز) درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن‌ها می‌نشانند تا **سطح تماس افزایش یابد.**

۵ با این‌که مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند، اما پس از مدت معینی کارایی آن **کاهش** می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

- با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن به‌ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای آلایندهٔ C_xH_y، NO و CO بیشتری مشاهده می‌شود، زیرا کاتالیزگرها باید به دمای معینی برسند تا کارایی خود را نشان دهند. (۹۹)

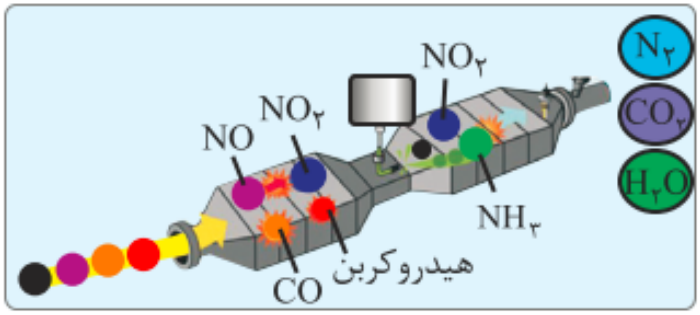
خصوصیت‌های یک کاتالیزگر مناسب: (۹۹)

۱ اغلب کاتالیزگرها اختصاصی برای یک یا چند واکنش عمل می‌کنند.

۲ در حضور کاتالیزگر نباید **واکنش ناخواستهٔ** دیگری انجام شود.

۳ کاتالیزگرها باید در شرایط واکنش **پایداری گرمایی و شیمیایی** مناسبی داشته باشند.

- بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. برای این کار شیمی‌دان‌ها مبدلی به شکل روبه‌رو طراحی کردند. (۹۹)



در این مبدل با ورود گاز آمونیاک واکنش زیر انجام شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هواکره جلوگیری می‌شود. (۹۹)

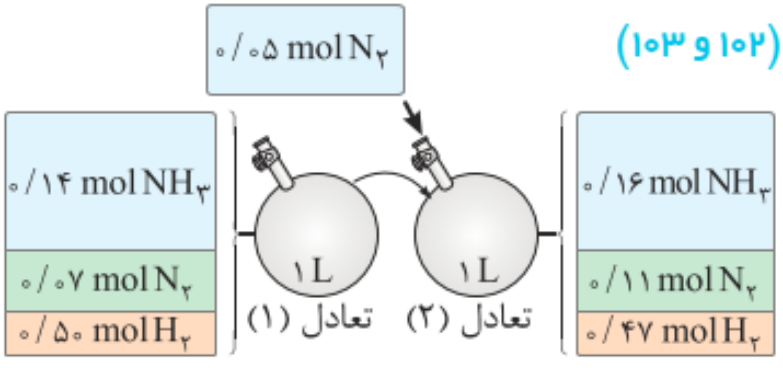
$$NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$$

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

- گیاهان نمی‌توانند نیتروژن موردنیاز برای رشد خود را به طور مستقیم از طریق هوا جذب کنند. ازاین‌رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله **آمونیاک و اوره** به خاک افزود. (۱۰۱)
- گیاهان برای رشد، افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، به عنصرهایی مانند S، N، P، K و... نیاز دارند. (۱۰۱)
- در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک می‌افزایند. (۱۰۱)
- تولید فراوردهٔ بیشتر در شرایط معین، به میزان **پیشرفت واکنش** در آن شرایط بستگی دارد. به عبارت دیگر هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شود. (۱۰۲)
واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر و جرقه پیش نمی‌رود. (۱۰۱)
- **فریتس هابر** موفق شد شرایط بهینه برای انجام این واکنش را پیدا کند: (۱۰۲)

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad (200\ atm, 450\ ^\circ C, Fe(s))$$

- شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به سامانهٔ در حال تعادل بالا نشان می‌دهد. به نکات دقت کنید: (۱۰۲ و ۱۰۳)



۱ این نشان می‌دهد با افزایش غلظت مادهٔ اولیه واکنش در جهت تولید فراورده پیش می‌رود و به تعادل جدید می‌رسد. در نتیجه غلظت NH_3 بیشتر شده و غلظت H_2 کم‌تر شده چون مصرف شده است.

۲ در هر دو حالت ثابت تعادل **عددی ثابت** می‌ماند که این نشان می‌دهد اضافه‌کردن غلظت و ایجاد تعادل جدید تأثیری بر K یا ثابت تعادل ندارد.

۳ هنگامی که در دمای ثابت غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانهٔ تعادلی را افزایش دهیم، واکنش در جهت مصرف آن ماده تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد، ولی ثابت تعادل در هر دو تعادل اولیه و ثانویه یکی است.

۴ بدیهی است با کاهش غلظت هر مادهٔ شرکت‌کننده، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت.

- **اصل لوشاتلیه:** اگر تغییری سبب بر هم خوردن یک سامانهٔ تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان **اثر آن تغییر را جبران کند.** (۱۰۳)

تغییر حجم سامانه در تعادل‌های گازی

- برای تغییر غلظت مواد گازی شرکت‌کننده می‌توان در دمای ثابت حجم سامانه را کم یا زیاد کرد. (۱۰۴)
- تجربه نشان می‌دهد که اگر در دمای ثابت، **فشار** بر یک تعادل گازی **افزایش** یابد، واکنش در جهت **تعداد مول‌های گازی کم‌تر** پیش می‌رود تا به تعادل جدید برسد. (۱۰۴ و ۱۰۵)
- چون تغییر فشار (حجم) بر غلظت اثر می‌گذارد، می‌توانیم نتیجه بگیریم در این تغییر نیز پس از رسیدن به تعادل جدید ثابت تعادل **تغییری نخواهد کرد.** (۱۰۴)
- در واکنش‌هایی که تعداد مول‌های گازی در دو طرف واکنش **یکسان است** با افزایش فشار تعادل جابه‌جا نمی‌شود و تعداد مول‌ها تغییر نمی‌کنند ولی **غلظت همهٔ اجزاء زیاد می‌شود.** (۱۰۵)

دما عاملی برای جابه‌جایی تعادل و تغییر K

- هنگامی که دمای یک سامانهٔ محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید، علاوه بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، K نیز تغییر خواهد کرد. (۱۰۵)
- دقت داشته باشید که اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون یکسان نیست و به **گرماده یا گرماگیر بودن** واکنش بستگی دارد. (۱۰۵)

واکنش گرماگیر

- افزایش دما ← افزایش مقدار K
- کاهش دما ← کاهش مقدار K

واکنش گرماده

- کاهش دما ← افزایش مقدار K
- افزایش دما ← کاهش مقدار K

- جدول زیر ثابت تعادل واکنش $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$ را نشان می‌دهد، به نکات آن دقت کنید: (۱۰۶)

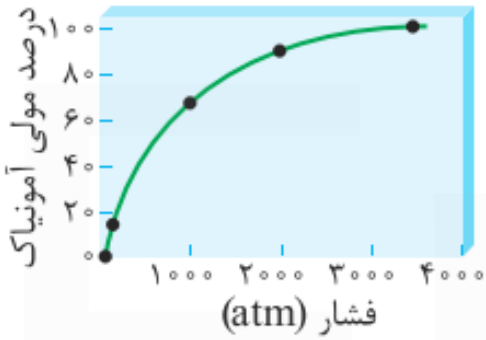
دما ($^\circ C$)	۲۵	۲۲۵	۴۳۵
K	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}

۱ عبارت ثابت تعادل برای این واکنش به صورت $K = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}$ است.

۲ می‌بینیم هر چه **دما بیشتر شده** است، مقدار K **افزایش یافته** و واکنش **بیشتر پیشرفت کرده** است که نشان می‌دهد، این واکنش **گرماگیر** است.

۳ هنگامی که در یک سامانهٔ تعادلی دما را افزایش می‌دهیم، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود، اگر این واکنش گرماگیر باشد، مقدار واکنش‌دهنده در سامانه کاهش می‌یابد و K افزایش می‌یابد.

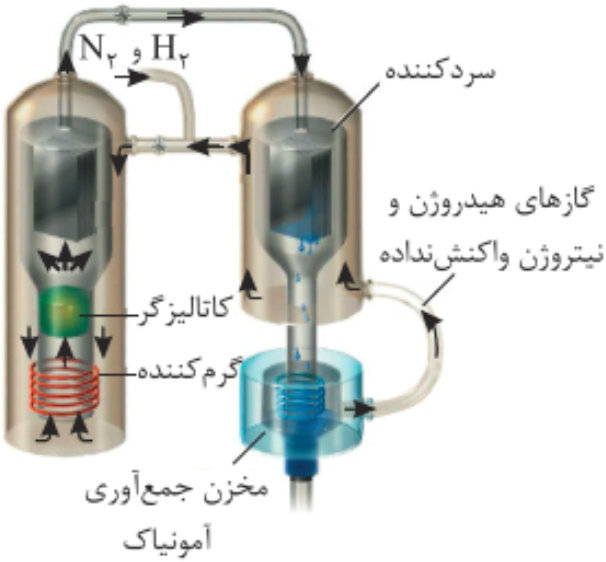
■ هابر می‌دانست با **افزایش دما و تأمین انرژی فعال‌سازی**، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت، ولی از طرفی به علت گرماده‌بودن واکنش هر چه **دما بالاتر** می‌رفت واکنش با **K کوچک‌تر و پیشرفت کم‌تری به تعادل** می‌رسید و هر چه دما بالا می‌رفت **درصد مولی آمونیاک کم‌تر** می‌شد. به همین دلیل او توانست با کاتالیزگر آهن واکنش را در دماهای پایین‌تر و با سرعت مناسب انجام دهد، هر چند هنوز درصد مولی آمونیاک در مخلوط مطلوب نبود؛ به همین دلیل از افزایش فشار نیز بهره برد. (۱۰۷)



■ در شرایط بهینه، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد که برای جداسازی آمونیاک به دست آمده همان‌طور که در سال دهم گفته شد هابر از **تفاوت نقطهٔ جوش** آمونیاک نسبت به دو گاز دیگر بهره برد. (۱۰۷)

■ شکل زیر فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد. (۱۰۸)

■ فرایند هابر نمونهٔ تاریخی جالبی از تأثیر پیچیدهٔ شیمی بر زندگی ماست. هر چند تولید آمونیاک باعث طولانی‌شدن جنگ جهانی اول گردید؛ اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد. (۱۰۸)



ارزش فناوری شیمیایی

- نفت خام، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. (۱۰۹)
- کشورها منابع طبیعی خود را به **دو شیوه** به فروش می‌رسانند: (۱۰۹)

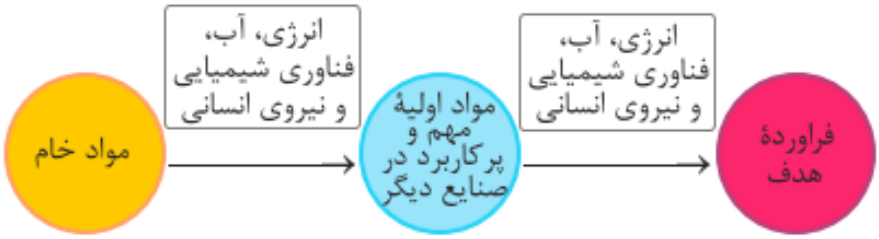
۱ بسیاری از کشورها این منابع را بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید می‌فروشند که به آن **خام‌فروشی** می‌گویند.

۲ برخی کشورها به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فراورده‌های دیگری تبدیل می‌کنند تا به قیمت بالاتری به فروش برسانند.

- خام‌فروشی برای منابع معدنی مانند **سنگ‌معدن 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 سنگ‌معدن مس می‌رسد. (۱۰۹)
- هر چه درصد خلوص مادهٔ شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن بیشتر خواهد بود برای مثال قیمت فلز مس با خلوص ۹ / ۹۹ 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 می‌آید. (۱۰۹)
- فناوری: **به کار بردن دانش برای حل یک مسئله** در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص. (۱۱۰)
- **مواد خام و اولیه:** موادی مانند نمک، سنگ‌معدن، نفت خام و هوا

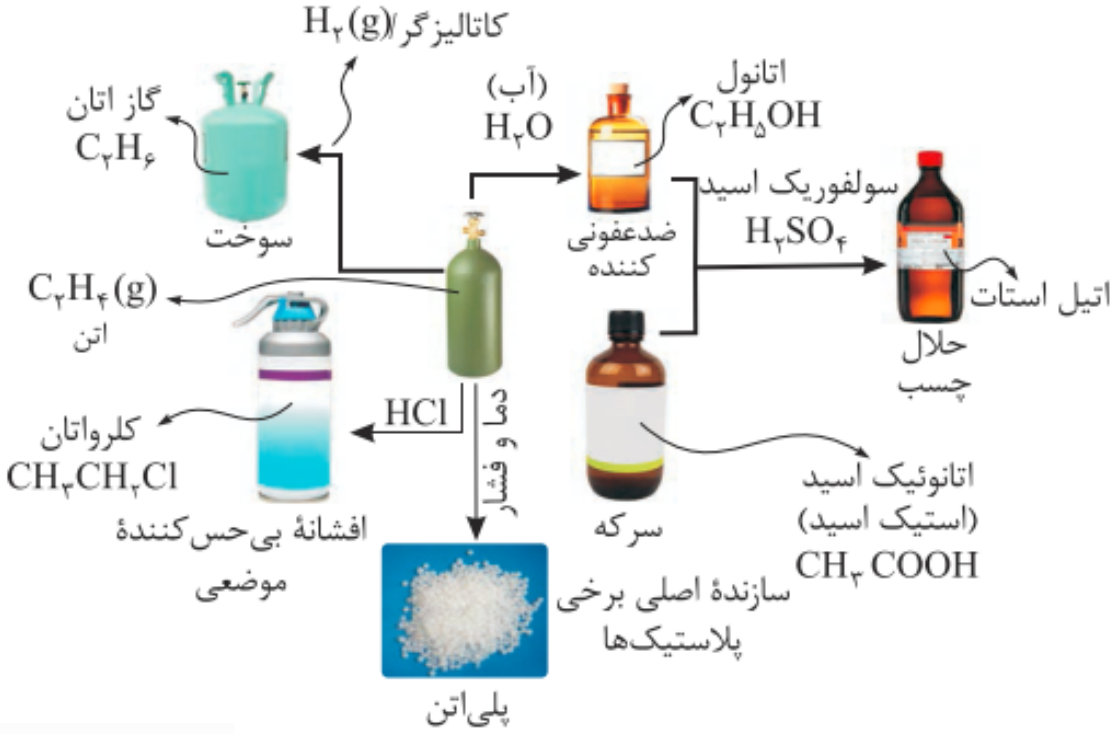
هســـتند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد. (۱۱۱)

- شیمی‌دان‌ها با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند. آن‌ها هم‌چنین به دنبال یافتـــن روش، طراحـــی و ســـاخت دستگاه‌هایی بـــرای شناســـایی دقیق ساختار مواد هستند. (۱۱۱)



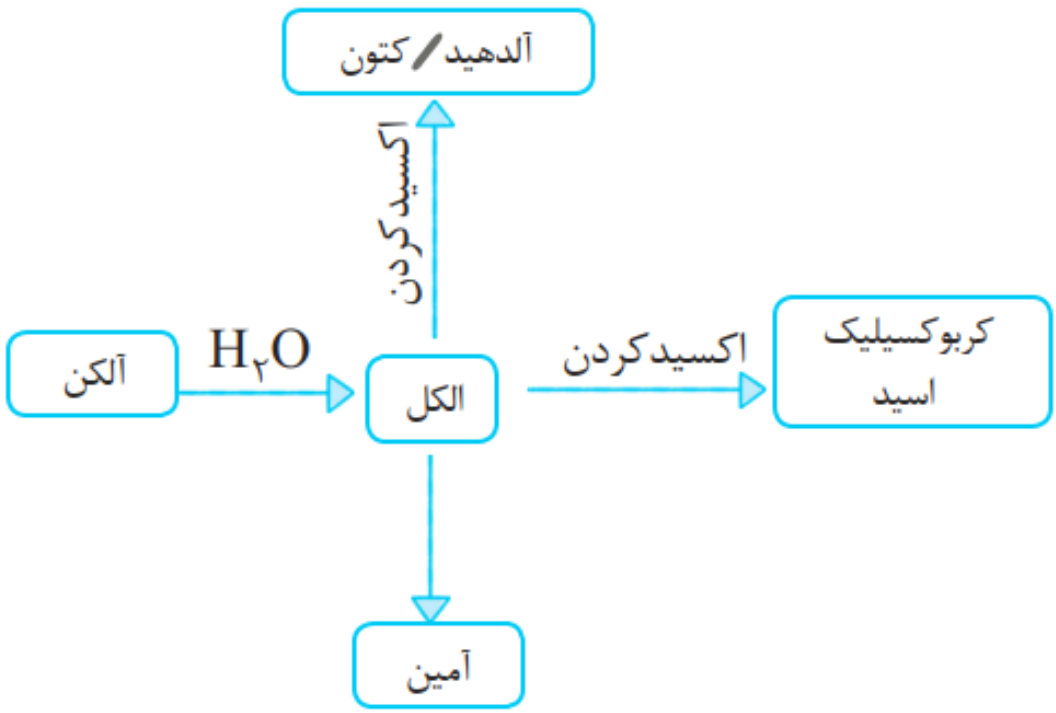
گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

- **سنتز:** یک فرایند شـــیمیایی **هدفمند** اســـت که در آن با اســـتفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.
- در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود. (۱۱۱)
- گروه عاملی: گروه‌هایی که **خواص و رفتار مواد آلی** را تعیین می‌کنند. (۱۱۱)
- تولید یک مادهٔ آلی جدید می‌تواند همراه با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی باشـــد. در این فرایندها شـــیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک مادهٔ آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. برای مثال در شیمی یازدهم آموختیم که برای سنتز یک **استر** می‌توان از واکنش **یک اسید آلی با یک الکل** در شرایط مناسب بهره برد. (۱۱۱)
- اتن: گاز اتن یکی از **مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشـــیمی** اســـت و آن را می‌تـــوان به مواد پرارزش دیگر تبدیل کـــرد. به نمودار صفحهٔ بعد دقت کنید. (۱۱۲)



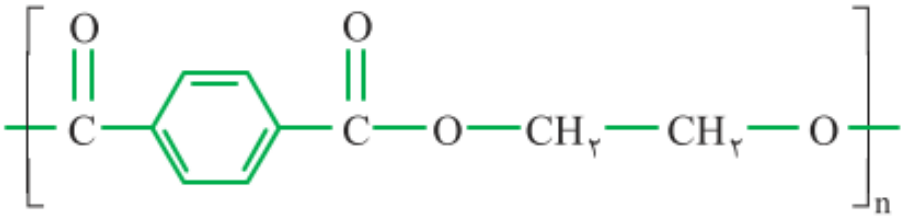
بدیهی است هر چه **نوع و تعداد** گروه‌های عاملی در مولکول هدف **بیشتر** باشد، ساخت آن **دشوارتر** بوده و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارامدتری نیازدارد.(۱۱۳)

نمودار تبدیل برخی از مواد آلی به یکدیگر

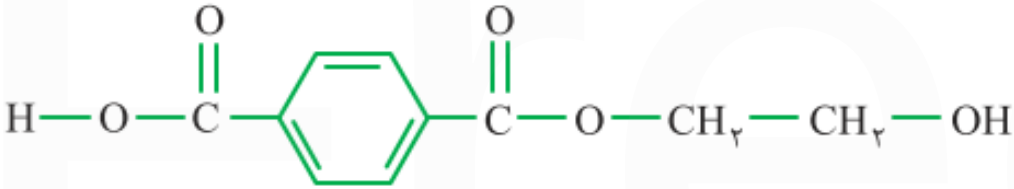


بازده واکنش، هزینهٔ مواد و انرژی مصرف‌شده برای تولید مادهٔ هدف به نوع واکنش و فناوری به کار رفته بستگی دارد. از این‌رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط‌زیست، هم‌چنین واکنش‌های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینهٔ تمام‌شدهٔ تولید یا سنتز را کاهش دهند. (۱۱۳)

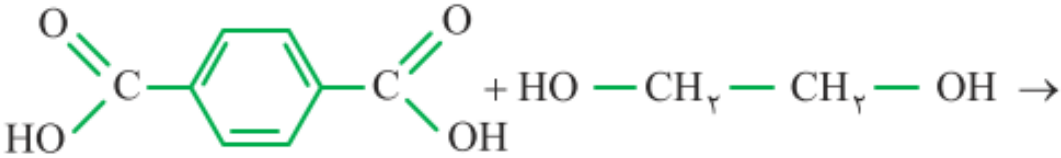
- **بطری آب** از پلیمری به نام **پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)** ساخته می‌شود، این پلیمر دارای ساختار زیر است: (۱۱۳)

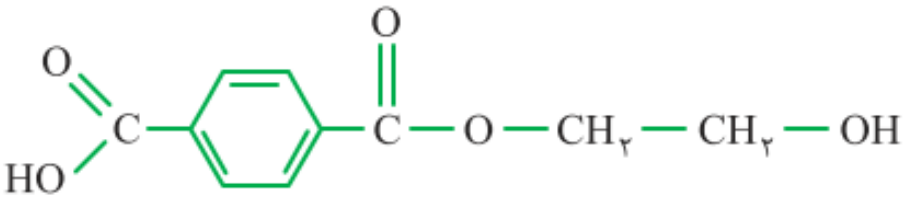


این پلیمر از خانوادهٔ استرها است و مونومر این پلیمر به شکل زیر است:



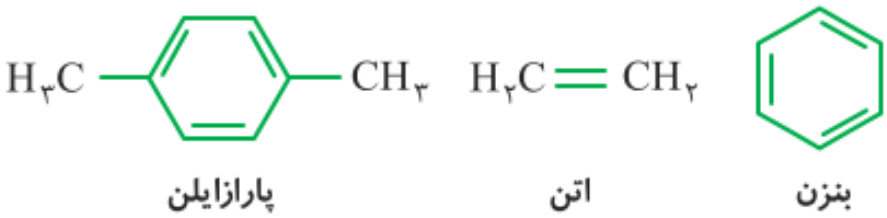
- این مونومر از واکنش **ترفتالیک اسید** (اسید دوعاملی) **و اتیلن گلیکول** (الکل دوعاملی) در شرایط مناسب به دست می‌آید. (۱۱۴)





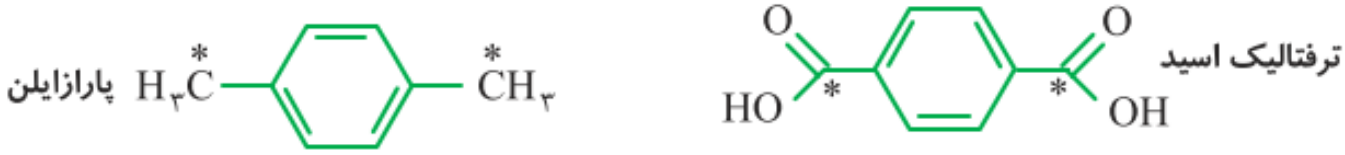
- اما مسئله این است که اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در **نفت خام وجود ندارند** و باید این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می‌شوند، سنتز کرد. (۱۱۴)

■ بررسی‌ها نشان می‌دهد که از تقطیر نفت خام می‌توان سه مادهٔ زیر را به دست آورد. (۱۱۴)



بنزن　　اتن　　پارازایلن

■ به دو ساختار زیر دقت کنید تا نکات را با هم بررسی کنیم. (۱۱۵)



۱ برای ساختن ترفتالیک اسید از **پارازایلن**، باید عامل‌های $-CH_3$ به کربوکسیل $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ تبدیل شوند.

۲ عدد اکسایش کربن‌های ستاره‌دار در پارازایلن -3 است، در صورتی که در ترفتالیک اسید $+3$ است؛ بنابراین برای رسیدن به ترفتالیک اسید باید پارازایلن را **اکسایش** دهیم.

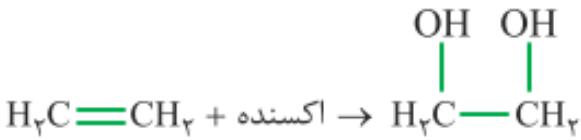
۳ برای این کار نیاز به یک **اکسنده** داریم. **پتاسیم پرمنگنات** اکسنده‌ای است که **محلول غلیظ** آن در شرایط مناسب پارازایلن را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.

۴ در این واکنش یون پرمنگنات (MnO_4^-) به منگنز (IV) اکسید (MnO_2) تبدیل می‌شود، پس عدد اکسایش آن از $+7$ به $+4$ **کاهش** می‌یابد.

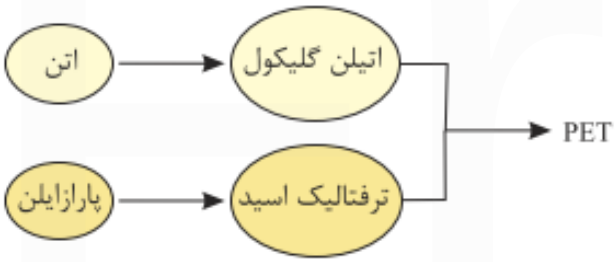
۵ انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است، زیرا با وجود غلظت بالا باز

هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود و نیاز به گرما داریم اما بازده واکنش هم‌چنان مطلوب نیست. همهٔ این‌ها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است. شیمی‌دان‌ها دریافتند که استفاده از **گاز اکسیژن** و **کاتالیزگرهای** مناسب می‌تواند راهگشا باشد.

- حالا باید اتیلن گلیکول را تهیه کنیم تا بتوانیم با ترفتالیک اسید واکنش داده و پلیمر به کار رفته در بطری آب را بسازیم. برای این کار از واکنش گاز اتن در محلول **آبی و رقیق** پتاسیم پرمنگنات استفاده می‌کنیم: (۱۱۶)



- حالا می‌توانیم پلی‌اتیلن ترفتالات را تهیه کنیم: (۱۱۶)



- 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 کرهٔ زمین است. (۱۱۶)

بازیافت PET

پلاستیک‌ها (۱۱۷)

۱) چگالی کم
۲) نفوذناپذیری نسبت به آب و هوا
۳) ارزان‌بودن
۴) مقاومت در برابر خوردگی

- استفادهٔ بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به‌همراه زیست‌تخریب‌ناپذیری آن‌ها باعث شده که در جای جای کرهٔ زمین یافت شوند. از این‌رو بازیافت آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. (۱۱۷)

راه‌های بازیافت پلاستیک (۱۱۸)

شست‌وشو ← خردکردن و ایجاد پَرک ← ذوب‌کردن ← استفادهٔ مجدد

شست‌و شو ← تبدیل به مونومرهای سازنده یا مواد اولیهٔ مفید و ارزشمند

- سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد. (۱۱۸)
- برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بسیار دشوار است. (۱۱۸)
- متانول: مایعی **بی‌رنگ**، **بسیار سمی**، ساده‌ترین عضو خانوادهٔ الکل‌ها است که می‌توان آن را از **چوب** تهیه کرد. (۱۱۸)
- بـرای تهیهٔ متانول در مقیاس صنعتی، **گاز کربن مونواکسـید** را با **گاز هیدروژن** در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. (۱۱۸)

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[\text{دما و فشار مناسب}]{\text{کاتالیزگر}} CH_3OH$$

مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند، از این‌رو نخست باید آن‌ها را تولید کرد. برای تهیهٔ این گازها باید از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.

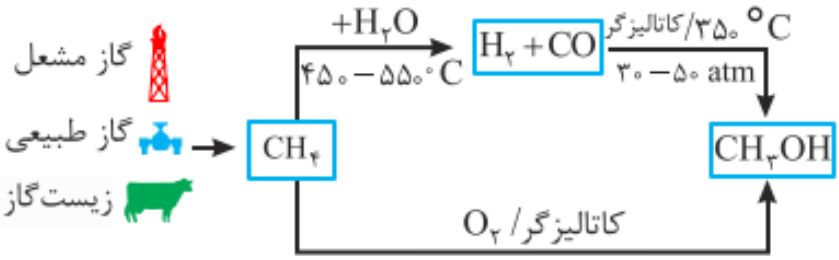
$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CO(g) + 3H_2(g)$$

- گاز متان سازندهٔ 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. (۱۱۹)

گاز متان چون از خانوادهٔ آلکان‌ها است یک هیدروکربن سیرشده می‌باشد و واکنش‌پذیری کمی دارد، پس تبدیل آن به متان فرایند دشواری است. (۱۱۸)

روش‌های تولید متانول از متان



- یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود. (۱۱۹)
- در شیمی یازدهم گفتیم که پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. شیمی‌دان‌ها دریافتند که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود.
- استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود. (تمرین ۱، صفحهٔ ۱۲۰)
- هر واکنشی که در آن ترکیب آلی اکسیژن‌دار از یک هیدروکربن تولید می‌شود، واکنش اکسایش ـ کاهش است. (تمرین ۱، صفحهٔ ۱۲۰)

واکنش‌های شیمیایی

پایهٔ ۱۰

۱ (۵۳) انرژی + آب + کربن دی‌اکسید → اکسیژن + چربی‌ها یا قندها

۲ (۵۴) انرژی + بخار آب + $SO_2 + CO_2$ → زغال‌سنگ + اکسیژن

۳ $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ (۵۴)

۴ $2Mg + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2MgO$ (۵۵)

۵ $S + O_2 \xrightarrow{\Delta} SO_2$ (۵۵)

۶ $4Na + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Na_2O$ (۵۵)

۷ (۵۶) کربن دی‌اکسید → اکسیژن + کربن

- $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

۸ $2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt(s)} 2H_2O(l)$ (۵۶)

۹ (۵۷) نقره سولفید → گوگرد + فلز نقره

- $Ag(s) + S(s) \rightarrow AgS(s)$

۱۰ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ (۵۸)

۱۱ $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ (۵۹)

۱۲ $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ (۵۹)

۱۳ $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ (۶۰)

۱۴ $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ (۶۰)

۱۵ $4C_3H_5N_3O_9 \rightarrow 12CO_2 + 10H_2O + O_2 + 6N_2$ (۶۰)

۱۶ $4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$ (۶۱)

■ **تبدیل CO_2 به مواد معدنی**

۱۷ $CO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaCO_3(s)$ (۷۴)

■ $CO_2(g) + MgO(s) \rightarrow MgCO_3(s)$ (۷۴)

۱۸ سوختن بنزین $\rightarrow CO + CO_2 + H_2O$ (۷۶)

۱۹ سوختن زغال‌سنگ $\rightarrow CO + CO_2 + H_2O + SO_2$ (۷۶)

۲۰ سوختن هیدروژن $\rightarrow H_2O$ (۷۶)

۲۱ سوختن گاز طبیعی $\rightarrow CO + CO_2 + H_2O$ (۷۶)

۲۲ $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$ (۷۹)

■ **نحوهٔ تشکیل اوزون تروپوسفری**

هنگام رعد و برق

۲۳ $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ (۸۰)

■ $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ (۸۰)

■ $NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO(g) + O_3(g)$ (۸۰)

۲۴ $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ (۸۴)

۲۵ $C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) +$ انرژی (۸۵)

۲۶ $2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}} 2H_2O(l)$ (۸۶)

۲۷ $H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}}$ واکنشی رخ نمی‌دهد. (۸۶)

۲۸ $3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow[\text{Fe کاتالیزگر}, 450^\circ C, 200\ atm]{\text{شرایط بهینه}} 2NH_3(g)$ (۸۷)

۲۹ $Si + 2Cl_2 \rightarrow SiCl_4$ (۸۸)

۳۰ $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$ (۸۸)

۳۱ $2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$ (۸۸)

۳۲ $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$ (۸۸)

۳۳ $CaCl_2 + 2NaF \rightarrow 2NaCl + CaF_2$ (۸۸)

■ **واکنش اکسایش چربی ذخیره‌شده در کوهان شتر**

۳۴ $2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l)$ (۸۸)

■ **واکنش شناسایی یون کلرید (Cl^-)**

۳۵ (۹۶) سدیم نیترات + رسوب سفید نقره کلرید ⟶ محلول سدیم کلرید + محلول نقره نیترات

■ **واکنش شناسایی یون Ca^{2+}**

۳۶ (۹۶) کلسیم فسفات + سدیم کلرید ⟶ کلسیم کلرید + سدیم فسفات

■ **واکنش شناسایی یون باریم**

۳۷ $Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2NaCl(aq)$ (۹۷)

۳۸ $MgCl_2(l) \xrightarrow{\text{جریان برق}} Mg(l) + Cl_2(g)$ (۱۰۵)

■ **واکنش برخی فلزهای قلیایی با کلر**

۱ $۲Li + Cl_۲ \rightarrow ۲LiCl$ (۱۲)

■ $۲Na + Cl_۲ \rightarrow ۲NaCl$ (۱۲)

■ **واکنش با هیدروژن** (۱۴)

۲ (۱۴) حتی در دمای $-۲۰۰\ ^\circ C$ به سرعت واکنش می‌دهد. ← فلوئور

■ (۱۴) در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد. ← کلر

■ (۱۴) در دمای $۲۰۰\ ^\circ C$ واکنش می‌دهد. ← برم

■ (۱۴) در دمای بالاتر از $۴۰۰\ ^\circ C$ واکنش می‌دهد. ← ید

■ **شناسایی فلز در یک نمونه:** (۱۹)

۳ (۱۹) سدیم کلرید + آهن (II) هیدروکسید ← سدیم هیدروکسید + آهن (II) کلرید
(رسوب سبز رنگ)

■ (۱۹) سدیم کلرید + آهن (III) هیدروکسید ← سدیم هیدروکسید + آهن (III) کلرید
(رسوب قرمز آجری رنگ)

۴ (۲۰) محلول آهن (II) سولفات + فلز مس ← میخ آهنی + محلول مس (II) سولفات

■ $CuSO_۴(aq) + Fe(s) \rightarrow Cu(s) + FeSO_۴(aq)$

۵ $FeO(s) + ۲Na(s) \xrightarrow{\Delta} Na_۲O(s) + Fe(s)$ (۲۱)

■ $FeO(s) + Cu(s) \xrightarrow{\Delta} Fe(s) + CuO(s)$ (۲۱)

■ $۲FeO(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} CO_۲(g) + ۲Fe(s)$ (۲۱)

■ $Na_۲O(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta}$ (۲۱) واکنش نمی‌دهد.

■ استخراج آهن به وسیلهٔ کربن

۶ $2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s) + 3CO_2(g)$ (۲۱)

■ واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز

۷ $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$ (۲۳)

۸ $Fe(s) + 2HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$ (۲۴)

■ واکنش ترمیت ـ یکی از واکنش‌های صنعت جوشکاری

۹ $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

۱۰ $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$ (۲۵)

به‌عنوان رنگ قرمز در نقاشی به‌کار می‌رود.

■ اتانول در مقیاس صنعتی از واردکردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب تولید می‌شود.

۱۱ $CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$ (۴۰)

۱۲ $CH_2=CH_2 + HOH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$

■ هرگاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود.

۱۳ $CH_2=CH_2(g) + Br_2(l) \longrightarrow CH_2(Br)-CH_2(Br)$ (۴۰)

۱ و ۲ دی‌بروموواتان

■ همهٔ آلکن‌ها در این واکنش شرکت می‌کنند؛ به گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده است.

۱۴ سوختن بنزین $\rightarrow CO_2 + CO + H_2O$ (۴۵)

۱۵ سوختن زغال‌سنگ $\rightarrow SO_2 + CO_2 + NO_2 + CO + H_2O$ (۴۵)

■ به دام انداختن گاز گوگرد دی‌اکسید خارج‌شده از نیروگاه‌ها با عبور گاز خروجی از روی کلسیم اکسید

۱۶ $SO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaSO_3(s)$ (۴۵)

۱۷ $2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Al_2(SO_4)_3(aq)$ (۴۷)

■ تهیهٔ سیلیسیم که عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی است.

۱۸ $SiO_2(s) + 2C(s) \xrightarrow{\Delta} Si(l) + 2CO(g)$ (۴۷)

۱۹ $TiCl_4 + 2Mg \xrightarrow{\Delta} Ti + 2MgCl_2$ (۴۸)

۲۰ $2Fe_2O_3 + 3Ti \xrightarrow{\Delta} 4Fe + 3TiO_2$ (۴۸)

۲۱ $3Mg + Fe_2O_3 \rightarrow 3MgO + 2Fe$ (۴۸)

۲۲ $Cu_2S + O_2 \rightarrow 2Cu + SO_2$ (۴۸)

۲۳ $C_6H_{12}(l) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} C_6H_{14}(l)$ (۴۸)

۲۴ روغن‌زیتون $200\ g$ $(25\ ^\circ C) \xrightarrow{19700\ J}$ روغن‌زیتون $200\ g$ $(75\ ^\circ C)$ (۵۷)

۲۵ آب $200\ g$ $(25\ ^\circ C) \xrightarrow{41800\ J}$ آب $200\ g$ $(75\ ^\circ C)$ (۵۷)

۲۶ $H_2O(l) + 44/1\ kJ \rightarrow H_2O(g)$ (۶۰)

■ اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

۲۷ $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) + 2808\ kJ$ (۶۱)

۲۸ $H-H(g) + Cl-Cl(g) \rightarrow 2H-Cl(g)$ (۶۲)

۲۹ $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{25\ ^\circ C} 2NH_3(g) + 92\ kJ$ (۶۳)

■ $N_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25\ ^\circ C} 2NH_3 + 183\ kJ$ (۶۳)

۳۰ $C_{(S,\text{گرافیت})} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + ۳۹۳/۵\ kJ$ (۶۳)

■ $C_{(S,\text{الماس})} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + ۳۹۵/۴\ kJ$ (۶۳)

۳۱ $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + ۴۸۴\ kJ$ (۶۳)

■ **واکنش در فتوسنتز**

۳۲ $6CO_2(g) + 6H_2O(l) + ۲۸۰۸\ kJ \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$ (۶۴)

۳۳ $CO_2(s) + q \rightarrow CO_2(g)$ (۶۴)

۳۴ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + q$ (۶۴)

۳۵ $N_2O_4(g) + q \rightarrow 2NO_2(g)$ (۶۵)

بی‌رنگ — قهوه‌ای

۳۶ $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) + q$ (۶۵)

۳۷ $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g) \quad \Delta H = ۱۴۳\ kJ$ (۶۵)

۳۸ $H_2(g) + ۴۳۶\ kJ \rightarrow 2H(g)$ (۶۵)

۳۹ $CH_4(g) + ۱۶۶۰\ kJ \rightarrow C(g) + 4H(g)$ (۶۶)

۴۰ $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl \quad \Delta H = -۱۸۴\ kJ$ (۷۴)

۴۱ $N \equiv N(g) + 2H_2(g) \rightarrow H_2N - NH_2(g) \quad \Delta H = +۹۱\ kJ$ (۷۵)

۴۲ $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g) \quad \Delta H = +۶۵\ kJ$ (۷۵)

۴۳ $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta H = -۴۸۴\ kJ$ (۷۵)

۴۴ $2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \xrightarrow{۲۵\,^\circ C} 4CO_2(g) + 6H_2O(l) + ۳۱۲۰\ kJ$ (۷۰)

۴۵ $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \xrightarrow{۲۵\,^\circ C} 2CO_2(g) + 3H_2O(l) + ۱۳۶۸\ kJ$ (۷۰)

۴۶ $C_{(S,\text{گرافیت})} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -۳۹۳/۵\ kJ$ (۷۱)

۴۷ $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H = -۲۸۶\ kJ$ (۷۱)

۴۸ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -۸۹۰\ kJ$ (۷۱)

۴۹ $C_{(S,\text{گرافیت})} + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g) \quad \Delta H = -۷۵/۵\ kJ$ (۷۲)

۵۰ $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) \quad \Delta H = -۱۹۶\ kJ$ (۷۳)

۵۱ $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H = -۱۸۸\ kJ$ (۷۳)

۵۲ $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -۲۸۳\ kJ$ (۷۳)

۵۳ $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g) \quad \Delta H = +۱۸۱\ kJ$ (۷۳)

۵۴ $2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g) \quad \Delta H = -۷۴۷\ kJ$ (۷۳)

۵۵ $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + ۳۹۳/۵\ kJ$ (۷۳)

■ $C(s) + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO(g) + ۱۱۰/۵\ kJ$ (۷۳)

■ $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + ۲۸۳\ kJ$ (۷۳)

۵۶ $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + ۱۸۳\ kJ$ (۷۴)

۵۷ $N_2(g) + 3H_2 \rightarrow 2NH_3(g) + ۹۲\ kJ$

۵۸ $N_2(g) + 2H_2(g) + ۹۱\ kJ \rightarrow N_2H_4(g)$

■ **فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد واکنش می‌دهند اما سرعت واکنش‌ها متفاوت است.** (۸۱)

$$\left.\begin{matrix} Na + \text{آب سرد} \\ K + \text{آب سرد} \end{matrix}\right\}$$

■ شعلهٔ آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند در حالی که پاشیدن و پخش‌کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

■ محلول پتاسیم پرمنگنات، که بنفش است با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم‌شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.

■ الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.

■ محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. (۸۲)

■ زمانی که محلول سفیدکننده با ۰/۰۵ مول رنگ غذا واکنش می‌دهد به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود تا این‌که در پایان واکنش محلول تا مرز بی‌رنگ‌شدن پیش می‌رود.

۵۹ مس + روی سولفات → روی + مس (II) سولفات

۶۰ $CuSO_4(aq) + Zn(s) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

۶۱ $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$ (۸۵)

۶۲ $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ (۸۸)

۶۳ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (۹۰)

■ **تبدیل قند موجود در جوانهٔ گندم (مالتوز) به گلوکز**

۶۴ $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$ (۹۱)

۶۵ $NH_4NO_3(s) + 26\ kJ \xrightarrow{\text{در آب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$ (۹۴)

۶۶ $CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{در آب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83\ kJ$ (۹۴)

اکسایش چربی ذخیره‌شده در کوهان شتر:

۶۷ $2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l)$ (۹۴)

$\Delta H = -75520\ kJ$

۶۸ $H_2(g) + I_2(s) + 53\ kJ \rightarrow 2HI(g)$ (۹۵)

۶۹ $nCH_2=CH_2(g) \xrightarrow[500\,^\circ C,\ 1000\ atm]{\text{گرما و فشار}} -(CH_2-CH_2)_n-(s)$ (۱۰۲)

اتن — پلی‌اتن

کاتالیزگر مناسب

۷۰ $n\ C_2F_4(g) \longrightarrow -(C_2F_4)-(s)$ (۱۰۵)

تترافلوئورو اتن — تفلون

۷۱ $R-C(=O)-OH + H-OR' \xrightarrow{H_2SO_4} R-C(=O)-OR' + H_2O$ (۱۱۲)

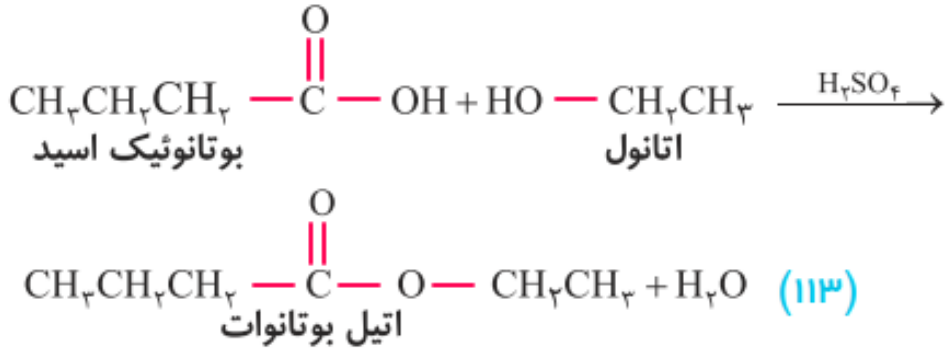
کربوکسیلیک اسید — الکل — استر

۷۲ $CH_3-C(=O)-OH + HOCH_2CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-C(=O)-OCH_2CH_3 + H_2O$ (۱۱۲)

اتانوئیک اسید — اتانول — اتیل اتانوات

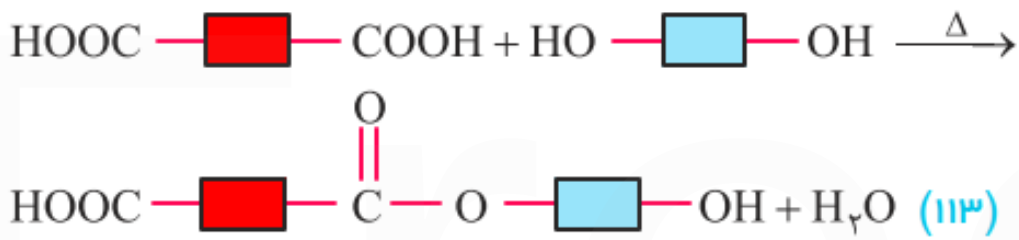
■ تولید اتیل بوتانوات در مقیاس صنعتی که از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده می‌شود.

۷۳



(۱۱۳)

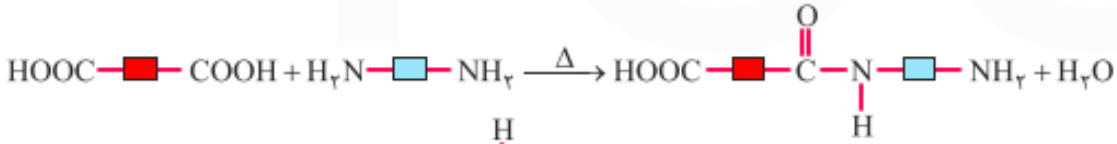
۷۴



(۱۱۳)

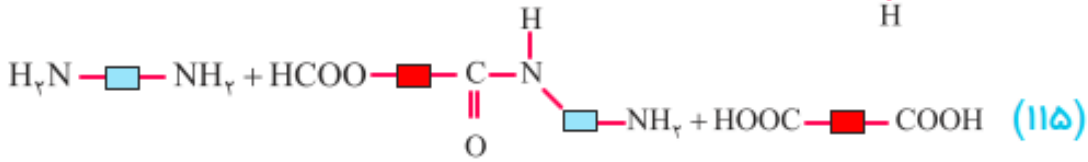
■ تولید پلی‌آمید:

۷۵

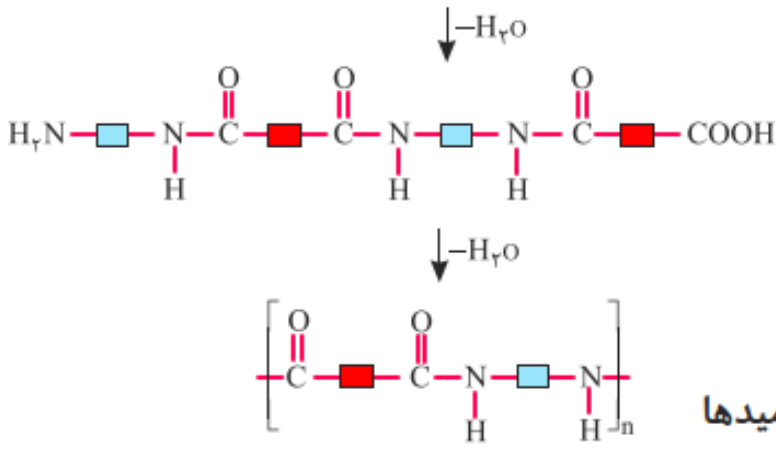


(۱۱۵)

۷۶



(۱۱۵)



فرمول عمومی پلی‌آمیدها

■ استرها در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می‌شوند این واکنش به آبکافت استرها معروف است.

۷۷ $CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2CH_3 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4}$

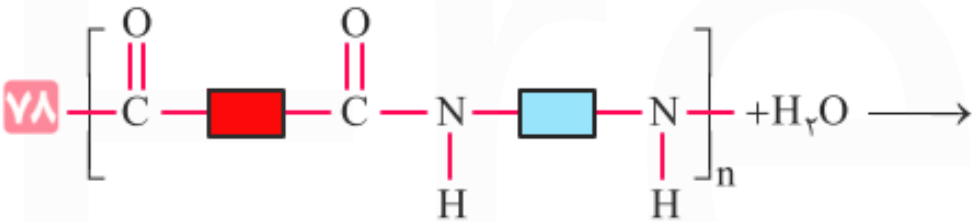
اتیل بوتانوات

(۱۱۶)

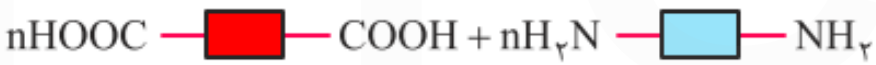
$CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + HO-CH_2CH_3$

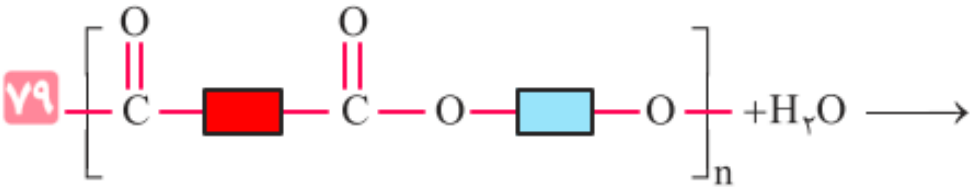
بوتانوئیک اسید — اتانول

■ پلی‌آمیدها و پلی‌استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند.

۷۸ 

(۱۱۷)



۷۹ 

(۱۱۷)

۸۰ $CH_2=CH_2(g) + Cl_2(g)$

$\xrightarrow{FeCl_3(s)} CH_2ClCH_2Cl(g) \quad \Delta H = -178\ kJ.mol^{-1}$ (۱۲۱)

۲،۱–دی‌کلرو اتان

۱ $۲RCOONa(aq)+MgCl_۲(aq)\rightarrow(RCOO)_۲Mg(s)+۲NaCl(aq)$ (۹)

۲ $۲RCOONa(aq)+CaCl_۲(aq)\rightarrow(RCOO)_۲Ca(s)+۲NaCl(aq)$

(۱۳) فراورده‌های دیگر + گاز هیدروژن ← آب + مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید

■ **تعادل در محلول هیدروفلوئوریک اسید**

۳ $HF(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq)$ (۲۱)

■ **مبنای کار شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها**

$RCOOH(s)+NaOH(aq)\rightarrow RCOONa(aq)+H_۲O(l)$ (۳۰)

■ شیر منیزی شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو با اسید معده به شکل بالا واکنش می‌دهد و آن را خنثی می‌کند و سبب کاهش اسید معده می‌شود. (۳۲)

۴ $۲HCl(aq)+Mg(OH)_۲(aq)\rightarrow MgCl_۲(aq)+۲H_۲O(l)$ (۳۲)

۵ $NaHCO_۳(aq)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+H_۲O(l)+CO_۲(g)$ (۳۲)

۶ $Zn(s)+\underset{\text{آبی‌رنگ}}{Cu^{۲+}(aq)}\rightarrow \underset{\text{قرمزرنگ}}{Cu(s)}+Zn^{۲+}(aq)$ (۴۱)

۷ $۲Al(s)+۳Cu^{۲+}(aq)\rightarrow ۲Al^{۳+}(aq)+۳Cu(s)$ (۴۲)

دمای محلول افزایش می‌یابد. (۴۳)

۸ $Cu^{۲+}(aq)+۲Fe^{۲+}(aq)\rightarrow Cu(s)+۲Fe^{۳+}(aq)$

۹ $۲Mg(s)+O_۲(g)\rightarrow ۲MgO(s)$ (۴۲)

■ **همراه با نور خیره‌کننده برای عکاسی** (۴۲)

۱۰ $3Mg(s) + 2Au^{3+}(aq) \rightarrow 3Mg^{2+}(aq) + 2Au(s)$ (۴۹)

■ سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن. گاز هیدروژن به عنوان سوخت اکسایش می‌یابد و هم‌زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می‌یابد.

۱۱ $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ (۵۲)

۱۲ $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O \quad E^\circ = +1/2\ V$ (۵۳)

۱۳ $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad E^\circ = 0/0\ V$ (۵۳)

■ **نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب:**

۱۴ $2H_2O(l) \rightarrow O_2 + 4H^+(aq) + 4e^-$ (۵۴)

۱۵ $2e^- + 2H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ (۵۴)

۱۶ $2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ (۵۷)

۱۷ $4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$ (۵۷)

■ **فرایند هال:**

۱۸ $2Al_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$ (۶۱)

۱۹ $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ (۶۳)

۲۰ $Cl_2(g) + 2KI(aq) \rightarrow I_2(s) + 2KCl(aq)$ (۶۳)

۲۱ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (۶۳)

۲۲ $2Cr^{2+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + Sn(s)$ (۶۴)

۲۳ $Fe(s) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Sn(s)$ (۶۴)

۲۴ $Fe(s) + ۲Cr^{۳+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq) + ۲Cr^{۲+}(aq)$ (۶۴)

■ باتری نقره ـ روی:

۲۵ $Zn(s) + Ag_۲O(s) \rightarrow ZnO(s) + ۲Ag(s)$ (۶۴)

۲۶ $NaCl(s) + ۷۸۷\ kJ \rightarrow Na^{+}(g) + Cl^{-}(g)$ (۸۰)

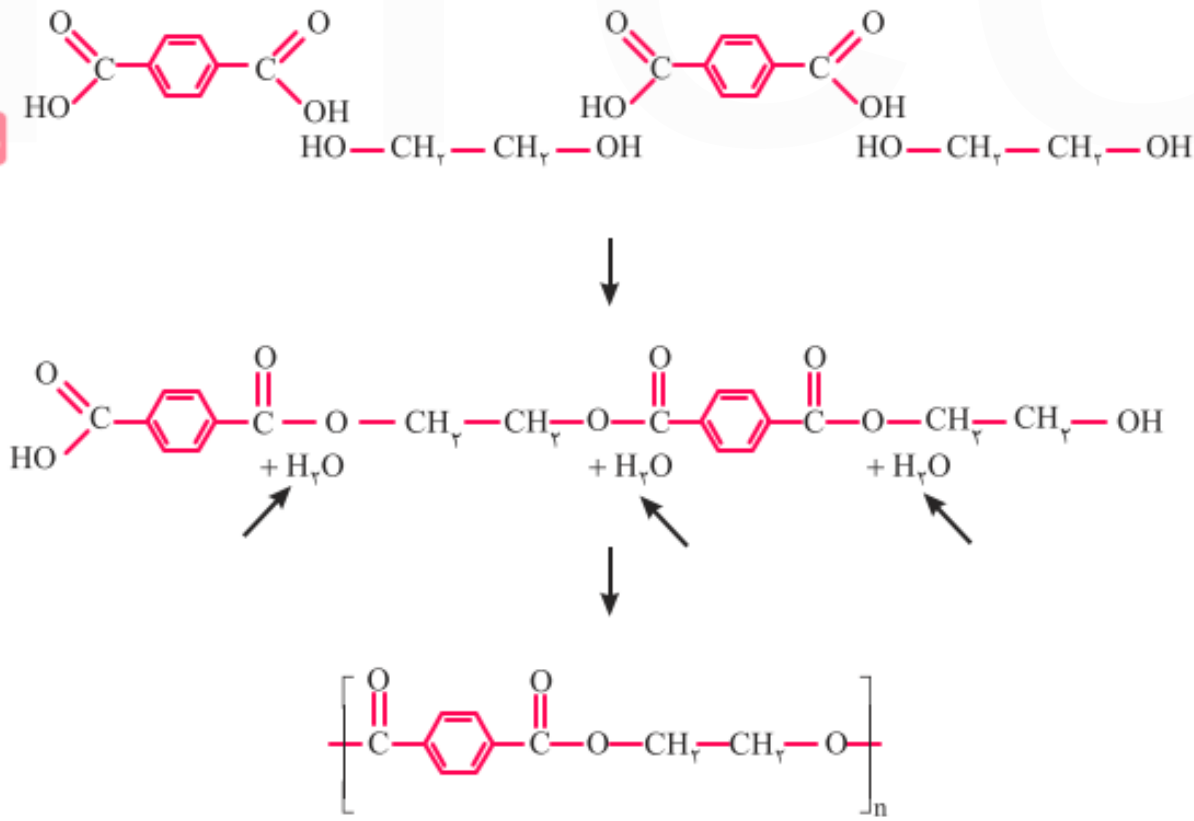
۲۷ $KBr(s) + ۶۸۹\ kJ \rightarrow K^{+}(g) + Br^{-}(g)$ (۸۰)

۲۸ $CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g) \quad \Delta H = -۸۰۲\ kJ$

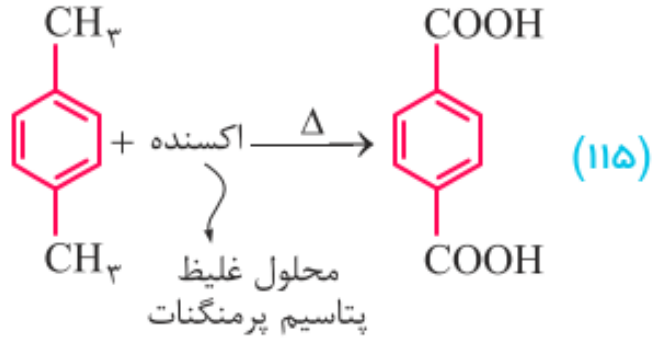
۲۹ $N_۲(g) + ۳H_۲(g) \underset{Fe(s)}{\overset{۲۰۰\ atm, ۴۵۰\ ^\circ C}{\rightleftharpoons}} ۲NH_۳(g)$ (۱۰۱)

■ الگوی تولید PET

۳۰



(۱۱۴)

۳۱ 

(۱۱۵)

۳۲ $H_2C=CH_2 + \text{اکسنده} \longrightarrow H_2C(OH)-CH_2(OH)$ (۱۱۶)

محلول آبی و رقیق
پتاسیم پرمنگنات

فرایند کلی سنتز PET

PET ← اتن ← اتیلن گلیکول
PET ← پارازایلن ← ترفتالیک اسید

۳۳ $CO + 2H_2 \xrightarrow[\text{دما و فشار مناسب}]{\text{کاتالیزگر}} CH_3OH$ (۱۱۸)

۳۴ $CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CO(g) + 3H_2(g)$

$CH_4 + H_2O \xrightarrow{450-550\,^\circ C} H_2 + CO$ (۱۱۹)

$H_2 + CO \xrightarrow[30-50\,atm]{\text{کاتالیزگر} / 350\,^\circ C} CH_3OH$

$CH_4 \xrightarrow{O_2 / \text{کاتالیزگر}} CH_3OH$

۳۵ $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$

۳۶ $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g)$

رنگ‌ها

پایهٔ ۱۰

رادون	گازی **بی‌رنگ** (۹)
نور خورشید	**سفید**
تجزیه که بشود گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها (۱۹)	
بخار سدیم	نور **زرد**
لامپ‌ها *توی* آزادراه و بزرگراه و خیابان‌ها (۲۲)	
نئون	سرخ رنگ
در لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی	
شعلهٔ فلز سدیم و ترکیب‌هایش	زردرنگ
شعلهٔ فلز مس و ترکیب‌هایش	سبزرنگ
شعلهٔ فلز لیتیم و ترکیب‌هایش	سرخ‌رنگ
انتقال الکترون از لایهٔ ۳ به ۲	قرمز (۲۷)
انتقال الکترون از لایهٔ ۴ به ۲	سبز
انتقال الکترون از لایهٔ ۵ به ۲	آبی
انتقال الکترون از لایهٔ ۶ به ۲	بنفش

آرگون	گازی **بی‌رنگ** (۵۰)
هلیم	گاز نجیب **بی‌رنگ** (۵۱)
سوختن ناقص	رنگ **زرد** شعله (۵۴)
سوختن کامل در اکسیژن کافی	رنگ **آبی** شعله
کربن مونوکسید	گازی **بی‌رنگ**
سوختن گرد آهن	نارنجی (۵۵)
سوختن منیزیم	سفید
سوختن گوگرد	آبی
سوختن سدیم	زرد
زنگ آهن	قهوه‌ای‌رنگ (۶۰)
آهن (II) کلرید	سبز روشن
$CuCl_2$	آبی روشن
$CuCl$	سبز تیره
گاز نیتروژن دی‌اکسید	قهوه‌ای‌رنگ (۸۰)

رسوب نقره کلرید	سفیدرنگ (۹۶)
رسوب باریم سولفات	سفیدرنگ (۹۷)
محلول مس (II) سولفات	آبی‌رنگ (۱۰۱)
محلول ید در هگزان	بنفش (۱۱۷)
بنزین خودرو	سبز

فلز سدیم ← نقره‌ای ← (در مجاورت هوا) کدر می‌شه. (۱۴)

- با عبور نور سفید از یک یاقوت، طول موج بلندتر آن یعنی رنگ سرخ بازتاب می‌شود. (۱۵)

نمک‌های گوناگون فلزهای واسطه رنگ‌های متنوعی دارند

- Ni^{2+} ← قهوه‌ای‌رنگ (۱۶)
- Cr^{3+} ← سبزرنگ
- Fe^{2+} ← سبزرنگ
- Co^{2+} ← آبی‌رنگ
- Cu^{2+} ← آبی‌رنگ
- Mn^{3+} ← بنفش‌رنگ

رسوب آهن (II) هیدروکسید	سبزرنگ (۱۹)
Fe^{2+}	سبز
رسوب آهن (III) هیدروکسید	قرمز آجری‌رنگ (۱۹)
Fe^{3+}	قهوه‌ای
محلول مس (II) سولفات	آبی‌رنگ (۲۰)
آهن (III) اکسید	به عنوان رنگ قرمز در نقاشی (۲۵)

نفت خام	سیاه‌رنگ (۲۸)
کربن	سیاه (۳۰)
اتانول	بی‌رنگ (۴۰)
برم	قرمز قهوه‌ای

$NO_2(g)$	قهوه‌ای‌رنگ (۶۵)
رسوب نقره کلرید	سفیدرنگ (۷۷)
محلول پتاسیم پرمنگنات	بنفش‌رنگ (۸۱)
محلول $CuSO_4$	آبی (۸۴)

پایهٔ ۱۲

رنگ کاغذ pH (۱۲)
- محلول جوهر نمک ← قرمز
- محلول سود ← آبی
- صابون ← آبی
- سرکهٔ سفید ← قرمز

رنگ کاغذ pH (۱۴)
- HF ← قرمز
- $NaOH$ ← آبی

رنگ کاغذ pH (۱۵)
- HCl ← قرمز
- NH_3 ← آبی

■ محلولی که کاغذ pH در آن تغییر رنگ ندهد خنثی بوده، یعنی $[H^+]=[OH]$ (۲۵)

گل ادریسی
- اسیدی ← آبی
- بازی ← قرمز

محلول مس (II) سولفات	آبی‌رنگ (۴۱)
کلروفرم	مایعی بی‌رنگ (۷۵)
$NaCl$ (نمک خوراکی)	سفیدرنگ (۷۷)
TiO_2	سفید (۸۳)
Fe_2O_3	قرمز
دوده	سیاه

محلول نمک وانادیم (V) ← **زردرنگ** (۸۴) ← افزودن گرد روی

- محلول نمک وانادیم (IV) ← آبی
- محلول نمک وانادیم (III) ← سبز
- محلول نمک وانادیم (II) ← آبی تیره

متانول	مایعی بی‌رنگ (۱۱۸)
N_2O_4	بی‌رنگ (۱۲۰)
NO_2	قهوه‌ای‌رنگ