فصل ۴ شیمی ۳

ویژه دانش آموزان پایه‌ی دوازدهم

ساخت بطری آب (PET) و بازیافت آن

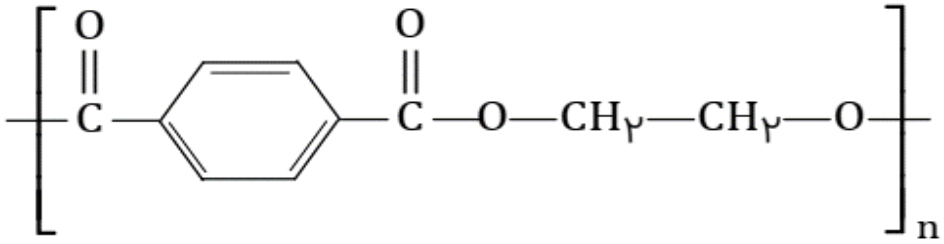
تهیه و تنظیم : مجیدغنچه علی

(۰۹۱۳۵۲۳۲۸۱۴)

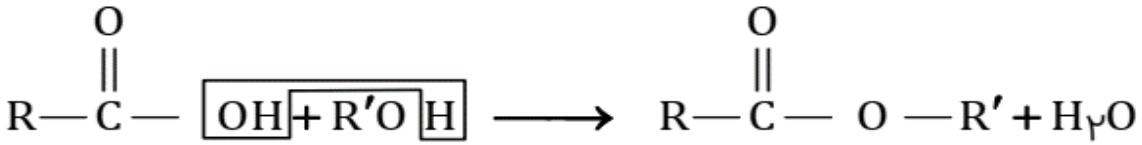
مدرس و مولف شیمی کنکور استان یزد

ساخت بطری آب:

بطری آب از پلیمری بنام پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند، سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید. این نوع پلیمر یک پلی‌استر با ساختاری به شکل روبرو است.

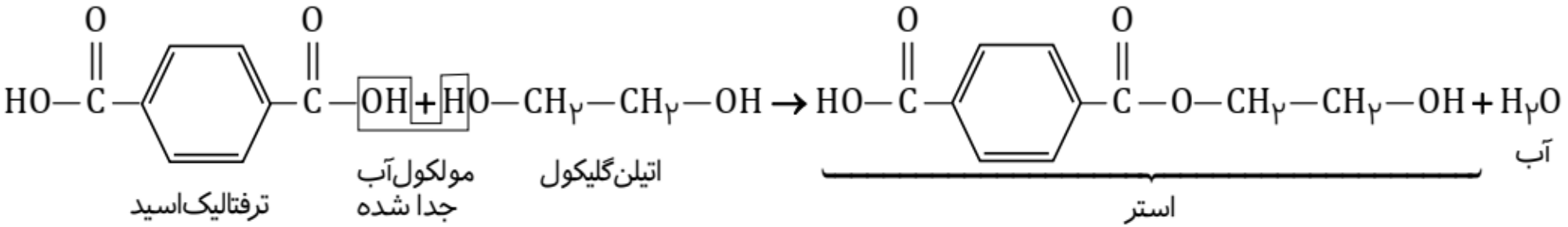


در کلاس یازدهم یاد گرفتم که از واکنش کربوکسیلیک‌اسیدها با الکل در مجاورت سولفوریک‌اسید، استر و آب تولید می‌شود.

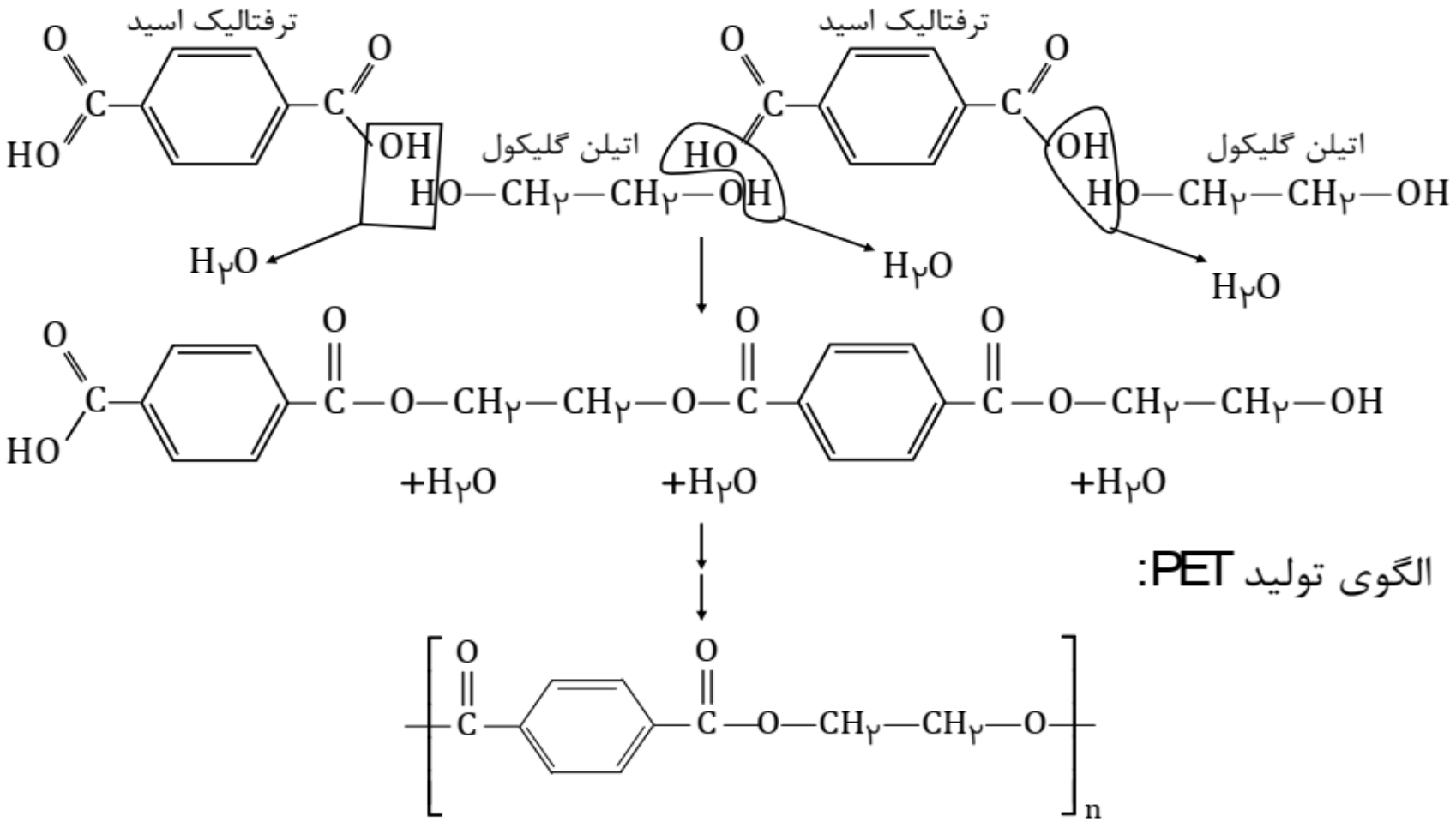


و از طرفی برای تهیه پلی‌استر از یک دی‌اسید (اسید دو عاملی و دی الکل (الکل دو عاملی)) استفاده می‌کردیم. برای تهیه پلی‌استر پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) از اتیلن‌گلیکول (ضد یخ یا ۱ و ۲ اتان دی‌اُل) به عنوان الکل دو عاملی و ترفتالیک‌اسید به عنوان اسید دو عاملی استفاده می‌شود.

از واکنش یک مولکول ترفتالیک‌اسید با یک مولکول اتیلن‌گلیکول، یک گروه عاملی‌استری و یک مولکول آب تشکیل می‌شود.



همانطور که در استر بالا می‌بینید، هنوز یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد، بنابراین واکنش‌استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، در حقیقت استر تولید شده بالا می‌تواند از سمت گروه کربوکسیل (سمت چپ $-COOH$) با یک الکل دو عامل دیگر و از سمت گروه هیدروکسیل (سمت راست یا $-OH$) با یک اسید دو عاملی دیگر واکنش دهد. که در این حالت پلی‌استر حاصل را PET می‌گویند.

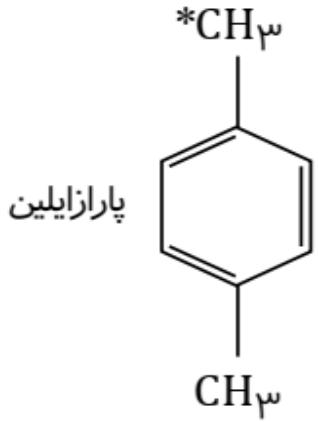


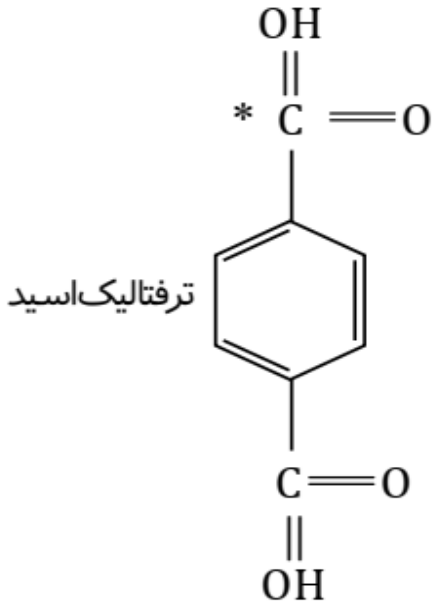
الگوی تولید PET:

نکته ۱: اتیلن گلیکول و ترفتالیک‌اسید در نفت خام وجود ندارد. به عبارت دیگر نمی‌توان بصورت مستقیم آن‌ها را از نفت خام بدست آورد. پس باید در ابتدا ترفتالیک‌اسید و اتیلن گلیکول را سنتز کرده که در ادامه به شرایط تولید آن‌ها پرداخته می‌شود.

سنتز ترفتالیک‌اسید:

از بین ترکیباتی که از تقطیر نفت خام بدست می‌آیند، پارازایلین ساختاری شبیه به ترفتالیک‌اسید دارد.





طبیعتاً برای ساختن ترفتالیک‌اسید باید از پارازایلین استفاده کرد ولی اگر در این دو ترکیب اعداد اکسایش کربن‌هایی که ستاره‌دار شده‌اند را بررسی کنیم خواهیم دید.

عدد اکسایش کربن‌ستاره‌دار پارازایلین = ۴ − ۷ = −۳

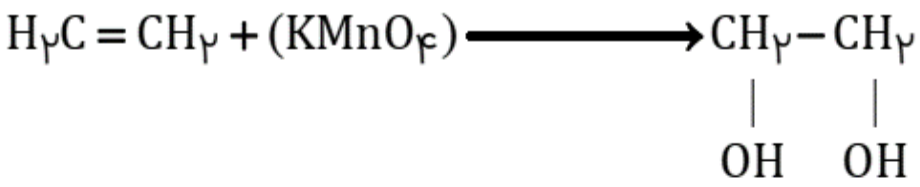
عدد اکسایش کربن‌ستاره‌دار ترفتالیک‌اسید = ۴ − ۱ = +۳

پس برای تبدیل پارازیلین که کربن آن عدد اکسایش -3 دارد به ترفتالیک‌اسید که عدد اکسایش آن $+3$ است باید پارازایلین را اکسید کنیم و از یک اکسنده قوی مانند پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) برای این موضوع استفاده می‌کنیم.

با وجود غلظت بالای پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک‌اسید تأمین نمی‌شود چون انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است به همین دلیل باید دمای مخلوط واکنش را بالا ببریم که با افزایش دما اگر چه شرایط انجام واکنش تأمین شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه این‌ها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک‌اسید دشوار است. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان‌تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش‌های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌تواند راهگشا باشد. البته پژوهش‌ها برای یافتن واکنش پربازده و با صرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.

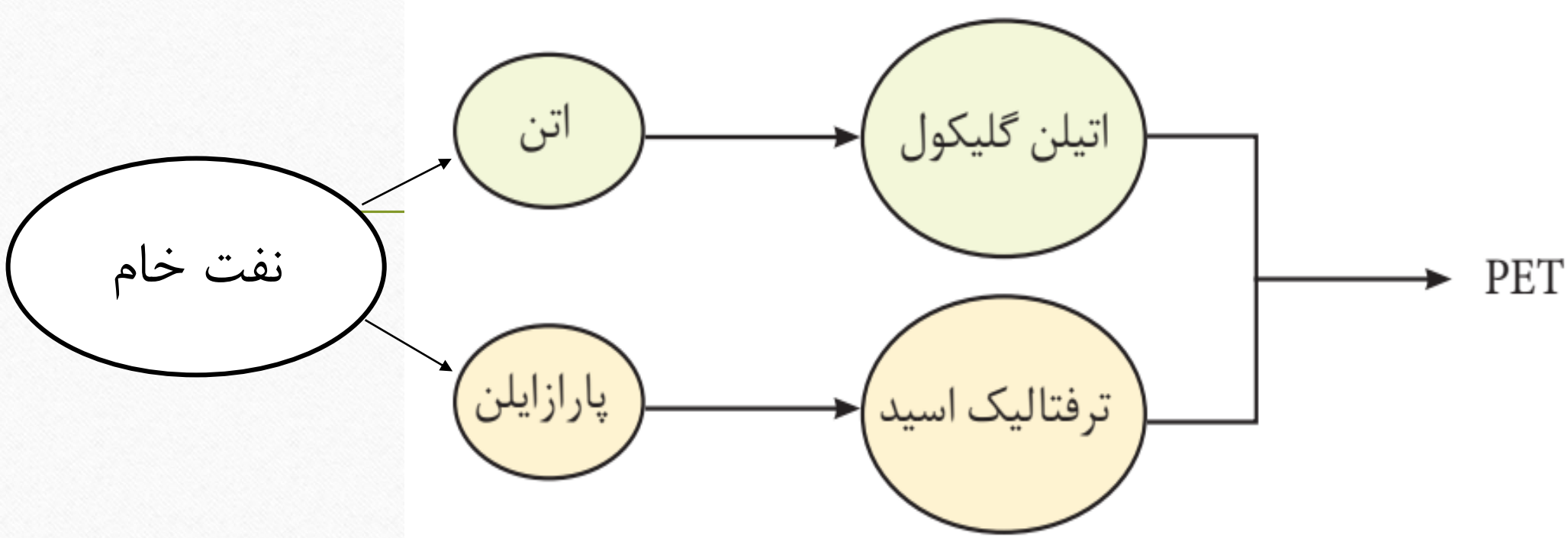
سنتز اتیلن‌گلیکول (ضدیخ) (۱ و ۲ اتان دی‌اُل):

برای تولید اتیلن‌گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و موثر واکنش داد. یکی از واکنش‌های مهم در بین ترکیبات آلی، اکسایش آلکن‌ها و تبدیل آنها به الکل‌هاست. همانطور که می‌دانید اتیلن‌گلیکول یک الکل دو عاملی است. گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



نکته ۱: در این واکنش، عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن از (2−) به (1−) افزایش می‌یابد. یعنی تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش بالا ۲ مول است.

نکته ۲: پلیمر (PET) همانند پلیمرهای سنتزی دیگر که در کتاب یازدهم خواندیم ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی بشمار می‌آید پس بهتر است فکری برای بازیافت آنها داشته باشیم که هم از اتلاف مواد اولیه جلوگیری شود و هم جلوی ضربه به محیط زیست را بگیریم.

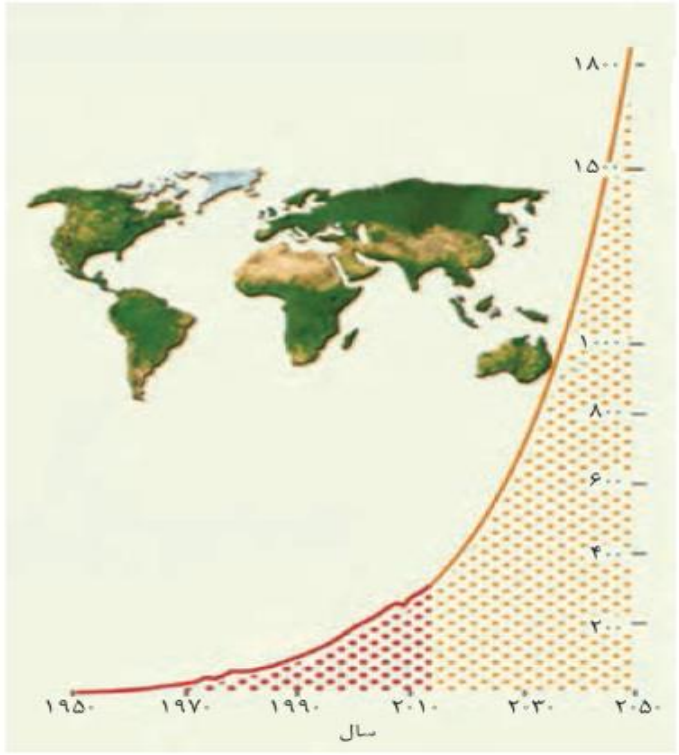


فرایند کلی سنتز PET

بازیافت PET :

یکی از نتایج نوآوری و خلاقیت بشر پلاستیک است، از ویژگی‌های بی‌نظیر پلاستیک‌ها می‌توان چگالی کم (سبک‌بودن)، نفوذناپذیری در برابر آب و هوا، قیمت مناسب و ارزان و مقاومت در برابر خوردگی را نام برد.

با بررسی نمودار زیر خواهیم دریافت که:



روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

الف) امروزه در جهان سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن پلاستیک تولید می‌شود.

ب) این روند با افزایش بسیار زیادی روبرو است.

پ) پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ بیش از ۱۸۰۰ میلیون تن پلاستیک تولید شود که حدود ۴/۵ برابر کنونی است.

ت) همانطور که از نمودار بر می‌آید با گذشت زمان شیب نمودار افزایش یافته و روند تولید پلاستیک شتاب می‌گیرد. بطوریکه شیب نمودار در سالای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰، خیلی کمتر از شیب نمودار در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ می‌باشد. در جای‌جای کره زمین پلاستیک‌ها یافت می‌شوند که این امر ۲ دلیل عمده دارد.

۱) استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون.

۲) زیست تخریب ناپذیر بودن آنها که مدت زمان زیادی برای تجزیه نیاز دارند.

مراحل کلی بازیافت بصورت زیر است:

۱) جمع‌آوری ۲) انجام فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی ۳) تبدیل ماده‌ی اولیه به مواد قابل استفاده

حال می‌رسیم به سه روش کلی بازیافت پلاستیک‌ها:

روش اول: پس از جمع‌آوری پلاستیک آنها را شستشو داده و تمیز می‌کنند سپس ذوب کرده و دوباره از مواد مذاب آنها برای تولید و ساخت وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند (نه ظروف مواد خوراکی). (فرآیندهای فیزیکی)

روش دوم: پس از شستشوی مواد پلاستیکی، آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پَرک تبدیل می‌کنند و از آنها در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده می‌نمایند. (فرآیندهای فیزیکی)

روش سوم: تبدیل پسماندهای پلاستیکی به مونومرهای سازنده یا مواد اولیهٔ مفید و ارزشمند. (فرایندهای شیمیایی)

نکته: سطح فناوری هر کشور یا هر گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد.

همانطور که از شیمی سال یازدهم می‌دانید، پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود. موادی که می‌توان از آن‌ها برای تولید پلیمرها استفاده کرد.

نکته: متانول (CH_3OH) : مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد، به همین دلیل به الکل چوب نیز معروف است زیرا از اکسایش چوب در غیاب اکسیژن بدست می‌آید.

برای تولید متانول در مقیاس صنعتی، گاز کربن مونواکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند.

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

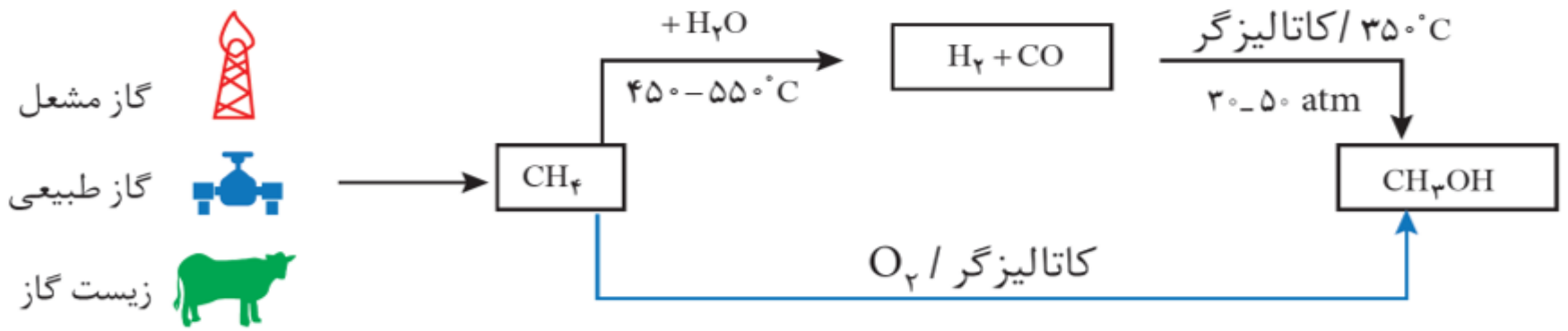
مواد اولیه‌ای که در واکنش بالا استفاده می‌شود، به میزان صنعتی در طبیعت وجود ندارند پس باید فکری برای تولید آنها کرد. برای حل این مشکل باید از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر استفاده کنیم.

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

گاز متان: گاز متان که به گاز مرداب نیز معروف است سازندهٔ اصلی گاز طبیعی است و در میدان‌های نفتی و مرداب‌ها به وفور یافت می‌شود. و برای جلوگیری از خطر انفجار و افزایش ایمنی مقدار قابل توجهی از آن را می‌سوزانند گاز متان بدلیل آلکان و سیر شده بودن واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد، پس تبدیل آن به متانول فرایندی بس دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیاز دارد.

بدلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون و ارزان بودن گاز متان، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان با کمترین هزینه و سرعت بالا متان را به متانول تبدیل کرد.

در شکل زیر ۲ روش برای تولید متانول از متان نشان داده شده است.



۱) در شکل بالا ۲ روش وجود دارد، یک روش روش مستقیم است که با اکسیژن و کاتالیزگر متانول تولید می‌شود و روش دوم، روش غیر مستقیم است که طی ۲ مرحله یکبار با آب و دادن گرما تولید گازهای CO و H_2 می‌کند و در ادامه با دما و کاتالیزگر تولید متانول می‌کند.

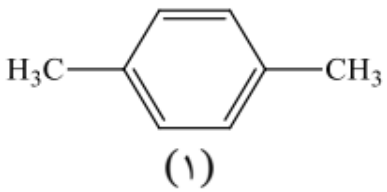
۲) مزیت تولید متانول به روش مستقیم این است که اولاً تعداد مراحل کمتری دارد و ثانیاً انرژی گرمایی کمتری نیاز دارد. (برخلاف روش غیر مستقیم که واکنش‌ها در دمای‌های بالا انجام می‌گیرند.

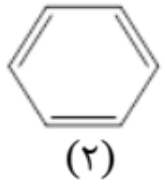
نکته ۱: شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌های با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است.

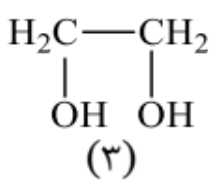
نکته ۲: هر گاه در یک واکنش شیمیایی تعداد بیشتری از اتم‌های واکنش دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود، از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است.

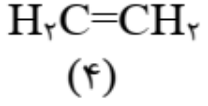
حل سوالات امتحانات نهایی این بخش

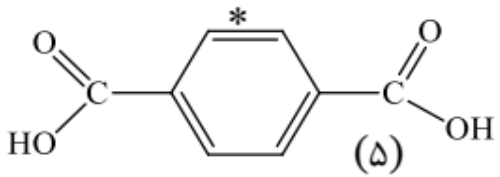
۹۸-	با توجه به ترکیب‌های زیر به سوالات پاسخ دهید. آ)نام ترکیب (۱) را بنویسید. ب)یک اکسندهٔ مناسب برای تبدیل ترکیب(۴)به(۳) بنویسید. پ)عدد اکسایش اتم ستاره‌دار را به دست آورید. ت)کدام ترکیب(ها)ی فوق را نمی‌توان به طور مستقیم از نفت‌خام به دست آورد؟ ث) فرمول دی استر حاصل از ترکیب(۳) و(۵) را بنویسید.	۲	۹۸S

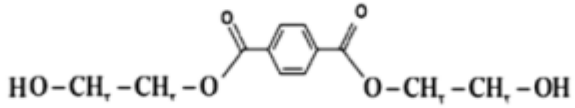

(۱)

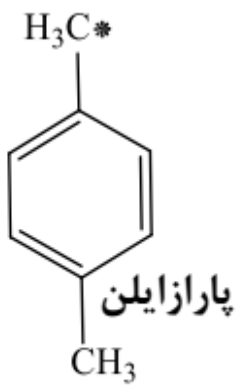
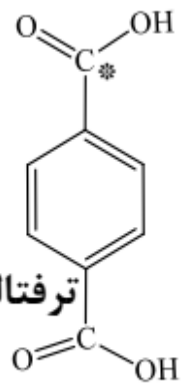

(۲)


(۳)

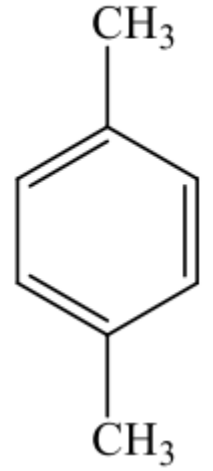
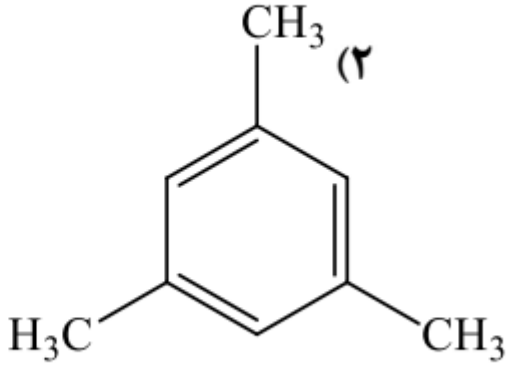
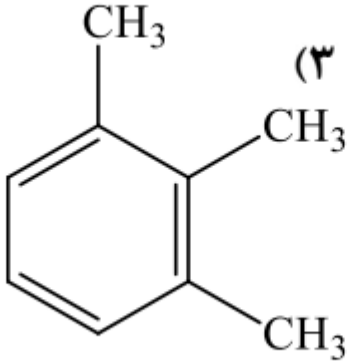
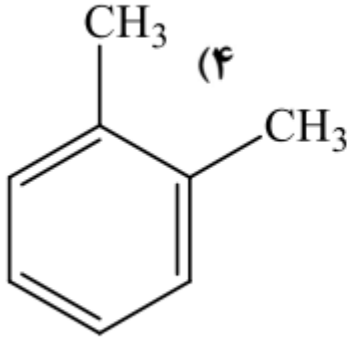

(۴)

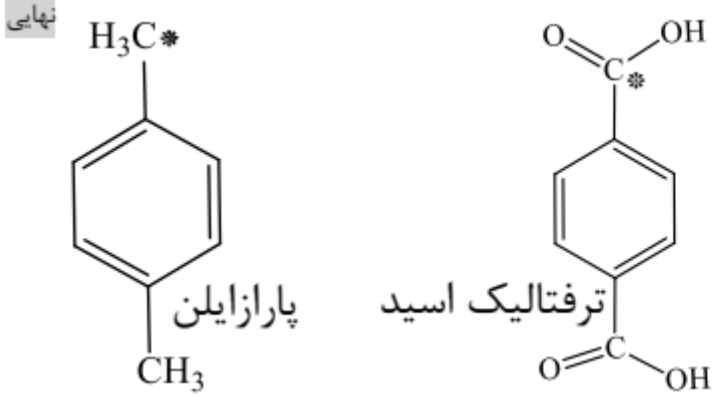

(۵)

۹۸-	۲	آ)پارازایلن ب)محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات پ) ۱- = ۵-۴ = عدد اکسایش کربن ت)ترکیب ۳ اتیلن گلیکول و ترکیب ۵(ترفتالیک‌اسید) 

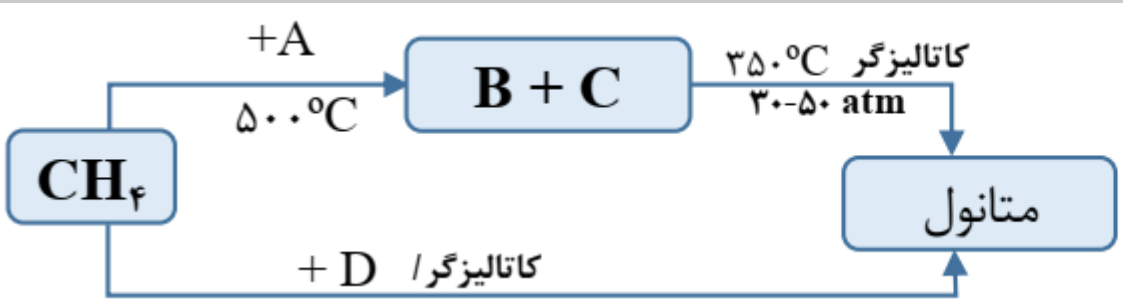
۱۰۰-	با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های زیر پاسخ دهید. آ) عدد اکسایش اتم‌های ستاره‌دار را در این ترکیب‌ها (به ترتیب پارازایلن و ترفتالیک‌اسید) مشخص کنید؟ ب) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک‌اسید کدام دسته از موارد زیر مناسب است؟ دلیل بنویسید. اکسنده‌ها ○ کاهنده‌ها ○ پ) در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام ماده در آب بیشتر است؟ چرا؟  پارازایلن  ترفتالیک‌اسید	۱/۵	۹۷D kh

۱۰۰-	۱/۵	آ) در ترفتالیک‌اسید: ۳+ ؛ در پارازایلن: ۳- ب) اکسنده‌ها پ)ترفتالیک‌اسید- زیرا دارای بخش‌های قطبی است.

ردیف	تست
۱	KR ۹۸ از اکسایش کدام یک می‌توان ترفتالیک اسید تهیه کرد؟ ۱)  ۲)  ۳)  ۴) 
پاسخ:	۱ از اکسایش مادهٔ گزینهٔ یک(پارازایلن)، ترفتالیک اسید به دست می‌آید.

ردیف	تست
۲	◀ با توجه به فرمول ساختاری ترکیب‌های روبه‌رو، کدام مورد نادرست است؟ آ) عدد اکسایش اتم ستاره‌دار در پارازایلن برابر با ۳- است. ۲) عدد اکسایش اتم ستاره‌دار در ترفتالیک‌اسید برابر با ۳+ است. ب) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک‌اسید از مواد کاهنده استفاده می کنند. پ) در شرایط یکسان انحلال‌پذیری ترفتالیک‌اسید در آب بیشتر است. 
پاسخ:	۳ آ) درست ۲) درست ب) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک‌اسید از اکسنده قوی استفاده می‌کنند. پ) درست: زیرا با آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند.

ردیف	تست
۳	KT ۹۸ کدام موارد از مطالب زیر، درست‌اند؟ **آ)به گونهٔ معمول، بیشتر پلاستیک‌ها، زیست تخریب پذیرند.** **ب)پلاستیک پلی‌اتیلن ترفتالات را می‌توان پس از مصرف، بازیافت کرد.** **پ)دسترسی به پلاستیک‌ها، نمونه‌ای از نتایج خلاقیت بشر به شمار می‌آید.** **ت)چگالی بالا و نفوذناپذیری پلاستیک‌ها در برابر آب و هوا، از ویژگی‌های آن‌ها است.** ۱) ب، پ ۲) ب، ت ۳) آ، ب، پ ۴) ب، پ، ت
پاسخ:	۱ ت)نادرست: چگالی پایین و نفوذناپذیری پلاستیک‌ها در برابر آب و هوا، از ویژگی‌های آن‌ها است.

ردیف	تست
۴	در فرآیندهای تبدیل متان به متانول، کدام ماده به جای هیچ کدام از موادی که با حروف مشخص شده‌اند، نمی‌تواند باشد؟ ۱) آب ۲) H_2 ۳) CO_2 ۴) O_2 
پاسخ:	۳ بررسی گزینهٔ نادرست: ۳) CO_2 به جای هیچ کدام نیست(به جای آن باید CO باشد.)

با تشکر از همراهی شما