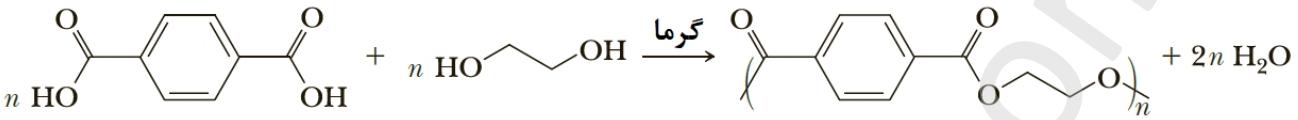
## پلی استر PET

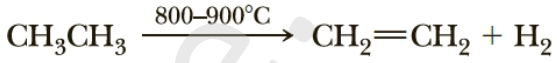
در سال ۱۹۴۰ میلادی وینفیلد و دیکسون با بررسی های که روی پلیمرها انجام دادند، پلیمرهای رشته ای تهیه کردند که استحکام زیاد و نقطه ذوب بالاتری داشتند. آن ها برای تولید پلیمرهای رشته ای با استحکام زیاد از ۴،۱- بنزن دی کربوکسیلیک اسید (ترفتالیک اسید) استفاده کردند. از پلیمر شدن این دی کربوکسیلیک اسید آروماتیک با ۲،۱- اتان دی ال (اتیلن گلیکول)، پلی اتیلن ترفتالات، یا به اختصار PET (همچنین PETE نامیده می شود)، تولید شد.



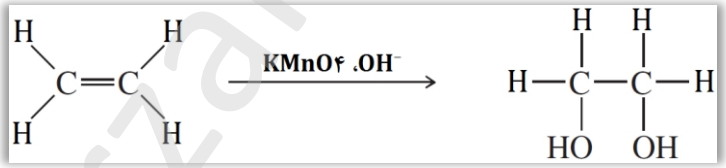

۴،۱- بنزن دی کربوکسیلیک اسید (تِرفتالیک اسید) | ۲،۱- اتان دی اُل (اتیلن گلیکول) | پلی اتیلن تِرفتالات PET

این پلی استر را می توان به صورت خام ذوب، قالب گیری و سپس سرد کرده و برای تولید الیاف پارچه های پلی استر داکرون به کار برد، که خصوصیت برجسته آن ها استحکام بالا (چهار برابر بیش از نایلون)، دوام بسیار زیاد و مقاومت بسیار عالی در مقابل چین خوردگی است. به دلیل این که الیاف پلی استر داکرون ابتدا به دلیل استحکام زیاد نرم نبودند، معمولا برای تهیه الیاف پارچه آن ها را با پنبه یا پشم مخلوط می گردند. امروزه با توسعه فن آوری پلی استر داکرون به شکل نرمتر برای الیاف پارچه تولید می شود. از PET همچنین برای ساخت ورقه های مایلار و بطری نوشابه استفاده می شود.

اتیلن گلیکول مورد استفاده برای سنتز PET، از اکسایش اتن (اتیلن)، به دست می آید. اتیلن اولیه، به طور کامل از کراکینگ نفت خام یا اتان موجود در گاز طبیعی تهیه می شود. گاز طبیعی داری تقریبا ۹۰٪ تا ۹۵٪ متان، ۵٪ تا ۱۰٪ اتان؛ و مخلوطی از آلکان های با نقطه جوش پایین است.

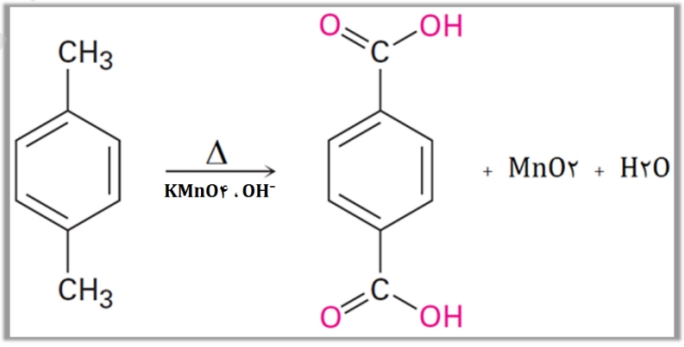



اتان | اتیلن



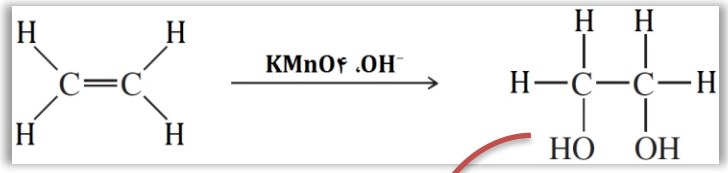

(اتیلن) | اتیلن گلیکول

ترفتالیک اسید مورد نیاز، از اکسایش پارا زایلن، یک هیدروکربن آروماتیک که همراه با بنزن و تولوئن از کراکینگ کاتالیستی و تبدیل نفتا و دیگر مشتقات نفت به دست می آید، تهیه می شود.

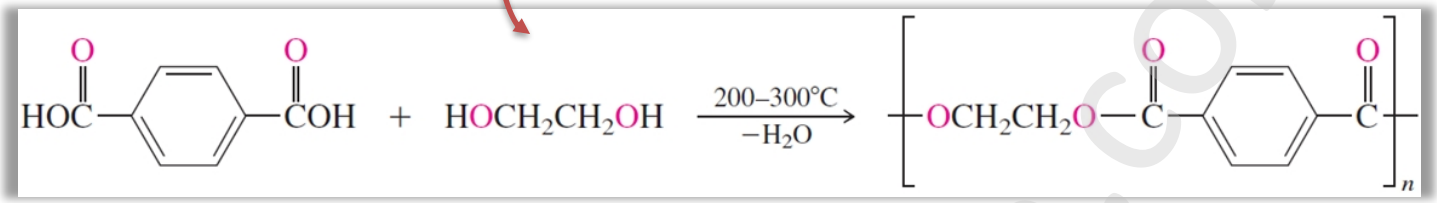



پارا زایلن | ترفتالیک اسید

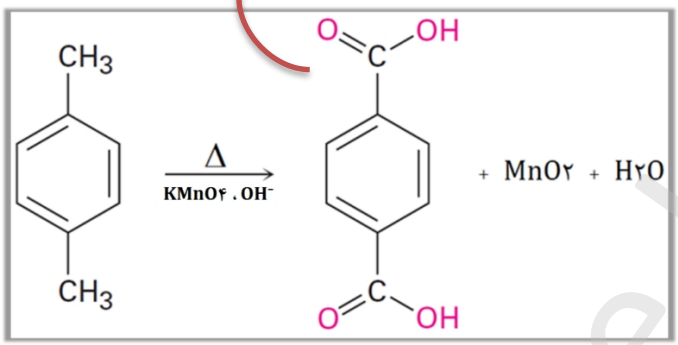
**مراحل تولید پلی اتیلن ترفتالات را می توان به صورت زیر نشان داد.**




اتن — اتیلن گلیکول




ترفتالیک اسید — اتیلن گلیکول — پلی اتیلن ترفتالات PET




پارا زایلن — ترفتالیک اسید

## بازیافت پلیمر PET

فرایند بازیافت بیشتر پلاستیک ها ساده است، تفکیک پلاستیک ها از دیگر زباله ها به نیروی انسانی بیشتری نیاز دارد. برای مثال، بطری های نوشابه، معمولا یک روکش کاغذی، چسب و درپوش آلومینیومی دارند که باید پیش از این که بتوان دوباره از PET استفاده کرد، جدا شوند.

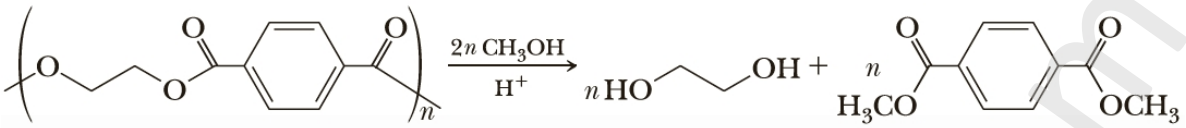
فرایند بازگردانی توسط دست یا با ماشین های جدا کننده پس از آن که بطری ها به ذرات ریز خرد شوند، شروع می شود. جریان هوا، کاغذ و دیگر ذرات سبک را جدا می کند، و باقی مانده چسب ها و دیگر مواد توسط شوینده ها حذف می شوند. پس از آن ذرات PET خشک می شوند، و آلومینیم و باقی مانده مواد زاید به روش الکتریکی جدا می شوند.

به این روش بیش از ۹۹/۹٪ مواد زائد همراه PET از آن جدا می شوند، و به نصف قیمت ماده اولیه فروخته می شود. متاسفانه پلاستیک های با چگالی مشابه با PET را نمی توان با این روش جداسازی کرد، و این پلاستیک ها که شامل پلیمرهای گوناگون هستند به صورت خالص جدا نمی شوند. در هر حال، از بازگردانی مخلوط پلاستیک ها می توان تخته های پلاستیکی فشرده که سخت، مقاوم و پایداری زیادی دارند تهیه کرد.

در این فرایند فقط از روش های فیزیکی برای بازگردانی استفاده می شود. یک روش جایگزین برای بازگردانی روش شیمیایی است،

که در آن ضایعات PET به وسیله متانول ($CH_3OH$)، در حضور کاتالیزگر اسیدی به اتیلن گلیکول و دی متیل ترفتالات تبدیل می شوند.

این مونومرها به روش تقطیر یا تشکیل بلور پالایش شده و برای تولید مقدار بیشتر PET دوباره استفاده می شوند.




پلی اتیلن ترفتالات PET　　اتیلن گلیکول　　دی متیل ترفتالات

برای تهیه متانول مورد استفاده در بازیافت PET، از ماده اولیه متان ($CH_4$) که به مقدار زیاد در گاز طبیعی وجود دارد، استفاده می شود. واکنش های انجام شده به صورت زیر است.

واکنش گاز متان با بخار آب داغ در حضور کاتالیزگر که منجر به تولید مخلوطی از گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن (گاز سنتزی Synthesis gas)، می شود.

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

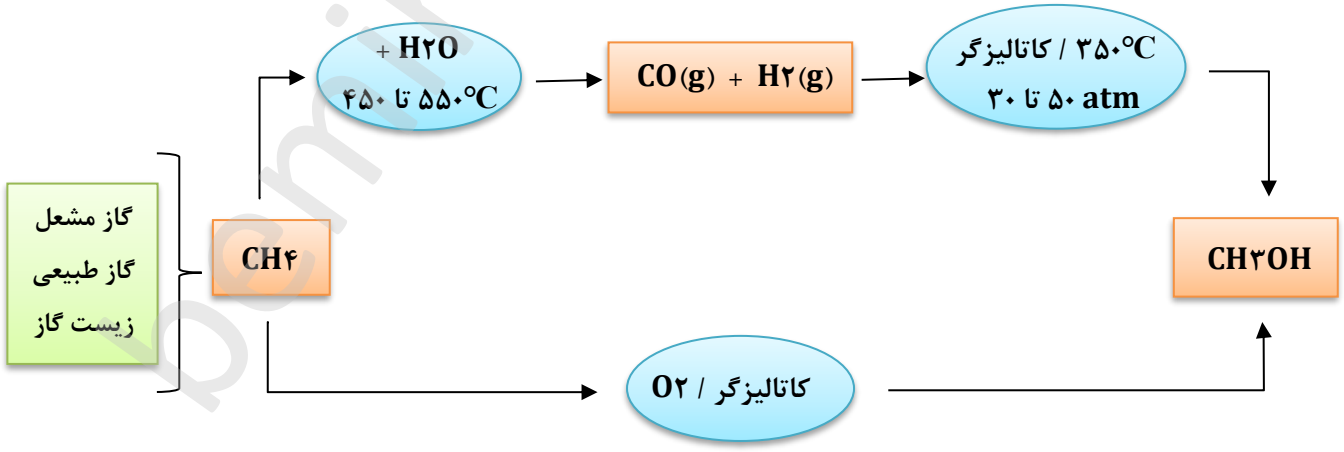
مخلوط گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن در دمای ۳۵۰°C، فشار ۳۰ تا ۵۰ atm و کاتالیزگر مناسب طبق واکنش زیر به متانول تبدیل می شوند.

$$CO(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر},\ 350^\circ C,\ 30-50\ atm} CH_3OH(l)$$

همچنین می توان متان را به طور مستقیم در حضور گاز اکسیژن ($O_2$) و کاتالیزگر مناسب به متانول تبدیل کرد.

$$CH_4(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CH_3OH(l)$$

**مراحل تولید متانول برای بازیافت PET را می توان به صورت زیر نشان داد.**




bemirzaie.blogfa.com

## بخش تمرین ها

**هرگاه تو را بر خدای سبحان نیازی است در آغاز بر رسول خدا (ص) درود فرست، سپس حاجت خود بخواه که خدا بزرگوارتر از آن است که بدو دو حاجت برند، یکی را برآرد و دیگری را بازدارد.** **حضرت علی (ع)**

**۱** پلیمر PET جزو کدام دسته از پلیمرهاست؟

۱) پلی آمیدها ۲) پلی استرها ۳) پلیمرهای زنجیری ۴) پلیمرهای وینیلی

**۲** کدام گزینه در مورد فرایند تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن درست است؟

۱) ترفتالیک اسید یک کربوکسیلیک اسید یک عاملی است که از پارازایلن به دست می آید.

۲) در این فرایند پتاسیم پرمنگنات به منگنز (VI) اکسید تبدیل می شود.

۳) با استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می توان واکنش را با بازده نسبتا خوبی پیش برد.

۴) در این واکنش پتاسیم پرمنگنات یک اکسنده است، که پارازایلن را کاهش می دهد.

**۳** کدام گزینه نادرست است؟

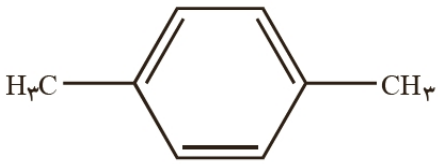
۱) مونومرهای مورد نیاز برای تهیه PET مستقیما از نفت خام استخراج نمی شوند.

۲) PET یک پلیمر سنتزی مقاوم با ماندگاری زیاد است.

۳) یکی از روش های بازیافت PET تبدیل آن به تکه های کوچک به نام پرک و تولید مواد پلاستیکی دیگر است.

۴) متانول مورد نیاز برای بازیافت PET را از چوب تهیه می کنند.

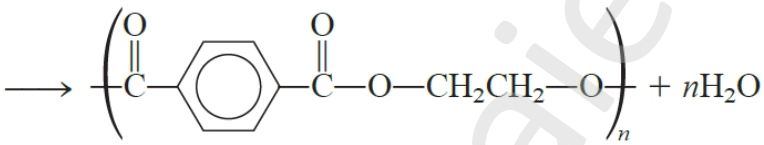
**۴** شکل مقابل مولکول ..... را نشان می دهد که در آن مجموع عدد اکسایش اتم های کربن متصل به حلقه بنزنی، ..... است.



۱) پارازایلن، ۶- ۲) پارازایلن، ۴-

۳) PET، ۶- ۴) PET، ۴-

**۵** مونومرهای سازنده پلیمر نشان داده شده در شکل زیر کدام اند؟



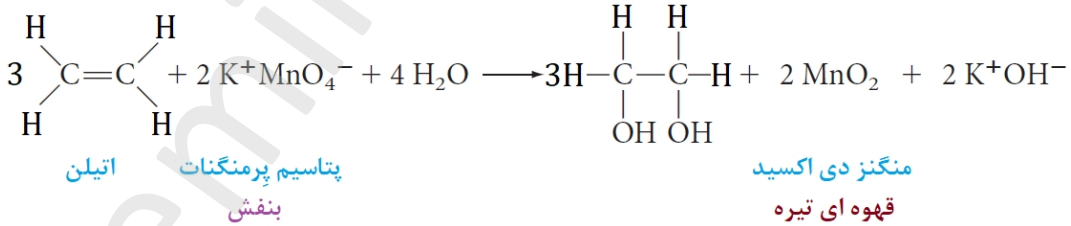
۱) بنزوئیک اسید و اتیلن

۲) بنزوئیک اسید و اتانول

۳) ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول

۴) ترفتالیک اسید و اتانول

**۶** واکنش زیر تهیه ..... از اتیلن در فرایند تهیه PET را نشان می دهد، و در آن هر اتم کربن ..... درجه ..... می یابد.




۱) اتانول، ۲ ، کاهش ۲) اتانول، ۱، کاهش ۳) گلیگول، ۲ ، اکسایش ۴) گلیکول، ۱ ، اکسایش

**۷** کدام واکنش به تهیه پلیمر PET مربوط نیست؟

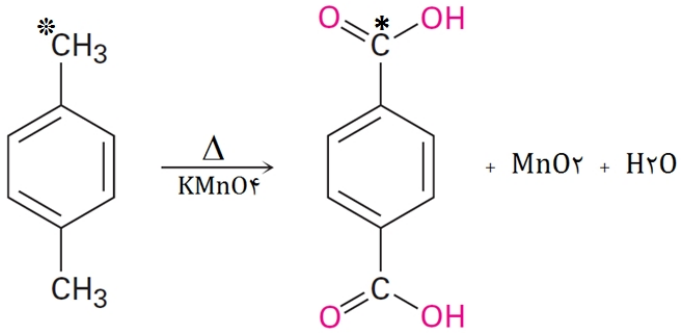
۱) $CH_2=CH_2(g)+H_2(g)\rightarrow CH_3-CH_3(g)$

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

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

۴) $CH_4(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CH_3OH(l)$

**۸** در واکنش زیر، تغییر عدد اکسایش کربن ستاره دار کدام است و $KMnO_4$، چه نقشی دارد؟



۱) ۶ درجه – اکسنده
۲) ۶ درجه – کاهنده
۳) ۳ درجه – اکسنده
۴) ۳ درجه – کاهنده

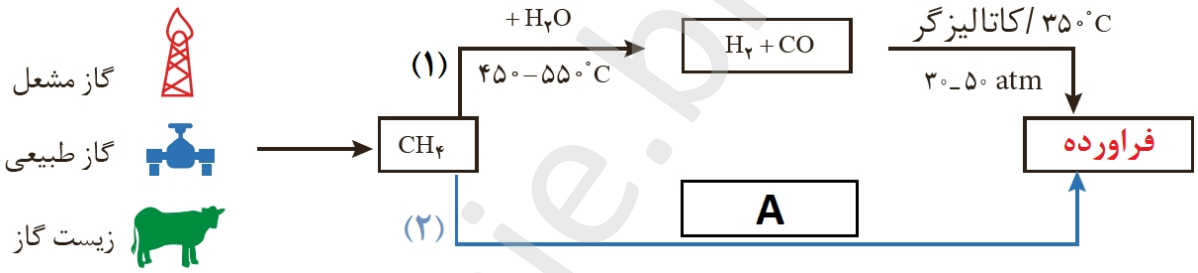
**۹** کدام گزینه درست است؟

۱) استفاده از اکسیژن در کنار کاتالیزگرهای مناسب می تواند سرعت تولید پلیمر PET را افزایش دهد.
۲) گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و غلیظ پتاسیم منگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می شود.
۳) در تبدیل گاز اتن به اتیلن گلیکول، عدد اکسایش مجموع اتم های کربن ۲ درجه اکسایش می یابد.
۴) چون PET، یک پلی استر است، در شرایط مناسب به مونومرهای سازنده خود تبدیل می شود.

**۱۰** در صنعت متانول را از واکنش گاز ..... با ..... در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر تهیه می کنند.

۱) $CO_2$ – بخار آب ۲) $CO_2$ – گاز هیدروژن ۳) CO – بخار آب ۴) CO – گاز هیدروژن

**۱۱** طرح زیر، مراحل تهیه چه فراورده ای را نشان می دهد، به جای A چه ماده ای قرار می گیرد و انجام واکنش از کدام مسیر مناسب تر است؟




۱) متانول، بخار آب، مسیر (۱)
۲) متانول، اکسیژن و کاتالیزگر، مسیر (۲)
۳) اتیلن گلیکول، بخار آب، مسیر (۱)
۴) اتیلن گلیکول، اکسیژن و کاتالیزگر، مسیر (۲)

## کلید پاسخنامه

| ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۳ | ۴ | ۱ | ۳ | ۴ | ۱ | ۱ | ۲ | ۴ | ۲ | | | | | | |

bemirzaie.blogfa.com