

# پوشاک، نیازی پایان ناپذیر



..... ● یٰبَنِي آدَمَ قَدْ أَنزَلْنَا عَلَيْكَ لِبَاسًا يُؤَارِي سَوَاتِكُمْ وَرِيشًا... (سوره اعراف - آیه ۲۶)

ای فرزندان آدم! لباسی برای شما فرو فرستادیم که شما را می پوشاند و مایه زینت شماست و...

خداوند یکتا و آفریدگار هستی، جانوران را با پوشش هایی مانند پشم، پر، فلس و... آفریده است. انسان با بهره مندی از هوش و تجربه های برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران تهیه کند. او با گذشت زمان از بافت های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد. در گذر زمان با تشکیل جوامع بشری، پوشش انسان ها افزون بر پیشرفت و تبدیل شدن به صنعتی به نام پوشاک، دچار تنوع و گوناگونی شد، به طوری که امروزه پوشاک به شرایط آب و هوایی، فرهنگ، آداب و رسوم، باورها و... در هر جامعه بستگی دارد. اما اینکه پوشاک از چه موادی و چگونه تهیه می شوند؟ نقش دانش و فناوری در صنعت پوشاک چیست؟ ما را بر آن می دارد تا با بهره گیری از دانش شیمی در این فصل، درصدد یافتن پاسخ پرسش هایی از این دست باشیم.



**پوشاک** نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران تهیه کرد. او با گذشت زمان، از بافت های گیاهی هم برای پوشش خود استفاده کرد. با تشکیل جوامع بشری، پوشش انسان ها پیشرفت کرد و به صنعتی به نام پوشاک تبدیل شد. انواع پوشش هر قوم، نشان دهنده توانایی، مهارت دستی، هنر و دانش آن قوم است. نیاز رشد و گسترش دانش و فناوری در صنایع، پوشش هایی تولید شد که ایمنی فیزیکی بدن را در برابر شرایط دشوار و خطرناک افزایش میداد. به تازگی، بشر توانسته است با تکیه بر دانش و فناوری نو، انواع تازه ای از پوشاک را تولید کند که از بدن در برابر مواد شیمیایی مانند اسیدها، سموم و بخارهای سمی محافظت میکند.

انسان در گذشته، پوشاک خود را از مواد طبیعی مانند پشم گوسفند و شتر، چرم و پنبه تهیه میکرد. با رشد جمعیت، روشهای سنتی تولید پوشاک، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. به همین دلیل، صنعت نساجی پدیدار شد. صنعت نساجی، با استفاده از فناوریهای نو به تولید پوشاک پرداخت، اما موفقیت این صنعت در گرو تأمین الیاف مورد نیاز بود.

انسان در طول تاریخ، همواره به دنبال تهیه پوشاک مناسب بوده است. پوشاک افزون بر

پوشش بدن، در تمدن بشری نقش بزرگی داشته است آن چنان که نوع پوشاک در هر قوم، نشان دهنده توانایی و مهارت دستی، هنر، تصویرگری، دانش، فناوری و نیز آداب و رسوم آن قوم است. پوشاک، بدن را در برابر عوامل محیطی گوناگون مانند سرما و گرما، نور خورشید، باران، تگرگ، گزند حشرات و... نیز محافظت می کند. برای مثال کلاه لبه دار، سر و صورت را در برابر تابش نور خورشید و آفتاب سوختگی و نیز پوشیدن کفش، پاها را در برابر خاک، سنگ، اشیای سخت، سردی و داغی زمین محافظت می کند (شکل ۱).



شکل ۱- برخی پوشش ها برای حفاظت بدن در برابر عوامل محیطی

با رشد و گسترش دانش و فناوری در صنایع و ایجاد نیازهای جدید و خاص، پوشاک گوناگونی مانند انواع کلاه ایمنی، کفش پنجه فولادی، عینک ایمنی و... تولید شد. پوشش هایی که هر کدام ایمنی فیزیکی بدن را در شرایط دشوار و خطرناک به ویژه هنگام انجام فعالیت ها افزایش می دهد. به تازگی بشر با تکیه بر دانش و فناوری های نو توانسته است انواع تازه ای از پوشاک تولید کند که از بدن در برابر مواد شیمیایی مانند اسیدها، سموم، بخارهای سمی و غلیظ، پرتوها، آلودگی های عفونی، آتش، گلوله و... محافظت می کند (شکل ۲).



(پ)

(ب)

(الف)

شکل ۲- چند نمونه پوشاک، (الف) لباس غواصی، (ب) لباس فضانورد، (پ) لباس آتش نشان

انسان در گذشته پوشاک خود را از مواد طبیعی مانند پشم گوسفند و شتر، پوست و چرم، پنبه و... تهیه می کرد. با رشد جمعیت جهان، مصرف پوشاک به میزان چشمگیری افزایش یافت، به طوری که روش های سنتی تولید پوشاک دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه نبود.

به طور کلی دو نوع الیاف وجود دارد: الیاف طبیعی و الیاف ساختگی (الیاف طبیعی به دلیل محدود بودن، پاسخگوی نیاز صنعت نساجی نبود؛ در نتیجه، شیمیدانها به استفاده از نفت خام (طلای سیاه) روی آوردند و الیاف جدیدی تولید کردند. الیاف ساختگی تولید شده بر پایه نفت، جایگزین الیاف طبیعی شد و امروزه بخش عمده پوشاک را تشکیل میدهد.

## آیا می دانید

یافته های باستان شناسی نشان می دهد که پیشینه ریسندگی و بافندگی از الیافی مانند پشم، ابریشم، پنبه و کتان به هزاران سال پیش برمی گردد. به دیگر سخن، نساجی از کهن ترین صنایع در تمدن بشری است که با دوک نخریسی پایه عرصه ظهور گذاشت.



## آیا می دانید

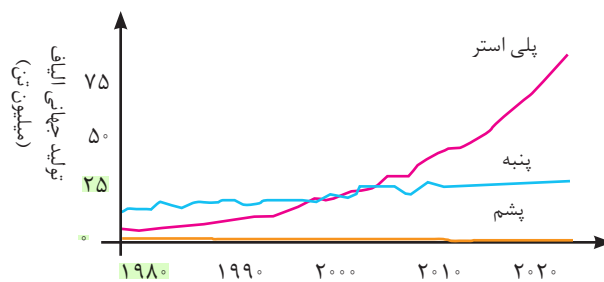
سنگ نگاره ای با قدمتی حدود ۳۰۰۰ سال، تصویر یک زن عیلامی را در حال نخریسی نشان می دهد که خدمتگزاری در حال باد زدن اوست.



شیب نمودار روند تولید الیاف پلی استری، بیشتر از شیب نمودار روند تولید الیاف پنبه ای (نخی) میباشد

روند تولید انواع الیاف  
میزان نسبی تولید الیاف ساختگی، بیشتر از الیاف طبیعی میباشد  
در سالهای اخیر، روند تولید الیاف پلی استری و نخی افزایش داشته است، اما روند تولید الیاف پشمی، تقریباً ثابت بوده است

به همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد، صنعتی که با بهره گیری از فناوری های نو به تولید پوشاک پرداخت. اما موفقیت این صنعت در گرو تأمین الیاف<sup>۱</sup> مورد نیاز بود. از آنجا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود. گویی زمان آن رسیده بود که شیمی دان ها طلای سیاه را به کار بگیرند و الیافی جدید تولید کرده و راهی شرکت های نساجی کنند. با گذشت زمان تلاش شیمی دان ها نتیجه داد و در طول چند دهه، انواع گوناگونی از الیاف ساختگی بر پایه نفت، شناسایی و تولید شد؛ الیافی که جایگزین الیاف طبیعی شد و امروزه بخش عمده پوشاک را تشکیل می دهد. آمارها نشان می دهند که در سال ۲۰۱۴ میلادی نزدیک به صد میلیون تن انواع الیاف در جهان تولید و مصرف شده است (نمودار ۱).



نمودار ۱- روند تولید الیاف پشمی، نخی و پلی استری در جهان.

## آیا می دانید

الیاف جمع لیف است. لیف رشته های نازک، بلند و موماندی با استحکام و انعطاف پذیری مناسب است. از کنار هم قرار گرفتن این رشته ها، الیاف به دست می آید. در واقع با تنیدن لیف ها، الیاف را تولید می کنند.



میزان نسبی الیاف تولید شده در جهان

## آیا می دانید



با وجود گسترش صنعت نساجی و پوشاک، تولید فراورده های دستی به دلیل بی نظیر، محدود و خاص بودن اهمیت و جایگاه ویژه ای در زندگی انسان ها دارند. کفش گیوه اورامانات یکی از این موارد است. کفشی که دست دوز بوده و همتایی ندارد. این پوشش بسیار انعطاف پذیر، سبک و محکم است و امکان جابه جایی هوا دارد. این کفش در زبان محلی به کلاش معروف است.

## خود را بیازمایید

در هریک از جاهای خالی یکی از واژه های «نخ<sup>۲</sup>، الیاف، دوزندگی، فراوری و بافندگی» را قرار دهید.



۱- Fibers

۲- Thread

۱۰۱

الیاف ساختگی  
این نوع الیاف در طبیعت یافت نمیشود، بلکه از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکتهای پتروشیمی تولید میشود.  
اغلب فراوردههای پتروشیمیایی، برای تولید انواع گوناگون الیاف ساختگی بهکار میروند  
این الیاف، افزون بر تولید پارچه و پوشاک، در تهیه انواع پوششها، ظروف نجسب، یکبار مصرف و پلاستیکی، فرش و پرده استفاده میشود



الیاف طبیعی در صنعت ساخته نمیشود بلکه از منابع طبیعی به دست می آیند

حدود نیمی از لباسهای تولیدی، از پنبه تهیه میشود

از آن افزون بر تولید پوشاک، در تولید گاز استریل، پرده، تور ماهیگیری استفاده میشود

از الیاف سلولزی تشکیل شده است

سلولز

الیاف سلولزی، زنجیر بسیار بلندی است

که از اتصال شمار زیادی مولکول گلوکز

به یکدیگر ساخته شده است. فرمول

مولکولی گلوکز، نتیجه، سلولز، از

اتمهای کربن، هیدروژن و اکسیژن

تشکیل شده است  $C_6H_{12}O_6$

## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره نام و ویژگیهای برخی پوشاک اقوام ایرانی اطلاعاتی جمع آوری و به کلاس گزارش کنید.

الیاف ساختگی، الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی شود بلکه از واکنش بین مواد

شیمیایی در شرکت های پتروشیمی تولید می شوند. در واقع اغلب فراورده های پتروشیمیایی

برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی استر، نایلون و... به کار می روند. از این الیاف افزون

بر تهیه پارچه و پوشاک، به طور گسترده ای در تهیه انواع پوشش ها، ظروف نجسب، یکبار

مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و... استفاده می شود.

اکنون این پرسش ها مطرح می شوند که الیاف ساختگی چه موادی هستند؟ چه ساختاری دارند؟ چه رابطه ای بین ساختار و رفتار آنها وجود دارد؟ آیا شناخت ویژگی های ماده و به ویژه ترکیب های آلی می تواند به تولید الیاف جدید منجر شود؟ آیا می توان الیافی تهیه کرد که در پزشکی به کار آید؟ واکنش های شیمیایی تولید الیاف در چه شرایطی انجام می شوند؟ مولکول های سازنده الیاف چه ویژگی هایی دارند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش ها و پرسش هایی از این دست با ما همراه شوید.

## الیاف و درشت مولکول ها

پنبه یکی از الیاف طبیعی است که در تولید پوشاک سهم قابل توجهی دارد. آمارها نشان

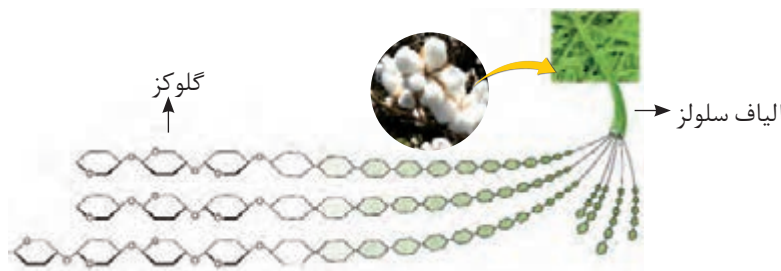
می دهد که حدود نیمی از لباس های تولیدی در جهان از پنبه تهیه می شود. از پنبه افزون

بر تولید پوشاک در تولید رویه مبلی، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل و... استفاده می شود.

می دانید که الیاف پنبه از سلولز تشکیل شده، زنجیری بسیار بلند که از اتصال شمار بسیار

زیادی مولکول گلوکز به یکدیگر ساخته می شود (شکل ۳). با این توصیف شمار اتم های

سازنده هر مولکول سلولز، بسیار زیاد بوده و اندازه مولکول آن بزرگ است.



شکل ۳- نمایی ساده از الیاف سلولز و مولکول های سازنده آن در پنبه

## آیا می دانید

سلولز از اتصال حدود ۳۰۰۰

مولکول گلوکز به یکدیگر تشکیل

می شود، از این رو فرمول مولکولی

آن به تقریب  $C_{18000}H_{36000}O_{18000}$

است. با این توصیف جرم مولی

سلولز در حدود ۴۸۷۰۰۰ گرم

است. توجه کنید هر مولکول

سلولز هنوز آن قدر کوچک است

که قابل دیدن نیست.

## تقسیم بندی مولکولها

بر اساس اندازه

ترکیب مولکولی ترکیبی است که ذره های

تشکیل دهنده آن، مولکول ها هستند

درشت مولکولها

از اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک به

یکدیگر تشکیل شده اند و شمار اتم های

آنها به ده ها هزار میرسد

انواع

طبیعی: سلولز، پنبه، ابریشم، روغن زیتون

ساختگی: در طبیعت یافت نمیشوند

ساختگی هستند و با استفاده از واکنش

بسیارش تهیه

میشوند. مثال: نایلون، تفلون و پلیاتن

مولکولهای کوچک: از اتصال تعداد اندکی

اتم به یکدیگر تشکیل شده اند و شمار

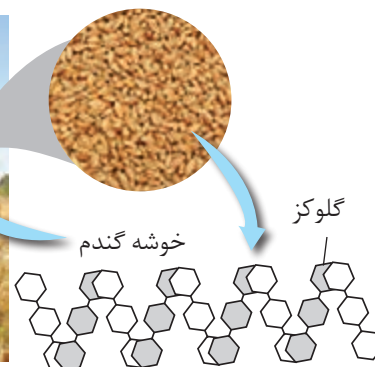
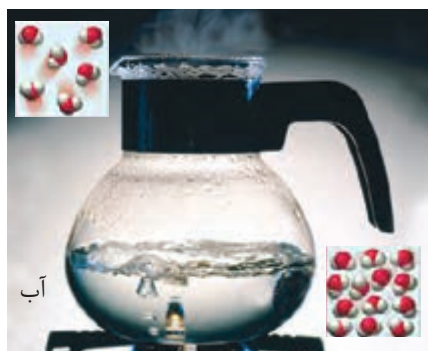
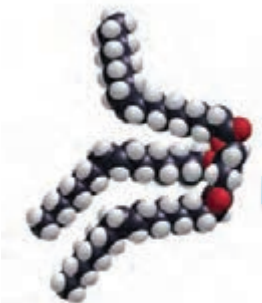
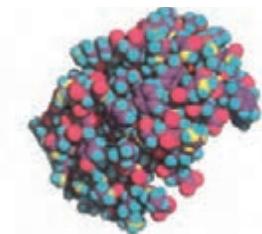
اتمهای کم و جرم مولی کم یا متوسطی دارند



ب) مولکولهایی که شمار اتمهای سازنده آن بسیار زیاد، اندازه مولکولهای آن بسیار بزرگ و جرم مولی بسیار زیاد دارند را درشت مولکول میگویند  
(.... پ) تفاوتها: 1) نوع اتمهای تشکیل دهنده (مانند ترکیبهای اکسیژندار و نیتروژندار و ساختار (زنجیرهای یا حلقوی 2) واحدهای تشکیل دهنده 3) با هم بیندیشیم

## آیا می دانید

انسولین، هورمون تنظیم کننده قند خون است. شکل زیر نمایی از ساختار این هورمون را نشان می دهد.



با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

الف) جدول را کامل کنید.

● گلوز سازنده مولکول های نشاسته و سلولز است، اما به دلیل تفاوت ساختار مولکول های نشاسته و سلولز، خواص آنها متفاوت است.

## آیا می دانید

| نام ماده | جرم مولی (g mol <sup>-1</sup> ) |
|----------|---------------------------------|
| آتن      | ۲۸/۰۵                           |
| اتانول   | ۴۶/۰۷                           |
| انسولین  | ۵۸۳۱/۶۵                         |
| نایلون   | ۱۰۴-۱۰۶                         |
| پلی اتن  | ۱۰۴-۱۰۵                         |

| نام ماده    | اندازه مولکول |            | جرم مولی    |            | شمار اتم ها |            |
|-------------|---------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|             | کوچک یا متوسط | بسیار بزرگ | کم یا متوسط | بسیار زیاد | کم یا متوسط | بسیار زیاد |
| آب          | *             |            | *           |            | *           |            |
| پلی اتن     |               | *          |             | *          | *           |            |
| پروپان      | *             |            | *           |            | *           |            |
| نشاسته گندم |               | *          |             | *          | *           |            |
| انسولین     |               | *          |             | *          | *           |            |
| سلولز       |               | *          |             | *          | *           |            |
| روغن زیتون  |               | *          |             | *          | *           |            |

ب) به دسته ای از ترکیب های جدول، درشت مولکول می گویند. این مفهوم را در یک سطر

تعریف کنید.

ب) مولکول هایی که شمار اتمهای سازنده آن بسیار زیاد، اندازه مولکولهای آن بسیار بزرگ و جرم مولی بسیار زیاد دارند را درشت مولکول میگویند  
(پ) تفاوتها: 1) اتمهای تشکیل دهنده مانند ترکیبهای اکسیژندار و نیتروژندار و ساختار زنجیرهای یا حلقوی 2) واحدهای تشکیل دهنده 3

شباهت: درشت مولکولها اندازه، تعداد اتمها و جرم مولی بسیار زیادی دارند و در اغلب آنها واحدهای تکرار شونده وجود دارد. (ب) پلیمرها، درشت مولکولهایی هستند که در ساختار آنها، بخشهایی در سراسر مولکول تکرار میشود. (ت) پلی اتن، نشاسته، سلولز (ج) درشت مولکولها، چون نیروهای بین مولکولی در آنها به دلیل زیاد بودن جرم مولی، قوی است (پ) درشت مولکولهای جدول صفحه پیش را با هم مقایسه کنید. چه شباهتها و

نیروهای بین مولکولی در نشاسته، انسولین و سلولز، بیشتر از نوع پیوند هیدروژنی است. نیروهای بین مولکولی در پلیاتن، پروپان و نفتالن از نوع نیروهای واندروالسی است. پیوند هیدروژنی، به طور کلی، جاذبه ای قویتر از نیروهای واندروالسی است.

## آیا می دانید

واحد تکرار شونده

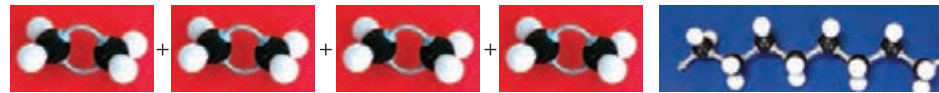
$$\begin{array}{c}
 \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\
 & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown \\
 \text{H} & = \text{C} & & \text{H} & = \text{C} & & \text{H} & = \text{C} & & \text{H} & = \text{C} & & \text{H} & = \text{C} & & \text{H} & = \text{C} & & \text{H} \\
 & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown & / & \diagdown \\
 \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H}
 \end{array}
 + x \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} \longrightarrow$$

مونومر

پلیمر

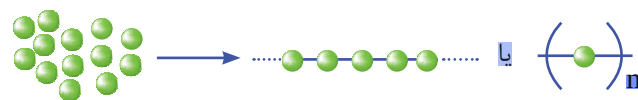
واحد تکرار شونده

پلیمر



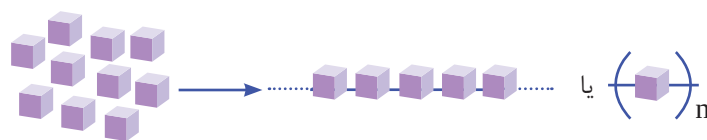
#### شکل ۴- نمایی از واکنش تشکیل پلی اتن

به واکنش دهنده‌ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر**<sup>۱</sup> (تک‌پار) می‌گویند. در این واکنش‌ها شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر واکنش می‌دهند و پلیمر را می‌سازند. مطابق شکل ۴ مونومرهای اتن به یکدیگر افزوده می‌شوند و پلی‌اتن را پدید می‌آورند. با دقت در ساختار پلی‌اتن در می‌یابید که این ترکیب از تکرار مجموعه‌ای از اتم‌های کربن و هیدروژن به نام واحد تکرارشونده پدید آمده است. توجه کنید که تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی‌توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. شیمی‌دان‌ها برای نمایش آنها، واحد تکرار شونده را درون کمانک نوشته و زیروند  $n$  را جلوی آن می‌نویسند (شکل ۵-الف و ب).



### شکل ۵- الف) الگوی تشکیل یک پلیمر

بدیهی است که براساس الگوی بالا با تغییر مونومر، پلیمری جدید با ساختار و خواص متفاوت می‌توان تهیه کرد (شکل ۵- ب).



شکل ۵- ب) الگوی تشکیل یک پلیمر دیگر

## واکنش پلیمری شدن اتن

هرگاه گاز اتن را در فشار بالا، گرما دهیم، جامد سفید رنگی به نام پلی اتن به دست می‌آید.

در این واکنش به مولکول اتن، مونومر (تکیار) و به ترکیب حاصل پلیمر (بسپار) میگوئیم. اتن مولکولی سیر نشده است (زیرا پیوند دوگانه دارد) در حالیکه پلیاتن، هیدروکربنی سیر شده است و تمامی موجود در ساختار آن، از نوع یگانه است.

در واکنش پلیمری شدن اتن، پیوندهای دوگانه در مولکول های اتن شکسته شده تا مولکولهای اتن زنجیروار به یکدیگر متصل  
هر پلیمر، یک واحد تکرار شونده دارد، در واکنش پلیمری شدن اتن، واحد تکرار شونده به صورت زیر است



تعیین تعداد دقیق مونومرها و واحدهای تکرارشونده در این واکنش ممکن نیست.  
پلی اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا، به ورقه نازک پلاستیکی تبدیل میکنند

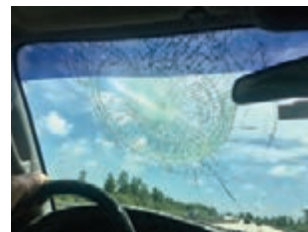
## آیا می دانید

پلی وینیل استات پلیمری است که در تهیه انواع پاستیل به کار می رود.



## آیا می دانید

قرار دادن لایه ای از پلی وینیل کلرید بین دو صفحه شیشه ای مانع از فرو ریختن خرده های آن در اثر ضربه می شود.



تولید کیسه، لوله، دبه آب و بطری  
پلاستیکی پلی اتن  
تولید قطعات پلاستیکی مورد نیاز در لوازم پزشکی مانند سرنگ پلی پروپن  
تولید فرش، پارچه و پتو پلی سیانواتن  
ساخت کیسه خون پلی وینیل کلرید  
ساخت ظروف یکبار مصرف پلی استیرن  
تولید ظروف نجسب، نخ دندان، کف اتو  
نوار آبدی لوله ها تفلون

### تفلون

در جریان بررسی و مطالعه انواع سردکننده ها، توسط پلانکت و گروه پژوهشی او کشف شد  
نام تجاری آن پلی تترا فلوئورواتن است  
نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است  
از نظر شیمیایی بی اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمیدهد، در حلالهای آلی حل نمیشود و نجسب است

به یاد داشته باشید هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانه کربن-کربن ( $C=C$ )

در زنجیر کربنی داشته باشد، می تواند در این نوع واکنش پلیمری شدن شرکت کند. بر همین اساس، ترکیب های سیر نشده و حاوی چنین پیوندی در زنجیر کربنی می توانند در صنایع پتروشیمی با تأمین شرایط مناسب واکنش داده و پلیمرهای گوناگونی تولید کنند.

## خود را بیازمایید

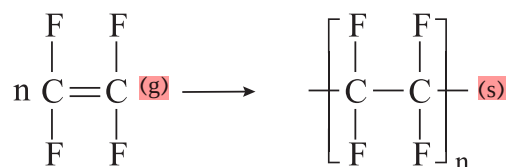
در جدول زیر هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

| نام و ساختار مونومر           | نام و ساختار پلیمر                                                            | کاربرد پلیمر    |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $CH_2=CH-CN$<br>سیانواتن      | $\left[ CH_2 - \underset{\substack{  \\ CN}}{C} \right]_n$<br>پلی سیانواتن    | پتو             |
| $CH_2=C(CH_3)_2$<br>پروپن     | $(-CH_2-\underset{\substack{  \\ CH_3}}{C}-)_n$<br>پلی پروپن                  | سرنگ            |
| استیرن                        | $\left[ CH_2 - \underset{\substack{  \\ \text{C}_6\text{H}_5}}{C} \right]_n$  | ظروف یکبار مصرف |
| $F_2C=CF_2$<br>تترافلوئورواتن | $(-CF_2-CF_2-)_n$<br>تفلون                                                    | نخ دندان        |
| $CH_2=CHCl$<br>وینیل کلرید    | $\left[ CH_2 - \underset{\substack{  \\ Cl}}{C} \right]_n$<br>پلی وینیل کلرید | کیسه خون        |



«بخت، یار ذهن‌های آماده است»

تفلون نام تجاری پلیمری است که کشف اتفاقی آن، پلانکت را به شهرت و ثروت رساند. ماجرا در دهه ۱۹۳۰ میلادی اتفاق افتاد. پلانکت و گروه پژوهشی او در حال بررسی و مطالعه انواع سردکننده‌ها بودند. یکی از گازهایی که آنها مصرف می‌کردند، تترافلوئورواتن بود. یک روز هنگامی که پلانکت شیر کپسول گاز را باز کرد، متوجه شد که گاز خارج نمی‌شود. او تصور کرد که مسیر خروج گاز بسته است، از این‌رو تلاش کرد تا مسیر را باز کند، اما هیچ چیز نبود و او تعجب کرد. کنجکاوی وی سبب شد موضوع را بیشتر پیگیری کند. پلانکت برای یافتن دلیل آن، جرم کپسول را اندازه‌گیری کرد و با نتیجه غیرمنتظره‌ای روبه‌رو شد. جرم کپسول مورد نظر با کپسول پر از گاز برابر بود! پافشاری وی برای حل مسئله، باعث شد تا او کپسول را برش دهد و داخل آن را مشاهده کند. او پس از برش کپسول با منظره تازه‌ای روبه‌رو شد. لایه نازکی از یک ماده جامد ته کپسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق‌تر نشان داد که این ماده جامد از پلیمری شدن تترافلوئورواتن به دست آمده است.



ناخودآگاه توفیق بزرگی نصیب پلانکت شده بود زیرا تفلون در مدت کوتاهی کاربردهای گسترده‌ای در صنعت و زندگی یافت (شکل ۶).



شکل ۶- برخی کاربردهای تفلون

تفلون، نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد، در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نجسب است. این ویژگی‌ها دلیل کاربرد وسیع این پلیمر است.

به نظر شما شانس و اتفاق تا چه اندازه در پیشبرد علم سهم دارند؟

پلی اتن یکی از مهم ترین پلیمرهای ساختگی است که سالانه میلیون ها تن از آن در شرکت های پتروشیمی تولید شده و برای ساخت وسایل گوناگون استفاده می شود (شکل ۷).



شکل ۷- برخی کاربردهای پلی اتن

همان طور که مشاهده می کنید کالاهای ساخته شده از پلی اتن ویژگی های گوناگونی دارند. برخی مانند کیسه پلاستیک موجود در مغازه ها و فروشگاه ها شفاف بوده و کمی انعطاف پذیرند در حالی که برخی دیگر مانند لوله های پلاستیکی، دبه های آب یا بطری کدر شیر، سخت تر و محکم تر هستند. یک تفاوت آشکار دیگر بین آنها تفاوت در چگالی است. آیا می دانید چگونه ممکن است این مواد از یک نوع پلیمر با مونومرهای یکسان تولید شوند، اما ویژگی های متفاوت و گاهی متضاد داشته باشند؟ آیا ساختار مولکول های سازنده این کالاهای یکسان است؟

یافته های تجربی نشان داد که اتن در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده هایی با ساختار متفاوت پدید می آورد. نوعی پلی اتن، چگالی کمتری داشته و شفاف است، از این رو به پلی اتن سبک<sup>۱</sup> معروف است در حالی که پلی اتن سنگین<sup>۲</sup>، چگالی بیشتری داشته و کدر است. شکل ۸ ساختار کلی این پلی اتن ها را نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۸ می بینید، مولکول های اتن می توانند به دو صورت به یکدیگر افزوده شوند و دو فراورده متفاوت ایجاد کنند. مولکول های اتن در شرایط معین پشت سرهم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه ایجاد می شود. اما در شرایطی دیگر برخی مولکول های اتن از کناره ها به یکدیگر افزوده شده و زنجیرهای شاخه دار تولید می شود.

یافتن روش مناسب و شرایط بهینه برای انجام واکنش های شیمیایی آن قدر مهم است که به مناسب ترین روش ها جایزه نوبل اختصاص می دهند. یافتن روش مناسب برای تولید پلی اتن سنگین (بدون شاخه) سال ها طول کشید و در نهایت دو شیمی دان آلمانی و ایتالیایی به نام های کارل زیگلر (Karl Ziegler، ۱۹۷۳-۱۸۹۸) و گیولیو ناتا (Giulio Natta، ۱۹۷۹-۱۹۰۳) برنده جایزه نوبل شیمی شدند. آنها موفق شدند کاتالیزگری بیابند که واکنش پلیمری شدن اتن را بدون ایجاد شاخه فرعی پیش می برد.



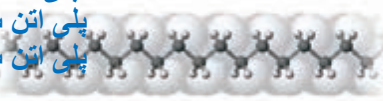
● پلی اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقه نازک پلاستیکی تبدیل می کنند.

۱- Low Density Poly Ethene (LDPE)

۲- High Density Poly Ethene (HDPE)

مقایسه پلی اتن سبک و سنگین  
پلی اتن سبک، شاخه فرعی دارد  
نسبت به پلی اتن سنگین چگالی کمتری دارد  
شفاف است

پلی اتن سبک انعطاف پذیر است  
نسبت به پلی اتن سنگین استحکام کمتری دارد  
کاربرد: کیسه های پلاستیکی شفاف  
نیروی بین مولکولی در آن از نوع واندروالسی است



پلی اتن بدون شاخه



پلی اتن شاخه دار

شکل ۸- ساختار دو نوع پلی اتن

(ب) پلی اتن شاخه دار پلی اتن سبک و پلی اتن بدون شاخه پلی اتن سنگین است

پلی اتن سنگین  
پلی اتن سنگین، فاقد شاخه فرعی است  
پلی اتن سبک > پلی اتن سنگین: مقایسه چگالی  
 $0.92 \text{ g cm}^{-3}$  /  $0.97 \text{ g cm}^{-3}$   
کدر است

پلی اتن سنگین سخت و محکم است  
پلی اتن سبک > پلی اتن سنگین: مقایسه استحکام  
پلی اتن سبک > پلی اتن سنگین: مقایسه نقطه ذوب

## آیا می دانید

پلی اتن سبک از پلیمری شدن  
گاز اتن در دمای  $20^\circ\text{C}$  و در  
فشار  $2000 \text{ atm}$  و در حضور  
مقدار ناچیزی از گاز اکسیژن  
به دست می آید. در حالی که  
پلی اتن سنگین از پلیمری  
شدن گاز اتن در دمای  $6^\circ\text{C}$   
و فشار  $2000 \text{ atm}$  و در حضور  
مقدار کمی از کاتالیزگر  
زیگر - ناتا تولید می شود.

## آیا می دانید

مقدار  $n$  در ساختار یک پلیمر  
نشان می دهد که چه تعداد  
از مولکول های مونومر باهم  
واکنش داده و مولکول آن پلیمر  
را ساخته اند.  
مقدار  $n$  برای تعدادی از  
پلیمرها در جدول زیر نشان

توجه کنید: پلی اتن سبک و پلی اتن سنگین، بنابر این نیروهای بین مولکولی قویتر است. در پلی اتن شاخه دار (پلی اتن سبک)، وجود شاخه ها از نزدیک شدن و تماس زنجیره های پلیمری کم کرده و نیروهای واندروالس ضعیفتر میشود و از استحکام پلیمر میکاهد.

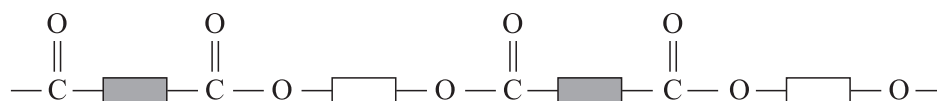
## پلی استرها

نیاز به تولید پوشاک بیشتر و با کاربردهای گسترده تر، شیمی دان ها را برای یافتن پلیمرهای جدید تشویق می کرد. آنها با بررسی رفتار انواع مواد آلی، موفق به تهیه و ساخت پلیمرهایی شدند که در ساختار آنها اتم های اکسیژن و نیتروژن نیز وجود داشت. پلی استرها دسته ای از آنها هستند که از اتم های  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  و  $\text{O}$  تشکیل شده اند. از این پلیمرها می توان الیاف، نخ و

| نام پلیمر       | $n$               |
|-----------------|-------------------|
| پلی اتن سبک     | $1 \times 10^4$   |
| پلی اتن سنگین   | $2 \times 10^5$   |
| پلی استیرن      | $3 \times 10^3$   |
| پلی وینیل کلرید | $1/5 \times 10^3$ |

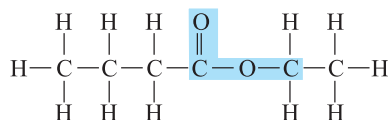
پلی استرها  
دسته ای از پلیمرها که از اتمهای تشکیل شده اند  
CHO.

از این پلیمرها، میتوان نخ، الیاف و پارچه های پلی استری تولید کرد  
فرمول عمومی پلی استرها به صورت زیر است: **پارچه های پلی استری تولید کرد**  
شکل ۹ نمایی از ساختار کلی پلی استرها را نشان  
می دهد.



شکل ۹- الگوی از ساختار پلی استرها

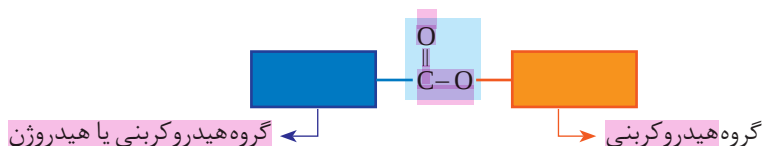
برای اینکه بدانید چنین پلیمرهایی از چه موادی تهیه می شوند، افزون بر گروه عاملی هیدروکسیل  
باید با گروه عاملی کربوکسیل و به ویژه گروه عاملی استر و برخی رفتار آنها بیشتر آشنا شوید.  
استرها دسته ای از مواد آلی هستند که منشأ بوی خوش شکوفه ها، گل ها، عطرها و نیز بو  
و طعم میوه ها هستند. برای نمونه، بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود اتیل بوتانوات در آن  
است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن اتیل بوتانوات

با دقت در ساختار مولکول استر در می یابید که به گروه عاملی آن دو بخش یا دو زنجیر  
هیدروکربنی متصل است. در یک سوی آن گروه هیدروکربنی به اتم اکسیژن و در سوی دیگر  
آن به اتم کربن این گروه متصل است. در ادامه خواهید دید که گروه عاملی استری از واکنش  
یک الکل با یک کربوکسیلیک اسید ایجاد می شود (شکل ۱۱).

گروه عاملی استر



شکل ۱۱- نمایش گروه عاملی استر

استرها  
دسته ای از مواد آلی هستند که منشأ  
بوی خوش شکوفه ها، گلها و عطرها و  
نیز بو و طعم میوه ها از آنها است  
بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود  
یک استر به نام اتیل بوتانوات است

ساختار گروه عاملی استری به صورت  
O=C=O  
به گروه عاملی استری، دو بخش با دو  
زنجیر هیدروکربنی متصل است  
از واکنش یک الکل با یک کربوکسیلیک  
اسید تولید میشوند  
فرمول مولکولی عمومی استرهای یک  
عاملی با زنجیر کربن  
CnH2nO2  
است

الکها  
دسته ای از ترکیب ها که در آنها حداقل  
یک یا چند گروه عاملی هیدروکسیل با  
یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل  
است  
الکهای یک عاملی را میتوان با فرمول  
یک زنجیر R، نشان داد که در آن ROH  
هیدروکربنی را نشان میدهد  
است

فرمول عمومی الکهای یک عاملی  
سیر شده به صورت CnH2n+1OH  
متانول: نخستین عضو خانواده الکها  
است: فرمول مولکولی CH3OH  
اتانول: دومین عضو خانواده الکها است  
فرمول مولکولی C2H5OH



## الکل‌ها و اسیدها

### آیا می‌دانید

متانئیک اسید ساده‌ترین اسید آلی است که در سال ۱۶۷۰ کشف شد و چون از تقطیر مورچه سرخ به دست می‌آمد، نام فورمیک اسید یا جوهر مورچه بر آن نهادند. در زبان لاتین به مورچه فورمیکا می‌گویند.

#### کربوکسیلیک اسیدها

دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که گروه عاملی کربوکسیل دارند مزه ترش دارند و مزه ترش میوه‌هایی مثل لیموترش و ریواس، ناشی از وجود این مولکولها است.

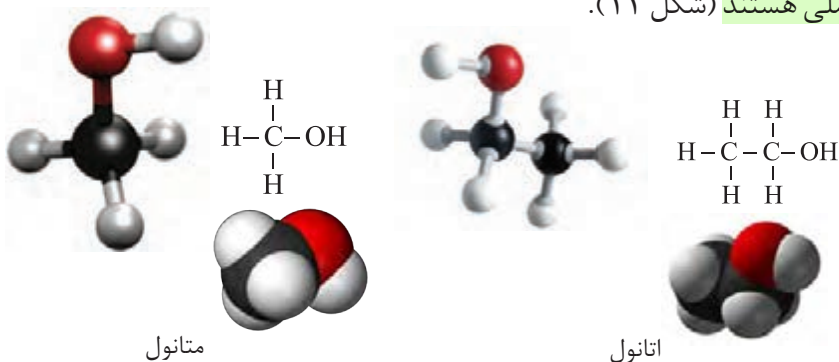
کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی را با نشان  $\text{RCOOH}$  می‌توان با فرمول  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  هیدروژن یا  $\text{R}$ ، که در آن زنجیر هیدروکربنی است.

کربوکسیلیک اسیدها با استرها ایزومر هستند و فرمول مولکولی هر دو به صورت نامگذاری کربوکسیلیک اسیدها: به آخر نام آکان همکربن با اسید، پسوند «ونیک (اسید)» اضافه می‌کنیم. (آلکانونیک اسید متانونیک اسید یا فورمیک اسید نخستین عضو این خانواده است  $\text{HCOOH}$  که بر اثر گزش مورچه سرخ، وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود.

اتانونیک اسید (استیک اسید) یک اسید دو کربنی است که یکی از پرکاربردترین اسیدها استیک اسید یا اتانونیک اسید دومین عضو این خانواده است. این اسید یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه بوده و در ساختار سرکه نیز به کار رفته است.

آموختید الکل‌ها، ترکیب‌هایی هستند که در ساختار آنها یک یا چند گروه هیدروکسیل ( $-\text{OH}$ )

با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل است. متانول و اتانول دو عضو خانواده الکل‌های یک عاملی هستند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- فرمول ساختاری، مدل فضاپرکن و گلوله - میله برای متانول و اتانول

الکل‌های یک عاملی را می‌توان با فرمول  $\text{ROH}$  نشان داد که در آن،  $\text{R}$  یک زنجیر

هیدروکربنی است.

کربوکسیلیک اسیدها نیز دسته‌ای دیگر از ترکیب‌های آلی هستند که گروه عاملی

کربوکسیل ( $-\text{COOH}$ ) دارند. این ترکیب‌ها مزه ترش دارند به طوری که مزه ترش میوه‌هایی

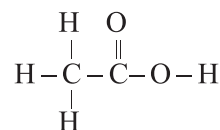
مانند انگور، لیموترش، کیوی، گوجه سبز و... ناشی از وجود چنین مولکول‌هایی در آنهاست.

متانئیک (فورمیک) اسید،  $\text{HCOOH}$ ، اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست که بر

اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود.

اتانونیک اسید (استیک اسید) یک اسید دو کربنی است که یکی از پرکاربردترین اسیدها

در زندگی روزانه است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- فرمول ساختاری استیک اسید و کاربردی از آن

کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی را می‌توان با فرمول  $\text{RCOOH}$  یا  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$  نشان

داد که در آن  $\text{R}$ ، یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است.

انحلال پذیری الکلهای

در مولکول هر الکل دو بخش متمایز وجود دارد: زنجیر هیدروکربنی (بخش ناقطبی) و گروه (بخش قطبی) هر چه تعداد کربن در مولکول الکل بیشتر باشد، میزان قطبیت آن کاهش مییابد

هگزانول > اتانول :مقایسه میزان قطبیت

به دلیل وجود در ساختار الکلهای، میان مولکولهای الکل، پیوند هیدروژنی برقرار میشود

وجود بخش ناقطبی (زنجیر هیدروکربنی) نیروی جاذبه و اندروالس را میان مولکولهای الکل بهوجود میآورد

در الکلهای سبک تا پنج اتم کربن مانند متانول و اتانول) پیوند هیدروژنی بر نیروی جاذبه و اندروالس غلبه میکند به همین دلیل این

الکلهای در آب به خوبی حل میشوند سه الکل اول (متانول، اتانول و

پروپانول) به هر نسبتی در آب حل میشوند، در واقع نمیتوان از این الکلهای در آب محلول سیر شده تهیه کرد

بهطور کلی با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی (تعداد کربن) مولکول در الکلهای، بخش ناقطبی مولکول بزرگتر شده و

الف) انحلال پذیری الکل در آب) کاهش مییابد

ب) ویژگی چربیدوستی و آبگریزی الکل افزایش مییابد

پ) نیروهای و اندروالسی قویتر میشوند

انحلالپذیری آلکانها در آب برخلاف الکلهای با تغییر تعداد اتمهای کربن تغییری نمی کند و تقریباً ثابت (نزدیک به صفر) است

ت) همانطور که در جدول دیده میشود با بزرگ شدن زنجیر کربنی (بخش ناقطبی)، انحلالپذیری الکل در آب کم میشود. به عبارت دیگر در مولکول الکل با تعداد کربن بیشتر بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه کرده و قطبیت مولکول

کمتر شده و انحلال آن در آب حلال قطبی کمتر میشود

ث) طبق جدول بالا با افزایش تعداد اتم کربن، میزان انحلالپذیری الکل در حلال قطبی (آب) به میزان زیادی کاهش مییابد. این شواهد نشان میدهد که با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی قطبیت مولکول کاهش یافته و نیروی و اندروالس بر پیوند هیدروژنی غلبه میکند

OH

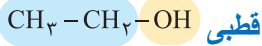
الف از طرف گروه هیدروکسیل پیوند هیدروژنی، و از طرف زنجیر کربنی نیروی و اندروالس ایجاد میشود

پ) اتانول، چون بخش ناقطبی آن کوچک است و بخش قطبی مولکول بر بخش ناقطبی آن غلبه کرده و مولکولی ناقطبی بوده و در آب حلال ناقطبی بهتر حل میشود

با هم بیندیشیم

با توجه به دو ساختار داده شده به پرسشها پاسخ دهید:

ناقطبی



الف) پیش بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟

ب) مولکول این الکلها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی

هیدروکربن ها حدود صفر است، این دو بخش را در هر مولکول بالا مشخص کنید.

پ) پیش بینی کنید در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟

ت) درستی پیش بینی خود را با توجه به داده های جدول زیر بررسی کنید.

| فرمول الکل                                                                                                     | انحلال پذیری (g/100gH <sub>2</sub> O) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$                                                                              | به هر نسبتی حل می شود                 |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | ۰/۰۴۶                                 |

ث) درباره درستی جمله زیر گفت وگو کنید.

«با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکلها، نیروی و اندروالس بر هیدروژنی غلبه

می کند و ویژگی ناقطبی الکل افزایش می یابد.»

ج) در آلکانهای راست

زنجیر با افزایش تعداد اتم کربن

تغییری در انحلالپذیری مشاهده

نمیشود چون گشتاور

دوقطبی هیدروکربنها صفر و

مولکول آنها ناقطبی و نیروهای

بین مولکولی از نوع و اندروالس

است و افزایش جرم

تأثیری بر انحلالپذیری آنها ندارد

اما الکلهای دارای دو بخش قطبی

و ناقطبی میباشند. در الکلهای

سبک بخش ناقطبی کوچک است

نیروی بین مولکولی

غالب پیوند هیدروژنی میباشد و

به خوبی در آب حل میشوند. با

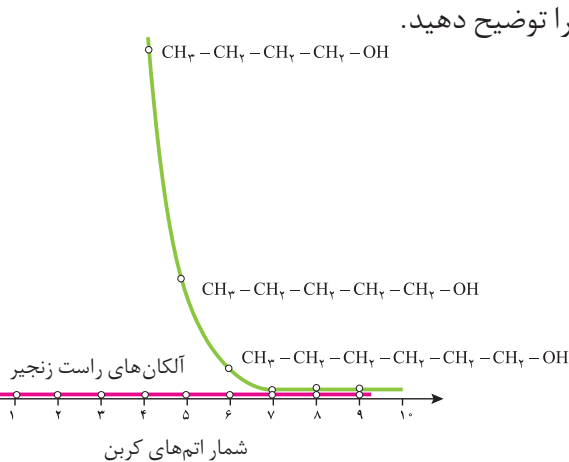
افزایش تعداد اتم کربن در زنجیر

هیدروکربنی، بخش

ناقطبی غالب شده و نیروی غالب

از نوع و اندروالس است و انحلال

در حلال قطبی آب کاهش مییابد



روند تغییر آنها را توضیح دهید.

دریافتید که مولکول الکلها دو بخش قطبی و ناقطبی دارد. زنجیر هیدروکربنی، بخش

ناقطبی مولکول و گروه عاملی هیدروکسیل، بخش قطبی مولکول را تشکیل می دهد. بنابراین

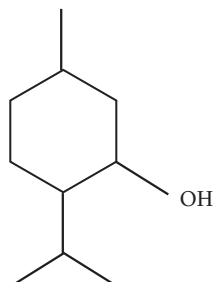
ث) طبق جدول بالا با افزایش تعداد اتم کربن، میزان انحلالپذیری الکل در حلال قطبی (آب) به میزان زیادی کاهش

مییابد. این شواهد نشان میدهد که با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی قطبیت مولکول کاهش یافته و نیروی

و اندروالس بر پیوند هیدروژنی غلبه میکند

## آیا می دانید

منتول الکلی با فرمول ساختاری زیر است که بوی نعناع و سوسنبر ناشی از آن است. از منتول در تهیه برخی آدامس‌ها، آب نبات‌ها و داروها استفاده می‌شود.



در الکل‌ها دو نوع نیروی بین مولکولی هیدروژنی و وان دروالسی وجود دارد. به طوری که در الکل‌های کوچک و تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد و الکل در آب محلول است. به دیگر سخن، نیروی بین مولکولی غالب در الکل‌ها تا پنج کربن از نوع هیدروژنی بوده و به همین دلیل به خوبی در آب حل می‌شوند. اما با افزایش شمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی مولکول بزرگ‌تر شده و میزان قطبیت مولکول کاهش می‌یابد. این روند سبب می‌شود که الکل‌های بزرگ‌تر در آب حل نشوند بلکه در چربی حل شوند. از این رو ویژگی چربی دوستی الکل‌ها با افزایش شمار اتم‌های کربن، افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، هرچه شمار اتم‌های کربن الکل‌ها بیشتر شود، ویژگی آب‌گریزی آنها افزایش می‌یابد.

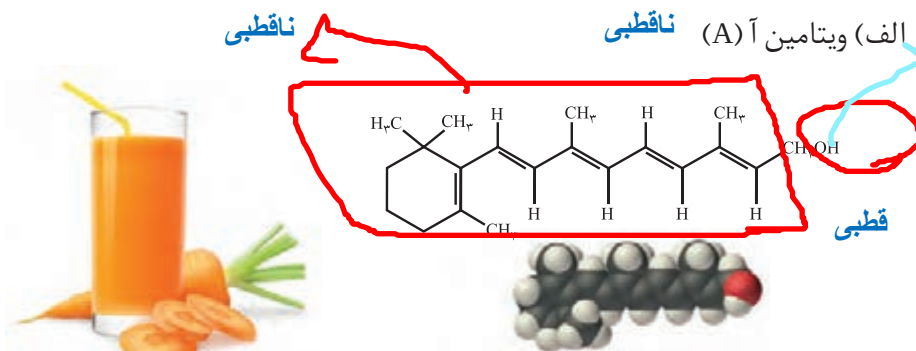
## خود را بیازمایید

۱- کدام ویتامین‌های زیر در آب و کدام‌ها در چربی حل می‌شود؟ چرا؟

ناقطبی

ناقطبی

هیدروکسیل



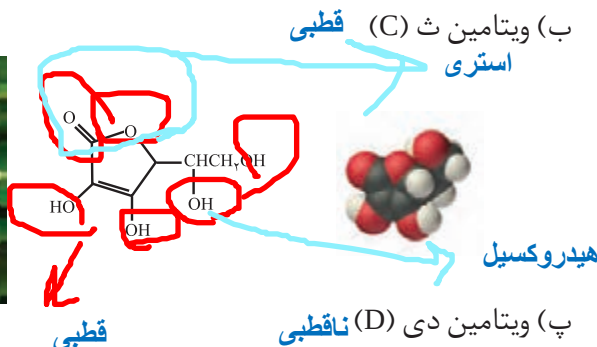
شاید تاکنون با افرادی روبه‌رو شده‌اید که از گرفتگی عضلات، کمردرد، دردهای عضلانی و درد مفاصل رنج می‌برند. این افراد برای کاهش درد خود از پمادهای موضعی گوناگونی استفاده می‌کنند که دارای چندین ماده آلی هستند. یکی از ترکیب‌های آلی موجود در برخی از آنها منتول است.

D, K, A

ویتامین‌های که بخش ناقطبی آنها بزرگتر است، مولکولهای ناقطبی بوده و در آب حلال قطبی حل نمی‌شوند. و در چربی حلال ناقطبی حل می‌شوند. ویتامین C به دلیل داشتن بخشهای قطبی بیشتر، مولکولی قطبی بوده و در آب حلال قطبی حل می‌شود.



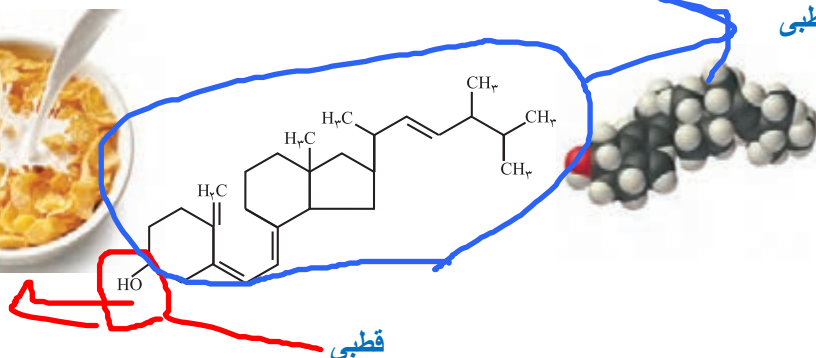
(ب) ویتامین ث (C) قطبی استری

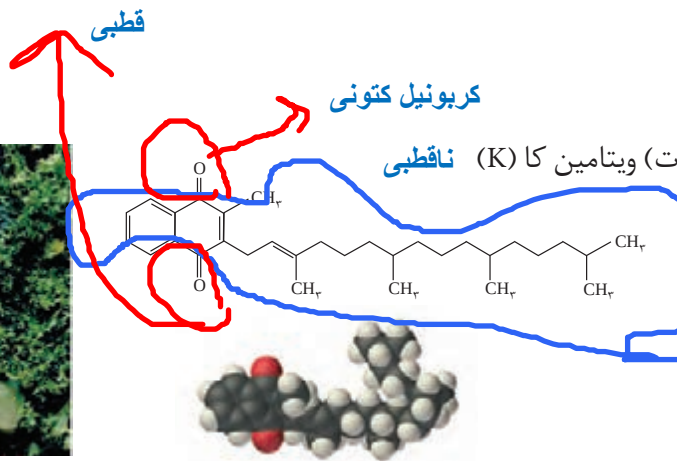


(پ) ویتامین دی (D) ناقطبی ناقطبی



هیدروکسیل





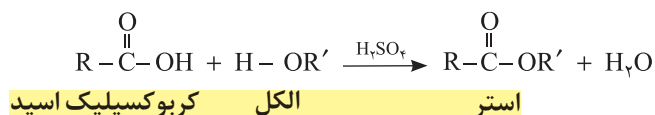
حفظ کردن فرمول شیمیایی مواد آلی و ارزشیابی از آنها، جزو اهداف کتاب نیست و نباید در آزمون‌های نهایی و کنکور سراسری مورد ارزیابی قرار گیرد.

- ۲- مصرف بیش از اندازه کدام دسته از ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند؟  
چرا؟ ویتامین‌های محلول در آب مانند ویتامین C چون مقدار اضافی آن با حل شدن در آب و از طریق ادرار دفع میشوند
- ۳- گروه‌های عاملی موجود در هر یک از ترکیب‌های بالا را مشخص کنید.
- ۴- عبارت زیر را با خط زدن واژه نادرست در هر مورد کامل کنید.

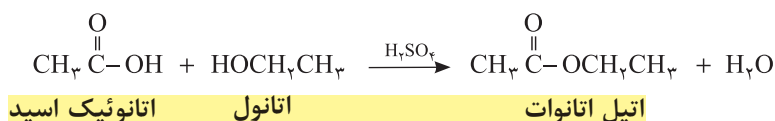
در ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی بخش ناقطبی بزرگ‌تر می‌شود، قطبیت مولکول کاهش می‌یابد و انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر می‌شود.

## واکنش استری شدن

یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می‌شوند. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند.



با این توصیف از واکنش استیک اسید با اتانول، طبق معادله زیر اتیل استات به دست می‌آید.



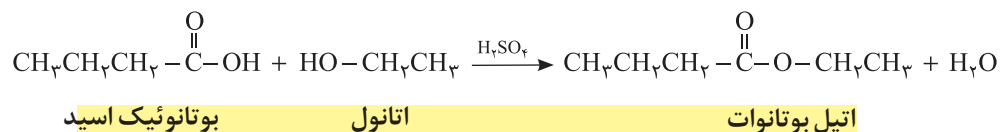
نامگذاری استرها بر وزن آلکیل آلکانوات انجام میشود

## آیا می‌دانید

طعم یک ماده غذایی و میوه از کنار هم قرار گرفتن شمار زیادی از ترکیب‌های شیمیایی ایجاد می‌شود. برای مثال، پرتقال دارای ۲۵۰ نوع ماده شیمیایی است که با هم طعم آن را می‌سازند. استرها از مواد اصلی سازنده طعم و بوی مواد غذایی هستند. شیمی‌دان‌ها با شناسایی اجزای سازنده طعم‌های گوناگون، آنها را در آزمایشگاه و صنعت تهیه و تولید می‌کنند.

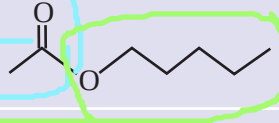
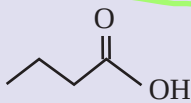
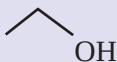
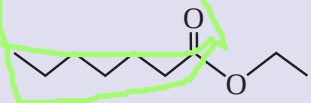


به همین ترتیب می‌توان اتیل بوتانات را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده کرد.



## خود را بیازمایید

با رسم ساختار الکل و اسید سازنده برای هر استر، جدول زیر را کامل کنید.

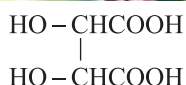
| نام میوه                                                                          | ساختار الکل سازنده                                                                | ساختار اسید سازنده                                                                 | ساختار استر                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                   |                                                                                    |  |
|  | $\text{CH}_3\text{OH}$                                                            |  |                                                                                     |
|  |  |                                                                                    |  |

## آیا می‌دانید

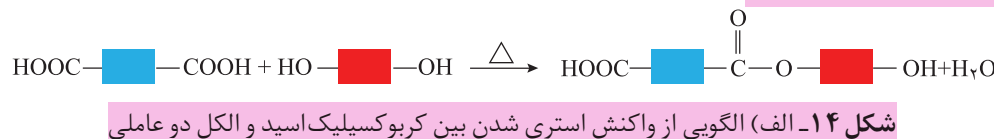
اسیدهای موجود در انگور و ریواس به ترتیب تارتاریک اسید و اگزالیک اسید نام دارند.



HOOC-COOH



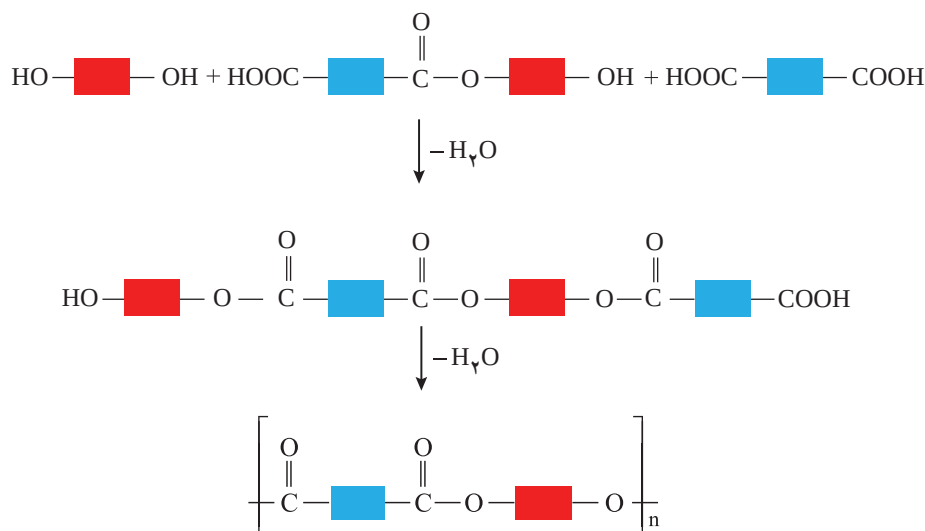
اکنون با توجه به واکنش استری شدن، می‌توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسب، یک پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحلهٔ نخست این واکنش، یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در الکل با یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند (شکل ۱۴-الف).



همان‌طور که در شکل ۱۴-الف می‌بینید در ساختار فرآورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، آن‌چنان که از یک سو با عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل الکلی در واکنش شرکت می‌کند. با ادامهٔ این روند مولکول‌های بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می‌دهند و سرانجام مولکول‌هایی با زنجیر بلند و شمار زیادی عامل استری تشکیل می‌شود. فرآورده‌ای که پلی‌استر<sup>۱</sup> نامیده می‌شود (شکل ۱۴-ب).

## آیا می‌دانید

نخ‌های خیاطی از جنس پلی‌استر هستند. هر چه مولکول سازنده پلی‌استر طولانی‌تر باشد، نیروی بین آنها قوی‌تر و استحکام نخ آن بیشتر است.

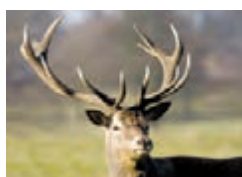


شکل ۱۴- ب) الگوی واکنش تشکیل پلی‌استر

می‌دانید که رفتار و ویژگی‌های مواد به ساختار آنها بستگی دارد. بنابراین با استفاده از کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های دو عاملی گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار متفاوت و گوناگون می‌توان تهیه کرد. پلیمرهایی که به دلیل داشتن خواص معین و منحصر به فرد، کاربردهای ویژه‌ای دارند. گوناگونی رفتار پلیمرها سبب شد تا شیمی‌دان‌های بیشتری به بررسی واکنش پلیمری شدن علاقه‌مند شوند. نتیجه این بررسی‌ها شناسایی دسته‌تازه‌ای از پلیمرها بود.

## پلی‌آمیدها

پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آنها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند. در این دسته از پلیمرها گروه عاملی آمید  $\left( \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array} \right)$  در طول زنجیر کربنی تکرار شده است (شکل ۱۵).

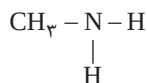


شکل ۱۵- نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی

عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به دست می‌آید. آمین، ترکیبی آلی است که در ساختار آنها اتم‌های C، H و N وجود دارد. متیل آمین، ساده‌ترین آمین است. وجود اتم نیتروژن، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی به آمین‌ها داده است (شکل ۱۶). به طوری که بوی ماهی ناشی از آمین‌های موجود در آن است.

• بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است.

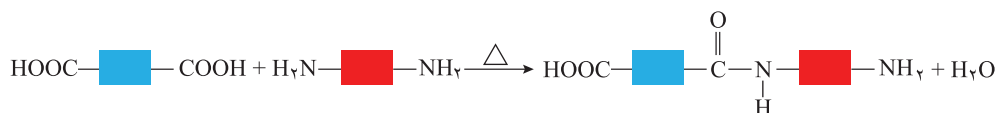




شکل ۱۶- فرمول ساختاری، مدل گلوله - میله و فضا پرکن متیل آمین

واکنش تولید پلی آمید شبیه به تولید پلی استر است با این تفاوت که به جای گروه عاملی

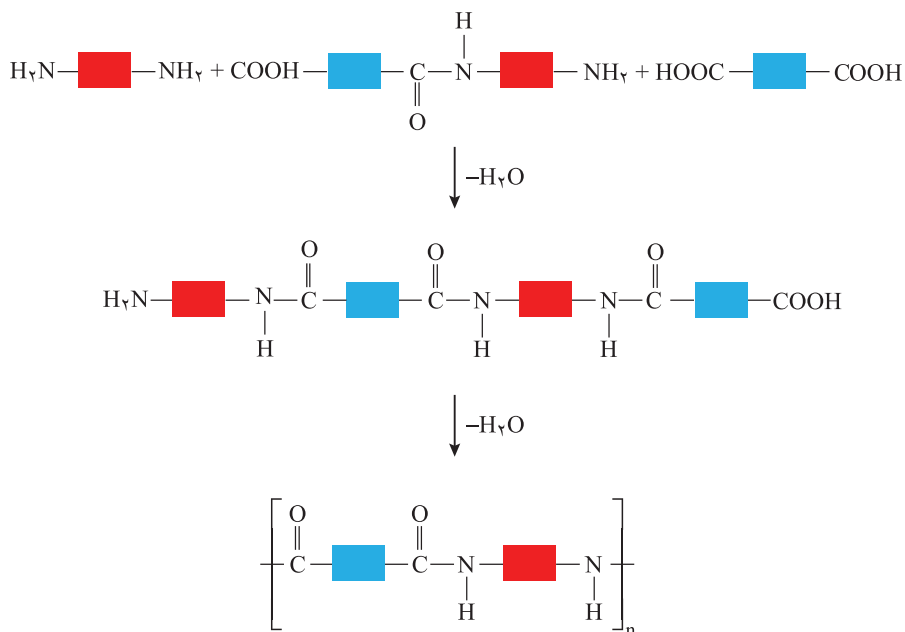
الکل، گروه عاملی آمین با گروه کربوکسیل واکنش می دهد (شکل ۱۷- الف).



شکل ۱۷- الف) تشکیل گروه آمیدی

با ادامه واکنش، گروه های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام پلی آمید<sup>۱</sup> تولید می شود

(شکل ۱۷- ب).



شکل ۱۷- ب) الگوی واکنش تشکیل پلی آمید



● پوشاک دوخته شده از کولار

سیک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و پیریدگی مقاوم است. این پلیمر تاکنون جان میلیون ها انسان را در حوادث گوناگون نجات داده است.

پلی آمیدهای ساختگی را در صنایع پتروشیمی از واکنش دی آمین ها با دی اسیدها تولید

می کنند. کولار<sup>۲</sup> یکی از معروف ترین پلی آمیدها است. این پلیمر از فولاد هم جرم خود

پنج برابر مقاوم تر است. از کولار در تهیه تیر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس های مخصوص

مسابقه موتورسواری و جلیقه های ضد گلوله استفاده می شود (شکل ۱۸).

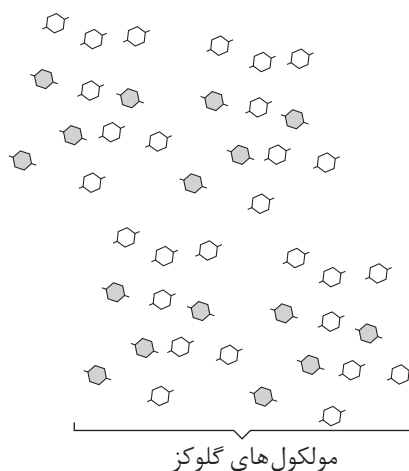
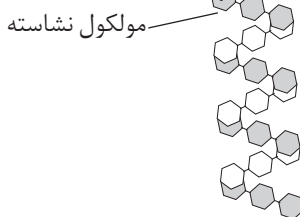


شکل ۱۸- برخی کاربردهای کولار

## پلیمرها، ماندگار یا تخریب پذیر

آیا نان یا سیب زمینی مزه‌ای شیرین دارد؟ نان و سیب زمینی از نشاسته غنی هستند. نشاسته، پلی ساکاریدی است که از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر تشکیل شده است. اینک پاسخ شما به پرسش بالا چیست؟ واقعیت این است که اگر نان را برای مدت طولانی‌تری در دهان بجوید، مزه‌ای شیرین احساس خواهید کرد. سیب زمینی پخته نیز اندکی مزه شیرین دارد. این مزه شیرین ناشی از چیست؟

شیمی‌دان‌ها بر اساس یافته‌های تجربی دریافته‌اند که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده (گلوکز) تبدیل می‌شوند و مزه شیرین ایجاد می‌کنند. نشاسته هنگام گوارش (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تبدیل آن است که به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- الگوی تبدیل نشاسته به مونومرهای سازنده آن

استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می‌شوند. این واکنش به آبکافت استرها معروف است. برای نمونه معادله صفحه بعد آبکافت

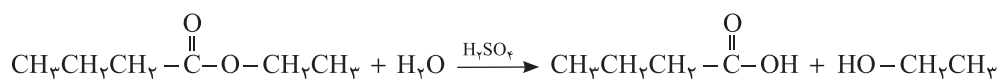
## آیا می‌دانید

برخی میوه‌های کال و نارس نشاسته دارند. این نشاسته هم‌زمان با رسیدن میوه به گلوکز تبدیل می‌شود و مزه شیرین آن را ایجاد می‌کند. البته شیرینی میوه‌ها به دلیل وجود دیگر قندهای ساده از جمله فروکتوز نیز هست.





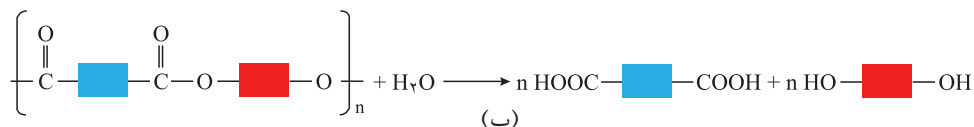
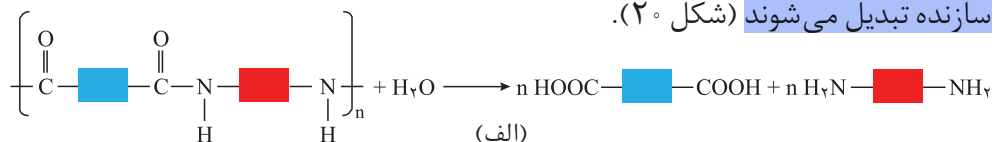
اتیل بوتانات را نشان می دهد که اتانول و بوتانوئیک اسید را تولید می کند.



اتانول      بوتانوئیک اسید      اتیل بوتانات

پلی آمیدها و پلی استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می دهند و به مونومرهای

سازنده تبدیل می شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- الف) نمایی کلی از واکنش های تجزیه پلی آمید و ب) تجزیه پلی استر

با توجه به اینکه هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد می توان گفت پس از مدتی تار و پود آنها

سست و پوسیده می شوند زیرا مولکول های پلیمر سازنده آنها با مولکول های موجود در محیط

پیرامون واکنش می دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آنها مانند پیوند استری یا

آمییدی شکسته می شوند. با شکستن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن

به سادگی گسسته می شود. بدیهی است که هر چه آهنگ شکستن این پیوندها سریع تر باشد،

فرایند پوسیده شدن پارچه سریع تر رخ می دهد.

- مواد زیست تخریب پذیر موادی هستند که در طبیعت توسط جانداران ذره بینی به مولکول های ساده و کوچک مانند کربن دی اکسید، متان، آب و... تبدیل می شوند. پلیمرهای طبیعی زیست تخریب پذیرند.

## خود را بیازمایید

۱- در کدام شرایط زیر لباس های نخی زودتر پوسیده می شوند؟ چرا؟

الف) محیط سرد و خشک      ب) محیط گرم و مرطوب

۲- چرا استفاده بی رویه از شوینده ها در شستن لباس ها سبب پوسیده شدن سریع تر آنها می شود؟

۳- اگر لباس ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و ناگوار

پیدا می کنند. توضیح دهید چه رخ می دهد؟

۴- برای شستن تمیزتر لباس ها از شوینده ها و سفیدکننده ها استفاده می کنند. اگر

اگر سفیدکننده را مستقیم روی لباس بریزند، به علت غلظت زیاد سفیدکننده، سرعت

واکنش زیاد بوده و سریعتر اثر میکند اما اگر ابتدا سفیدکننده در آب حل

شود، غلظت کمتر شده و با کاهش سرعت واکنش اثر آن به سرعت ظاهر

نمیشود

### 1 محیط گرم و مرطوب، چون ساختار

مولکولی آن توسط آب شکسته شده و به

مونومرهای سازنده تبدیل میشود

۲ گرما هم سرعت واکنش را افزایش میدهد

۳ در آب بیشتر شوینده ها نقش کاتالیزگر را

دارند و سرعت تجزیه پلیمرها را افزایش

میدهند

۴ پلیمر سازنده الیاف در این شرایط به

مونومرهای سازنده شکسته شده و بوی

حاصل به دلیل تشکیل مونومرها

میشود

محسوسی در رنگ لباس ایجاد نمی شود. چرا؟

۵- لباس های پلی استری در اثر عوامل محیطی در طول زمان پوسیده می شوند. این پوسیده شدن به معنی شکستن پیوندهای استری و سست شدن تار و پود لباس است. جدول زیر داده های مربوط به واکنش آبکافت یک نوع استر را در حضور اسید نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:

| [استر]   | ۰/۵۵ | ۰/۴۲ | ۰/۳۱ | ۰/۲۳ | ۰/۱۷ | ۰/۱۲ | ۰/۰۸ |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| زمان (s) | ۰    | ۱۵   | ۳۰   | ۴۵   | ۶۰   | ۷۵   | ۹۰   |

الف) نمودار تغییر غلظت استر بر حسب زمان را رسم کنید.

ب) سرعت متوسط آبکافت استر در بازه زمانی صفر تا ۳۰ ثانیه چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟

پ) سرعت واکنش در کدام بازه زمانی بیشتر است؟ چرا؟  
صفر تا ۲۰ ثانیه  
۶۰ تا ۹۰ ثانیه

هرچند پلی استرها و پلی آمیدها شکسته می شوند، اما آهنگ این واکنش ها به ساختار مونومرهای سازنده بستگی دارد. بنابراین جنس لباس، در مدت زمان استفاده از آن مؤثر است. تجربه نشان می دهد که به طور کلی واکنش آبکافت پلی استرها و پلی آمیدها کند است. به همین دلیل لباس های تهیه شده از این نوع پارچه ها برای مدت های طولانی قابل استفاده است زیرا استحکام خود را حفظ می کنند. این در حالی است که پلیمرهای حاصل از هیدروکربن های سیر نشده، به انجام واکنش تمایلی ندارند و از این رو پوشاک و پوشش های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی شوند و برای سالیان طولانی دست نخورده باقی می مانند. در واقع پلیمرهای ماندگارند. علت این است که این پلیمرها، ساختاری شبیه به آلکان ها دارند و سیر شده هستند. هر چند استفاده از این پلیمرها صرفه اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست زیرا ماندگاری دراز مدت این مواد در طبیعت سبب ایجاد مشکلات فراوانی مانند تبدیل محیط زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهره شهرها و محیط زیست، آسیب زدن به زندگی جانداران و... می شود که هزینه های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می برد. بدیهی است بازیافت این مواد یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره برداری بهینه از منابع منجر خواهد شد. به منظور آسان سازی و افزایش کارایی بازیافت و افزایش کیفیت فرآورده های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه ای در نظر گرفته اند که بر روی کالاها حک می شود.

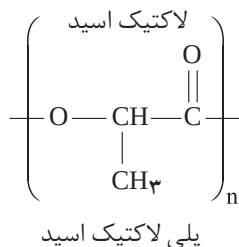
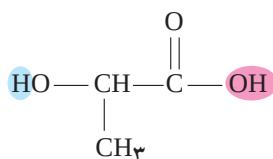
## آیا می دانید

مصرف برخی پلیمرها در صنایع گوناگون بیشتر است. به طوری که شش پلیمر نشان داده شده در جدول زیر نزدیک به ۷۵ درصد پلیمرهای ساختگی را تشکیل می دهند.

| نام پلیمر          | نشانه پلیمر                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| پلی اتیلن ترفتالات |  PET         |
| پلی اتن سنگین      |  HDPE      |
| پلی وینیل کلرید    |  PVC, or V |
| پلی اتن سبک        |  LDPE      |
| پلی پروپن          |  PP        |
| پلی استیرن         |  PS        |

## آیا می دانید

ساختارهای لاکتیک اسید و پلی لاکتیک اسید به شکل زیر است:



● شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است.

## آیا می دانید

از پلیمرهای زیست تخریب پذیر برای بخیه زدن استفاده می شود.



این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد. از این رو انتظار می رود که این نشانه روی همه کالاهای ایرانی نیز حک شود تا فرایند بازیافت آنها آسان تر شود.

جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی با پلیمرهای زیست تخریب پذیر، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همه جهانیان قرار گرفته است.

## پلیمر سبز<sup>۱</sup>

شیمی دان ها با انجام پژوهش های گسترده، موفق به ساخت دسته ای از پلیمرها شدند که توسط جانداران ذره بینی تجزیه می شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آنها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل می شوند. چنین پلیمرهایی دوستدار محیط زیست بوده و به پلیمرهای سبز معروف هستند.

این پلیمرها را از فراورده های کشاورزی مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می کنند. به طوری که نخست نشاسته موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، پلی لاکتیک اسید<sup>۲</sup> تولید می کنند.

از پلی لاکتیک اسید انواع ظرف های پلاستیکی یکبار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و... تولید شده و کاربرد آنها رو به گسترش است. این پلاستیک ها امکان تبدیل شدن به کود را دارند به همین دلیل ردپای کوچک تری در محیط زیست برجای می گذارند.

## در میان تارنماها

شیمی دان ها همچنان در جستجوی پلیمرهای جدید با کاربردهای ویژه ای هستند. برخی از آنها عبارت اند از:

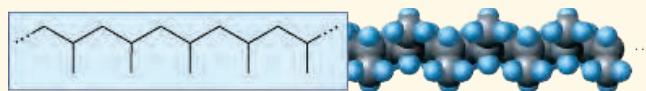
- مواد پرکننده دندان
- آستر نرم برای دندان مصنوعی
- پوشاک ضد آب
- پلاستیک های رسانا
- نخ بخیه هوشمند

با مراجعه به منابع اینترنتی معتبر درباره آنها اطلاعات جمع آوری و در کلاس ارائه کنید.

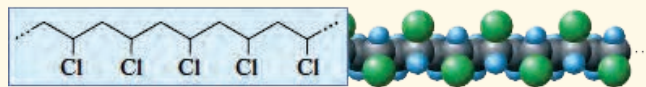
۱- Green Polymer

۲- Poly Lactic Acid (PLA)

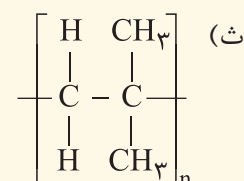
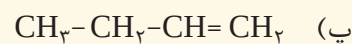
۱- در هر یک از موارد زیر ساختار پلیمر یا مونومر خواسته شده را مشخص کنید.



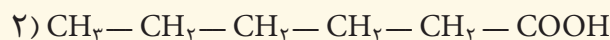
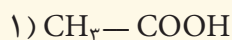
(الف)



(ب)



۲- در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام کربوکسیلیک اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟



۳- برای استری با فرمول  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ :

(الف) ساختار آن را رسم کنید.

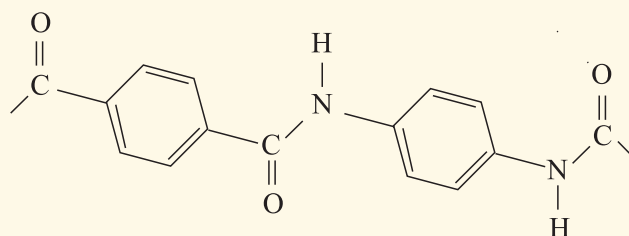
(ب) ساختار الکل و اسید سازنده آن را رسم کنید.

(پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید.

(ت) جرم مولی را حساب کنید.

(ث) نقطه جوش آن را با بیان دلیل با اتانوائیک اسید مقایسه کنید.

۴- بخشی از ساختار مولکول سازنده یک پلیمر در شکل زیر ارائه شده است. با توجه به آن:





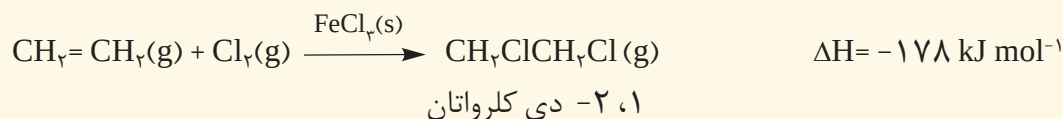
الف) این پلیمر به کدام دسته از پلیمرها تعلق دارد؟

ب) نیروی بین مولکول‌های این پلیمر از چه نوعی است؟

پ) واحدهای سازنده این پلیمر کدام گروه از مواد زیر است؟

● دی‌آمین و دی‌اسید      ● دی‌الکل و دی‌اسید      ● آمین و اسید

۵- با توجه به معادله واکنش زیر به پرسش‌های خواسته شده پاسخ دهید.



الف) ساختار لوویس فراورده را رسم کنید.

ب) نمودار آنتالپی واکنش را رسم کنید.

پ) حساب کنید از واکنش ۴۲ گرم گاز اتن با مقدار کافی از گاز کلر، چند کیلو ژول گرما مبادله می‌شود؟

۶- واکنش پلیمری شدن اتن در شرایط گوناگونی به تولید پلی اتن‌هایی با جرم مولی میانگین متفاوت منجر می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین به مقدار کاتالیزگرهای واکنش بستگی دارد. در جدول زیر نتایج یک پژوهش تجربی در این مورد داده شده است.

| جرم مولی میانگین پلیمر (گرم) | شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی آلومینیم (شماره ۲) | شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی تیتانیوم (شماره ۱) |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| ۲۷۲۰۰۰                       | ۱۲                                              | ۱                                               |
| ۲۹۲۰۰۰                       | ۶                                               | ۱                                               |
| ۲۹۸۰۰۰                       | ۳                                               | ۱                                               |
| ۲۸۴۰۰۰                       | ۱                                               | ۱                                               |
| ۱۶۰۰۰۰                       | ۰/۶۳                                            | ۱                                               |
| ۴۰۰۰۰                        | ۰/۵۳                                            | ۱                                               |
| ۲۱۰۰۰                        | ۰/۵۰                                            | ۱                                               |
| ۳۱۰۰۰                        | ۰/۲۰                                            | ۱                                               |

الف) در چه نسبت مولی از این دو کاتالیزگر پلی اتن با بیشترین جرم مولی تولید می‌شود؟

ب) تغییر جرم مولی پلیمر را برحسب نسبت مولی کاتالیزگر شماره ۱ به ۲ رسم کنید.

پ) در نسبت مولی ۸ به ۱ از این کاتالیزگرها جرم مولی را پیش‌بینی کنید.

ت) تحلیل خود از داده‌های جدول و نمودار رسم شده را بیان کنید.

# .....واژه نامه.....

|                         |     |                         |                                                                                                                    |
|-------------------------|-----|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ارزیابی چرخه عمر        | ۲۸  | Life Cycle Assessment   | شاخصی برای ارزیابی میزان تأثیر یک فراورده بر روی محیط زیست در مدت طول عمر آن است.                                  |
| آلکان                   | ۳۲  | Alkane                  | خانواده ای از هیدروکربن های سیر شده که میل ترکیبی زیادی ندارند و به فراوانی در نفت خام یافت می شوند.               |
| آلکان راست زنجیر        | ۳۲  | Straight – Chain Alkane | آلکانی که هر اتم کربن در ساختار آن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است.                                             |
| آلکان شاخه دار          | ۳۲  | Branched Alkane         | آلکانی که در ساختار آنها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد.                          |
| آلکن                    | ۳۹  | Alkene                  | هیدروکربن سیر نشده ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی دوگانه به هم متصل شده اند.                              |
| آلکین                   | ۴۱  | Alkyne                  | هیدروکربن سیر نشده ای که دو اتم کربن آن با پیوند کووالانسی سه گانه به هم متصل شده اند.                             |
| گران روی                | ۳۴  | Viscosity               | مقاومت یک سیال (شاره) را در برابر جاری شدن نشان می دهد.                                                            |
| آهنگ واکنش              | ۷۷  | Reaction Rate           | کمیتی که نشان می دهد یک واکنش شیمیایی در چه گستره ای از زمان انجام می شود.                                         |
| بَسپار یا پلیمر         | ۱۰۲ | Polymer                 | مولکول بزرگی که از به هم پیوستن یک صد تا چند هزار تک پار به وجود می آید.                                           |
| پالایش                  | ۴۴  | Refine                  | فرایندی که در آن اجزای نفت خام را از یکدیگر جدا می کند.                                                            |
| تک پار                  | ۱۰۳ | Monomer                 | مولکول ساده ای که از به هم پیوستن آنها بَسپار (پلیمر) به وجود می آید.                                              |
| تقطیر جزء به جزء        | ۴۴  | Fractional Distillation | روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایع که دارای نقطه جوش متفاوت هستند.                                             |
| زیست تخریب پذیر         | ۱۱۷ | Biodegradable           | موادی که در محیط زیست به کمک باکتری ها به مواد ساده تری تجزیه می شوند.                                             |
| سوخت                    | ۴   | Fuel                    | ماده ای سوختنی است که تنها برای تأمین انرژی سوزانده می شود.                                                        |
| سوخت فسیلی              | ۴   | Fossil Fuel             | موادی مانند زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون ها سال از تجزیه گیاهان و جانوران به وجود می آیند.           |
| واکنش سوختن             | ۶۲  | Combustion Reaction     | واکنش اکسایشی که سریع روی می دهد و با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی انرژی همراه است.                          |
| انرژی گرمایی            | ۵۵  | Thermal Energy          | به مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک نمونه ماده گفته می شود.                                                     |
| فراورده های پتروشیمیایی | ۴۰  | Petrochemical Products  | ترکیب ها و مواد آلی گوناگون که از نفت یا گاز طبیعی تهیه می شوند.                                                   |
| سوختن کامل              | ۶۲  | Complete Combustion     | سوختن یک ترکیب آلی در حضور اکسیژن کافی که کربن دی اکسید و آب تولید می کند.                                         |
| شبه فلز                 | ۶   | Metalloide              | عنصری که برخی خواص فیزیکی آن شبیه فلزها اما خواص شیمیایی آنها شبیه نافلزهاست.                                      |
| شیمی آلی                | ۱۰۲ | Organic Chemistry       | شاخه ای از شیمی که به بررسی ترکیب های آلی می پردازد و به آن شیمی ترکیب های کربن نیز گفته می شود.                   |
| طلای سیاه               | ۲۹  | Black Gold              | عنوانی که به نفت خام نسبت می دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می شود.                                              |
| فلز                     | ۱۲  | Metal                   | عنصری با جلالی فلزی و خاصیت چکش خواری که اغلب نقطه ذوب و جوش بالایی دارد و جریان برق و گرما را از خود عبور می دهد. |
| فلزهای قلیایی           | ۱۲  | Alkali Metals           | فلزهای گروه اول جدول دوره ای عنصرها که شامل Cs, Rb, K, Na, Li و Fr است.                                            |
| فتوسنتز                 | ۶۴  | Photosynthesis          | واکنشی که در آن گیاه از کربن دی اکسید، آب و نور خورشید، گلوکز و اکسیژن می سازد.                                    |

|                     |                         |     |                                                                                                                                             |
|---------------------|-------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| رادیکال             | Radical                 | ۸۹  | گونهٔ پرانرژی و ناپایدار که در ساختار خود الکترون جفت نشده دارد.                                                                            |
| هالوژن              | Halogen                 | ۱۳  | به هر یک از عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره‌ای شامل فلوئور، کلر، برم، ید و استاتین گفته می‌شود.                                                   |
| کاتالیزگر           | Catalyst                | ۸۹  | ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد.                                                                                             |
| فلز واسطه           | Transition Metal        | ۱۶  | همان فلزهای دستهٔ d هستند که در اتم آنها زیر لایهٔ d در حال پر شدن است.                                                                     |
| واکنش ترمیت         | Thermite Reaction       | ۲۴  | واکنشی بسیار گرماده میان فلز آلومینیم و آهن (III) اکسید که از آهن مذاب تولید شده در آن برای جوشکاری خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود.            |
| منبع تجدیدپذیر      | Renewable Resource      | ۲۷  | منبعی که از طریق فرایندهای طبیعی تشکیل یا از نو تولید می‌شوند.                                                                              |
| منبع تجدیدناپذیر    | Nonrenewable Resource   | ۲۷  | منبعی که تشکیل و جایگزین شدن آن از طریق فرایندهای طبیعی عملی نیست یا سرعت آنها بسیار کم است.                                                |
| نفت خام             | Petroleum               | ۲۸  | مایعی غلیظ، سیاه‌رنگ یا قهوه‌ای مایل به سبز که مخلوطی طبیعی از صدها هیدروکربن و ترکیب آلی است.                                              |
| واکنش‌پذیری شیمیایی | Chemical Reactivity     | ۱۱  | به تمایل برای انجام واکنش شیمیایی می‌گویند.                                                                                                 |
| همپار               | Isomer                  | ۷۰  | موادی که فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی دارند.                                                                               |
| هیدروکربن           | Hydrocarbon             | ۲۸  | ترکیب‌هایی که از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند.                                                                                      |
| هیدروکربن سیرشده    | Saturated Hydrocarbon   | ۴۰  | هیدروکربنی که در آن اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم دیگر متصل شده است.                                                         |
| هیدروکربن سیرنشده   | Unsaturated Hydrocarbon | ۴۱  | هیدروکربنی که در آن بین اتم‌های کربن پیوند دو یا سه‌گانه وجود دارد.                                                                         |
| هیدروکربن حلقوی     | Cyclic Hydrocarbon      | ۴۲  | هیدروکربن با بیش از دو اتم کربن که ساختاری حلقوی دارد.                                                                                      |
| گروه آلکیل          | Alkyl Group             | ۳۷  | گونه‌ای که با برداشتن یک اتم هیدروژن از یک مولکول آلکان به‌دست می‌آید.                                                                      |
| گروه عاملی          | Functional Group        | ۶۸  | اتم یا گروهی از اتم‌ها که وجود آنها در مولکول‌های اعضای یک خانواده از مواد آلی، خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه و منحصر به فردی به آنها می‌بخشد. |
| نیروهای وان دروالس  | Van der Waals Forces    | ۱۱۱ | نوعی نیروی جاذبهٔ بین مولکولی که در میان همهٔ مولکول‌ها وجود دارد.                                                                          |
| پلیمر شدن           | Polymerization          | ۱۰۲ | مجموعه‌ای از واکنش‌ها که در آن شمار بسیاری مولکول کوچک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و درشت مولکول‌هایی به نام پلیمر یا بسپار تولید می‌کنند.      |
| مقدار نظری          | Theoretical Yield       | ۲۲  | مقدار فراوردهٔ مورد انتظار که از محاسبه‌های استوکیومتری به‌دست می‌آید.                                                                      |
| مقدار عملی          | Actual Yield            | ۲۲  | مقدار فراورده‌ای که در عمل تولید می‌شود.                                                                                                    |
| بازده درصدی         | Percent Yield           | ۲۳  | نسبت مقدار عملی فراوردهٔ یک واکنش به مقدار نظری آن است که به صورت درصد بیان می‌شود.                                                         |
| گرماشیمی            | Thermochemistry         | ۶۰  | شاخه‌ای از علم شیمی که به مطالعهٔ کمی و کیفی انرژی گرمایی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی می‌پردازد.                                        |
| گرما                | Heat                    | ۵۶  | انرژی گرمایی که به دلیل اختلاف دما جاری می‌شود.                                                                                             |
| ظرفیت گرمایی        | Heat Capacity           | ۵۷  | مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای ماده به اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس را نشان می‌دهد.                                                      |
| گرمای ویژه          | Specific Heat           | ۵۷  | مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم ماده به اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس را نشان می‌دهد.                                               |
| سامانه              | System                  | ۵۹  | بخشی از جهان که برای مطالعه انتخاب می‌شود.                                                                                                  |
| محیط                | Surrounding             | ۵۹  | هر چیزی که در پیرامون سامانه باشد، محیط نامیده می‌شود.                                                                                      |
| آنتالپی واکنش       | Reaction Enthalpy       | ۶۴  | به تغییر محتوای انرژی یک سامانهٔ شیمیایی در فشار ثابت، آنتالپی واکنش گفته می‌شود.                                                           |

|                                                                                                                                   |    |                          |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------|----------------|
| گرمای آزاد شده در فشار ثابت هنگام سوختن یک مول از ماده در مقدار کافی اکسیژن را نشان می‌دهد.                                       | ۷۰ | Enthalpy of Combustion   | آنتالپی سوختن  |
| گرمای مصرف شده در فشار ثابت هنگام تبدیل یک مول مایع به بخار را در دمای معین نشان می‌دهد.                                          | ۶۳ | Enthalpy of Vaporization | آنتالپی تبخیر  |
| تغییر آنتالپی هنگام تصعید شدن یک مول ماده جامد را نشان می‌دهد.                                                                    | ۹۵ | Enthalpy of Sublimation  | آنتالپی تصعید  |
| مقدار انرژی مصرف شده در فشار ثابت هنگام شکستن یک مول پیوند بین دو اتم گازی و تبدیل آنها به اتم‌های گازی جدا از یکدیگر.            | ۶۵ | Bond Enthalpy            | آنتالپی پیوند  |
| روش تجربی برای اندازه‌گیری گرمای آزاد یا جذب شده در یک فرایند است.                                                                | ۷۲ | Calorimetry              | گرماسنجی       |
| دستگاهی که برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش در فشار ثابت به کار می‌رود.                                                            | ۷۲ | Coffee - Cup Calorimeter | گرماسنج لیوانی |
| دستگاهی که برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده به کار می‌رود.                                                               | ۷۱ | Bomb Calorimeter         | گرماسنج بمبی   |
| $\Delta H$ یک واکنش را می‌توان از جمع جبری $\Delta H$ چند واکنش دیگر به دست آورد.                                                 | ۷۲ | Hess's Law               | قانون هس       |
| فرایندی که در آن گرما آزاد می‌شود و آنتالپی سامانه کاهش می‌یابد.                                                                  | ۵۹ | Exothermic Process       | فرایند گرماده  |
| فرایندی که در آن گرما جذب می‌شود و آنتالپی سامانه افزایش می‌یابد.                                                                 | ۵۹ | Endothermic Process      | فرایند گرماگیر |
| ویتامین ث؛ جامد سفید رنگ و بلوری که به خوبی در آب حل می‌شود.                                                                      | ۷۹ | Ascorbic Acid            | آسکوربیک اسید  |
| کمیتی تجربی که برای یک واکنش شیمیایی نسبت تغییر ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری واکنش‌دهنده(ها) یا فراورده(ها) را به زمان نشان می‌دهد. | ۷۷ | Reaction Rate            | سرعت واکنش     |
| شاخه‌ای از علم شیمی که دربارهٔ سرعت واکنش‌های شیمیایی، عوامل مؤثر بر سرعت و نحوهٔ انجام آنها گفت‌وگو می‌کند.                      | ۸۳ | Chemical Kinetics        | سینتیک شیمیایی |

## منابع و مآخذ

- 1- Silberberg, M. S. , Principles of General Chemistry , Mc GrawHill, 2007.
- 2- Reger, D. L. ,Goode, S. R. Ball, D.W., Chemistry, Brooks/Cole, 2010.
- 3- Kotz, John C. ; Treichel, Paul M.; Weaver, Gabriela C., Chemistry & Chemical Reactivity , 2006,Thomson - Brooks/Cole.
- 4- Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D., General Chemistry, 2009, Brooks/Cole.
- 5- Tro, Nivaldo J., Principles of Chemistry, A Molecular Approach, 2010, Pearson.
- 6- Russo, S.; Silver, M., Introductory Chemistry, 2011, Prentice Hall.
- 7- Phillips, J.S.; Strozak, V.S.; Wistrom, C.; Zike, D. Chemistry, Concepts and Applications, 2009, Glencoe McGraw- will.
- 8- Gilbert, T.R.; kirss, R.V., Foster, N.; Davies, Chemistry, the science context, 2009, W.W. Norton & Company.
- 9- Middlecamp Catherine H. [et al.] Chemistry In Context: Applying Chemistry To Society, 2012.
- 10- Seager Spencer L., Slabaugh Micheal R., Chemistry for Today General, Organic, and Biochemistry, 2014.
- 11- Tro Nivaldi J., Chemistry in Focus, A Molecular View of Our World, 2009.
- 12- Chang Raymond, Chemistry. 2010.



# جدول دوره‌ای عناصرها

عدد اتمی —

۱ — H — نماد شیمیایی

نام — هیدروژن

جرم اتمی میانگین — ۱/۰۰۸

|                               |                                |                               |                                |                              |                               |                             |                             |                                |                                |                                |                                |                                   |                               |                                |                                 |                              |                                 |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| ۱                             | ۲                              | ۳                             | ۴                              | ۵                            | ۶                             | ۷                           | ۸                           | ۹                              | ۱۰                             | ۱۱                             | ۱۲                             | ۱۳                                | ۱۴                            | ۱۵                             | ۱۶                              | ۱۷                           | ۱۸                              |
| ۱<br>H<br>هیدروژن<br>۱٫۰۰۸    | ۲<br>He<br>هلیوم<br>۴٫۰۰۳      | ۳<br>Li<br>لیتیم<br>۶٫۹۴      | ۴<br>Be<br>بهریم<br>۹٫۰۱       | ۵<br>B<br>بور<br>۱۰٫۸۰       | ۶<br>C<br>کربن<br>۱۲٫۰۱       | ۷<br>N<br>نیتروژن<br>۱۴٫۰۱  | ۸<br>O<br>اکسیژن<br>۱۶٫۰۰   | ۹<br>F<br>فلورین<br>۱۹٫۰۰      | ۱۰<br>Ne<br>نئون<br>۲۰٫۱۸      | ۱۱<br>Na<br>سدیم<br>۲۲٫۹۹      | ۱۲<br>Mg<br>منیزیم<br>۲۴٫۳۱    | ۱۳<br>Al<br>آلومینیم<br>۲۶٫۹۸     | ۱۴<br>Si<br>سیلیسیم<br>۲۸٫۰۹  | ۱۵<br>P<br>فسفر<br>۳۰٫۹۷       | ۱۶<br>S<br>گوگرد<br>۳۲٫۰۷       | ۱۷<br>Cl<br>کلر<br>۳۵٫۴۵     | ۱۸<br>Ar<br>آرگون<br>۳۹٫۹۵      |
| ۱۹<br>K<br>پتاسیم<br>۳۹٫۱۰    | ۲۰<br>Ca<br>کلسیم<br>۴۰٫۰۸     | ۲۱<br>Sc<br>اسکاندیم<br>۴۴٫۹۶ | ۲۲<br>Ti<br>تیتانیوم<br>۴۷٫۸۷  | ۲۳<br>V<br>وانادیم<br>۵۰٫۹۴  | ۲۴<br>Cr<br>کروم<br>۵۲٫۰۰     | ۲۵<br>Mn<br>منگنز<br>۵۴٫۹۴  | ۲۶<br>Fe<br>آهن<br>۵۵٫۸۵    | ۲۷<br>Co<br>کوبالت<br>۵۸٫۹۳    | ۲۸<br>Ni<br>نیکل<br>۵۸٫۶۹      | ۲۹<br>Cu<br>مس<br>۶۳٫۵۵        | ۳۰<br>Zn<br>روی<br>۶۵٫۳۹       | ۳۱<br>Ga<br>گالیم<br>۶۹٫۷۲        | ۳۲<br>Ge<br>ژرمانیم<br>۷۲٫۶۴  | ۳۳<br>As<br>آرسنیک<br>۷۴٫۹۲    | ۳۴<br>Se<br>سلنیم<br>۷۸٫۹۶      | ۳۵<br>Br<br>برم<br>۷۹٫۹۰     | ۳۶<br>Kr<br>کریپتون<br>۸۳٫۸۰    |
| ۳۷<br>Rb<br>روبیوم<br>۸۵٫۴۷   | ۳۸<br>Sr<br>استرونسیم<br>۸۷٫۶۲ | ۳۹<br>Y<br>ایتریم<br>۸۸٫۹۱    | ۴۰<br>Zr<br>زیرکونیوم<br>۹۱٫۲۲ | ۴۱<br>Nb<br>نیوبیم<br>۹۲٫۹۱  | ۴۲<br>Mo<br>مولیبدن<br>۹۵٫۹۴  | ۴۳<br>Tc<br>تکنسیم<br>—     | ۴۴<br>Ru<br>روتنم<br>۱۰۱٫۱  | ۴۵<br>Rh<br>رویتیم<br>۱۰۱٫۰۷   | ۴۶<br>Pd<br>پالادیم<br>۱۰۶٫۴۰  | ۴۷<br>Ag<br>نقره<br>۱۰۷٫۹۰     | ۴۸<br>Cd<br>کادمیم<br>۱۱۲٫۴۰   | ۴۹<br>In<br>ایندیم<br>۱۱۴٫۸۰      | ۵۰<br>Sn<br>سرب<br>۱۱۸٫۷۰     | ۵۱<br>Sb<br>آنتیمون<br>۱۲۱٫۸۰  | ۵۲<br>Te<br>تلوریم<br>۱۲۷٫۶۰    | ۵۳<br>I<br>ید<br>۱۲۶٫۹۰      | ۵۴<br>Xe<br>زنون<br>۱۳۱٫۳۰      |
| ۵۵<br>Cs<br>سزیم<br>۱۳۲٫۹     | ۵۶<br>Ba<br>باریم<br>۱۳۷٫۳     | ۵۷<br>Lu<br>لوئیسیم<br>۱۷۵٫۰۰ | ۵۸<br>Hf<br>هافنیم<br>۱۷۸٫۵    | ۵۹<br>Ta<br>تانتال<br>۱۸۰٫۹۰ | ۶۰<br>W<br>تنگستن<br>۱۸۳٫۸۰   | ۶۱<br>Re<br>رنتیم<br>۱۸۶٫۲۰ | ۶۲<br>Os<br>اسمیم<br>۱۹۰٫۲۰ | ۶۳<br>Ir<br>ایریدیم<br>۱۹۲٫۲۰  | ۶۴<br>Pt<br>پلاتین<br>۱۹۵٫۰۸   | ۶۵<br>Au<br>طلا<br>۱۹۷٫۰۰      | ۶۶<br>Hg<br>جیوه<br>۲۰۰٫۶۰     | ۶۷<br>Tl<br>تالیوم<br>۲۰۴٫۳۰      | ۶۸<br>Pb<br>سرب<br>۲۰۷٫۲۰     | ۶۹<br>Bi<br>بیسموت<br>۲۰۹٫۰۰   | ۷۰<br>Po<br>پولونیم<br>[۲۰۹]    | ۷۱<br>At<br>استاتین<br>[۲۱۰] | ۷۲<br>Rn<br>رادون<br>[۲۲۲]      |
| ۸۷<br>Fr<br>فرانسیوم<br>[۲۲۳] | ۸۸<br>Ra<br>رادیوم<br>[۲۲۶]    | ۸۹<br>Lr<br>لوئرسیوم<br>[۲۶۲] | ۹۰<br>Rf<br>رادرفورم<br>[۲۶۱]  | ۹۱<br>Db<br>دبلیوم<br>[۲۶۸]  | ۹۲<br>Sg<br>سیگورگیم<br>[۲۷۱] | ۹۳<br>Bh<br>بوهریم<br>[۲۷۲] | ۹۴<br>Hs<br>هاسیم<br>[۲۷۷]  | ۹۵<br>Mt<br>مایتنریوم<br>[۲۷۶] | ۹۶<br>Ds<br>دارمشاتیم<br>[۲۸۱] | ۹۷<br>Rg<br>روگنبرگیم<br>[۲۸۰] | ۹۸<br>Cn<br>کوپرنتسیم<br>[۲۷۷] | ۹۹<br>Nh<br>نیوهامپتیریم<br>[۲۸۳] | ۱۰۰<br>Fl<br>فلروویم<br>[۲۸۱] | ۱۰۱<br>Mc<br>مکسکوویم<br>[۲۸۸] | ۱۰۲<br>Lv<br>لیورموریم<br>[۲۹۳] | ۱۰۳<br>Ts<br>تسنه<br>[۲۹۶]   | ۱۰۴<br>Og<br>اوغانسسون<br>[۲۹۴] |

|                              |                             |                                  |                                 |                               |                                |                               |                                 |                              |                                  |                                |                              |                              |                               |                                |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ۷۳<br>La<br>لانتان<br>۱۳۸٫۹۰ | ۷۴<br>Ce<br>سرمه<br>۱۴۰٫۱۰  | ۷۵<br>Pr<br>پراسیودیوم<br>۱۴۰٫۹۰ | ۷۶<br>Nd<br>نئودیمیوم<br>۱۴۴٫۲۰ | ۷۷<br>Pm<br>پرمیتم<br>[۱۴۵]   | ۷۸<br>Sm<br>ساماریوم<br>۱۵۰٫۴۰ | ۷۹<br>Eu<br>اوروپیم<br>۱۵۲٫۰۰ | ۸۰<br>Gd<br>گادولینیم<br>۱۵۷٫۲۰ | ۸۱<br>Tb<br>تربیوم<br>۱۵۸٫۹۰ | ۸۲<br>Dy<br>دیسپروزیوم<br>۱۶۲٫۵۰ | ۸۳<br>Ho<br>هولمیوم<br>۱۶۴٫۹۰  | ۸۴<br>Er<br>اریم<br>۱۶۷٫۳۰   | ۸۵<br>Tm<br>تیم<br>۱۶۸٫۹۰    | ۸۶<br>Yb<br>ایتریوم<br>۱۷۳٫۰۰ | ۸۷<br>Lu<br>لوئرسیوم<br>۱۷۴٫۹۰ |
| ۸۹<br>Ac<br>اکتیوم<br>[۲۲۷]  | ۹۰<br>Th<br>توریم<br>۲۳۲٫۰۰ | ۹۱<br>Pa<br>پروتاکتیوم<br>۲۳۱٫۰۰ | ۹۲<br>U<br>اورانیوم<br>۲۳۸٫۰۰   | ۹۳<br>Np<br>نپتونیوم<br>[۲۳۷] | ۹۴<br>Pu<br>پلوتونیوم<br>[۲۴۴] | ۹۵<br>Am<br>آمریسیوم<br>[۲۴۳] | ۹۶<br>Cm<br>کوریوم<br>[۲۴۷]     | ۹۷<br>Bk<br>برکیوم<br>[۲۴۷]  | ۹۸<br>Cf<br>کالیفرنیم<br>[۲۵۱]   | ۹۹<br>Es<br>ایشتیسیوم<br>[۲۵۲] | ۱۰۰<br>Fm<br>فرمیوم<br>[۲۵۷] | ۱۰۱<br>Md<br>مندلیم<br>[۲۵۸] | ۱۰۲<br>No<br>نوبلیوم<br>[۲۵۹] | ۱۰۳<br>Yb<br>ایتریوم<br>[۲۶۰]  |



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

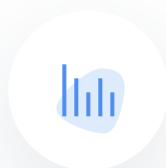
## کتاب شیمی ۲- کد ۱۱۱۲۱۰

| ردیف | نام و نام خانوادگی  | استان محل خدمت    | ردیف | نام و نام خانوادگی     | استان محل خدمت      |
|------|---------------------|-------------------|------|------------------------|---------------------|
| ۱    | سوسن نادری          | مرکزی             | ۲۷   | مریم قربانی            | خراسان شمالی        |
| ۲    | فاطمه رنجینه خجسته  | آذربایجان شرقی    | ۲۸   | حسن کاشی               | اصفهان              |
| ۳    | هما غفاری           | کردستان           | ۲۹   | فاطمه شفاهی            | سمنان               |
| ۴    | شمسی حیدری          | کرمانشاه          | ۳۰   | رقیه پور قبادی         | لرستان              |
| ۵    | منور احمدی          | قزوین             | ۳۱   | کامیار کامل شیخ رجه    | مازندران            |
| ۶    | طوبی زارع           | مازندران          | ۳۲   | مژگان حسین پور         | گیلان               |
| ۷    | افسانه آیین         | بوشهر             | ۳۳   | سمانه حبیب الهی        | شهر تهران           |
| ۸    | آریتا معصوم پور     | سمنان             | ۳۴   | علیرضا رضایی           | همدان               |
| ۹    | فریبا مرسلی         | آذربایجان شرقی    | ۳۵   | عبدالمجید منتیان       | ایلام               |
| ۱۰   | ژیلا توتونچی        | آذربایجان شرقی    | ۳۶   | امیر خلیل زاده         | آذربایجان غربی      |
| ۱۱   | لیلا فانی           | یزد               | ۳۷   | فرزین خرسندی           | البرز               |
| ۱۲   | صبح شیری            | ایلام             | ۳۸   | امید رضوانی راد        | سیستان و بلوچستان   |
| ۱۳   | هادی نجار زاده      | قزوین             | ۳۹   | مسعود اشتري            | شهر تهران           |
| ۱۴   | مهناز خراشادی زاده  | خراسان جنوبی      | ۴۰   | سید فیروز عسگری ارجنکی | چهارمحال و بختیاری  |
| ۱۵   | حسین کاووسی         | خراسان جنوبی      | ۴۱   | مهدی شیری              | خراسان رضوی         |
| ۱۶   | طاهره پالیزدار      | البرز             | ۴۲   | عزیز گرمودی            | خراسان رضوی         |
| ۱۷   | مهری طاهری          | هرمزگان           | ۴۳   | نادر منصوری            | خراسان شمالی        |
| ۱۸   | اورنگ باقی          | گیلان             | ۴۴   | مسعود راستیانی منش     | کهگیلویه و بویراحمد |
| ۱۹   | شهلا مهدوی          | اصفهان            | ۴۵   | عباسعلی صمدی           | گلستان              |
| ۲۰   | منوچهر اسماعیل زاده | کرمان             | ۴۶   | ناصر بالکانه           | کردستان             |
| ۲۱   | رضا همتی            | آذربایجان غربی    | ۴۷   | محمد قادر پناه         | لرستان              |
| ۲۲   | زهره شمالی          | زنجان             | ۴۸   | محمد سعید همایونی      | فارس                |
| ۲۳   | فریده سلطانی اصل    | شهرستان‌های تهران | ۴۹   | فرهاد سیاوشی فر        | اردبیل              |
| ۲۴   | مژگان مصلحیون       | همدان             | ۵۰   | اکبر رضایی             | شهرستان‌های تهران   |
| ۲۵   | محمدعلی اسلامی نیا  | کرمان             | ۵۱   | علی شهروی              | شهرستان‌های تهران   |
| ۲۶   | علی مویدی           | شهرستان‌های تهران |      |                        |                     |



## اپلیکیشن درسی همیار

برنامه رایگان درسی همیار



تمام پایه ها

جواب کتاب ، تدریس و نمونه سوال



همیشه رایگان

برنامه همیار کاملا رایگان میباشد