فصل سوم

پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر

پاسخ‌های تشریحی

A ۱ ۳

کلاس درس ۱ نقش پوشاک در زندگی

۱- انسان در طول تاریخ همواره به دنبال تهیهٔ پوشاک مناسب بوده است. پوشاک از بدن در برابر **عوامل محیطی** گوناگون، مانند سرما و گرما، نور خورشید، باران، تگرگ، حشرات و ... محافظت می‌کند. به‌عنوان مثال کلاه لبه‌دار، سر و صورت را در برابر تابش نور خورشید و آفتاب‌سوختگی و پوشیدن کفش، پاها را در برابر خاک، سنگ، اشیاء سخت و سردی و داغی زمین محافظت می‌کند.

۲- پوشاک افزون بر پوشش بدن، **نقش بزرگی در تمدن بشری** داشته، به‌طوری که نوع پوشاک هر قومی، بیانگر توانایی و مهارت دستی، هنر، تصویرگری، دانش و فناوری و نیز آداب و رسوم آن قوم است.

۳- امروزه با **رشد و گسترش دانش و فناوری در صنایع**، پوشاک گوناگونی تولید می‌شود، که برخی **ایمنی فیزیکی بدن** را در برابر شرایط دشوار و خطرناک هنگام انجام فعالیت‌ها افزایش می‌دهد. به‌عنوان مثال پوشش‌هایی مانند کلاه ایمنی، کفش پنجه فولادی، عینک ایمنی، جلیقهٔ ضد گلوله، لباس غواصی، لباس فضانوردها و ... مواردی هستند که نشان می‌دهند با پیشرفت علم ما توانسته‌ایم پوشاک مناسب هر کار و شغلی را تولید کنیم تا ایمنی بیشتری داشته باشیم.

نکته

به تازگی بشر با تکیه بر **دانش و فناوری‌های نو** توانسته است انواع تازه‌ای از پوشاک را تولید کند که بدن را در برابر مواد شیمیایی مانند اسیدها، سموم، بخارهای غلیظ و سمی، پرتوها، آلودگی‌های عفونی، آتش، گلوله و ... محافظت کند. لباس غواصی، لباس فضانوردها و لباس آتش‌نشان‌ها از جملهٔ این پوشاک‌ها است.

انسان با بهره‌مندی از هوش و تجارب برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از **پشم**، **مو** و **پوست جانوران** تهیه کند. پس می‌توان گفت که نخستین پوشاک انسان از **محصولات حیوانی** ساخته شده است.

A ۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (پ): نوع پوشاک در هر قوم، نشان‌دهندهٔ توانایی و مهارت دستی، هنر، تصویرگری، دانش و فناوری و آداب و رسوم آن قوم است.

B ۳ ۳ عوامل نام برده شده مثل اسیدها و سموم، در دستهٔ **عوامل شیمیایی** قرار دارند که بشر با تکیه بر دانش و فناوری‌های نو، پوشاکی را تولید کرده است که از بدن در برابر این عوامل محافظت می‌کنند.

B ۴ ۳

کلاس درس ۲ الیاف طبیعی و الیاف ساختگی

به نظر شما چند مورد از الیاف‌های پشم، نایلون، پنبه، پلی‌استر و ابریشم، جز الیاف‌های طبیعی است؟

مواد سازندهٔ پوشاک

۱- در گذشته انسان پوشاک خود را از مواد طبیعی، مانند پشم گوسفند و شتر، پنبه، چرم و ... تهیه می‌کرد. با رشد جمعیت جهان **مصرف پوشاک** به‌طور چشمگیری **افزایش** یافت. از طرفی ایجاد مشاغل خاص و پرخطری مانند آتش‌نشانی، غواصی، فضانوردی و ... تولید پوشاک متناسب با این مشاغل را به‌عنوان یک نیاز اساسی مطرح کرد.

۲- مصرف پوشاک در سراسر جهان به قدری افزایش یافت که روش‌های سنتی تولید پوشاک دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه **نبود**. به همین دلیل، **صنعت نساجی** پدیدار شد. **صنعتی که با فناوری نو به تولید پوشاک پرداخت**. موفقیت صنعت نساجی در گرو **تأمین الیاف**[۱] مورد نیاز در این صنعت است، اما به دلیل محدودیت منابع طبیعی، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز این صنعت و جامعه نبود.

۳- شیمی‌دان‌ها برای جبران کمبود الیاف طبیعی، از **طلای سیاه (نفت)** استفاده کردند و توانستند الیافی جدید تولید و راهی شرکت‌های نساجی کنند و در طول چند دهه، انواع گوناگونی از **الیاف ساختگی** بر پایهٔ نفت شناسایی و تولید شد. الیاف ساختگی و مصنوعی جایگزین الیاف طبیعی شده است و امروزه بخش عمدهٔ پوشاک را تشکیل می‌دهد.

۱- الیاف جمع لیف است و لیف رشتهٔ نازک و بلندی شبیه موست که از استحکام و انعطاف‌پذیری کافی برای تهیهٔ نخ و پارچه برخوردار است.

طبقه‌بندی الیاف بر اساس جنس

۱- الیاف نساجی، با توجه به جنسشان به دو دستهٔ **الیاف طبیعی** و **الیاف ساخت بشر** تقسیم می‌شوند:

الیاف طبیعی، الیافی هستند که در **طبیعت وجود دارند** و انسان نقشی در تولید آن‌ها **ندارد** و به سه دستهٔ کلی زیر تقسیم می‌شوند:

الف) **الیاف گیاهی** (سلولزی) ← مانند ← **پنبه**، کتان و کنف

ب) **الیاف حیوانی** (پروتئینی) ← مانند ← **پشم**، ابریشم و مو (موهر، کشمیر)

پ) **الیاف معدنی** ← مانند ← آزبست یا پنبهٔ نسوز

الیاف ساختگی، الیافی هستند که در **طبیعت وجود ندارند** و توسط انسان ساخته می‌شوند و به دو دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

الف) **الیاف سلولزی بازیافته** ← مانند ← استات، ویسکوزریون

ب) **الیاف مصنوعی** ← مانند ← نایلون، **پلی‌استر** و اکریلیک

۲- الیاف ساختگی، الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی‌شوند و ساخت بشر می‌باشند. در واقع این الیاف در شرکت‌های پتروشیمی، از واکنش بین مواد شیمیایی تولید می‌شوند. به بیان دیگر اغلب فراورده‌های پتروشیمیایی، برای تولید انواع گوناگونی از الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و ... به‌کار می‌روند.

۳- از الیاف ساختگی افزون بر تهیهٔ پارچه و پوشاک، به‌طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع پوشش‌ها، ظروف نچسب، ظروف یکبار مصرف، ظروف پلاستیکی، فرش، پرده و ... استفاده می‌شود.

روند تولید الیاف در جهان

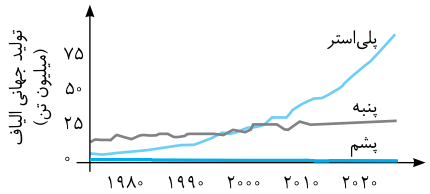
همان‌طور که گفته شد، الیاف ساختگی به مرور جایگزین الیاف طبیعی شد و امروزه **بخش عمدهٔ** پوشاک را تشکیل می‌دهد. آمارها نشان می‌دهند که در سال **۲۰۱۴** میلادی نزدیک به **صد میلیون تن** الیاف در جهان تولید و مصرف شده است. در نمودار زیر روند تولید الیاف پشمی و نخی (الیاف طبیعی) و پلی‌استری (الیاف ساختگی) در جهان را مشاهده می‌کنید:

با توجه به این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که:

۱- روند تولید **الیاف پشمی** (که نوعی از الیاف حیوانی است) با گذشت زمان **کاهش** یافته است.

۲- تولید **الیاف پنبه‌ای** یا نخی (که نوعی از الیاف گیاهی است) با گذشت زمان با **شیب بسیار کمی افزایش** یافته است.

۳- روند تولید **الیاف پلی‌استری** با **سرعت زیادی** به ویژه بعد از سال ۲۰۰۰ **افزایش** یافته است.



توجه مقایسهٔ روند **میزان تولید** انواع الیاف به‌صورت زیر است:

الیاف پشمی (الیاف حیوانی)> الیاف پنبه‌ای یا نخی (الیاف گیاهی)> الیاف پلی‌استری (الیاف ساختگی)

از الیاف تا پوشاک

لباس‌هایی که ما بر تن می‌کنیم، از الیاف تهیه می‌شوند، اما تبدیل الیاف به لباس، شامل مراحل زیر می‌شود:

۱- الیاف پس از **ریسندگی**، تبدیل به نخ می‌شود.

۲- نخ بعد از **عملیات بافندگی**، به پارچهٔ خام تبدیل می‌شود.

۳- پارچهٔ خام پس از **عملیات فراوری** به پارچهٔ آمادهٔ استفاده تبدیل می‌شود.

۴- پارچهٔ آمادهٔ استفاده، پس از **دوزندگی**، به پوشاک مورد نیاز تبدیل می‌شود.

شکل زیر مراحل تبدیل الیاف به پوشاک را نشان می‌دهد:

عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (ب): موفقیت صنایع نساجی در گرو **تأمین الیاف** مورد نیاز است.

عبارت (ت): امروزه با به‌کارگیری طلای سیاه، الیاف جدیدی تولید شده است که جایگزین الیاف **طبیعی** قدیمی شده و بخش عمدهٔ پوشاک را تشکیل می‌دهند.

A ۵ ۲ انسان در گذشته از منابع **طبیعی** مثل **پنبه و پشم حیوانات** برای تولید پوشاک استفاده می‌کرد. اما امروزه، با توجه به رشد جمعیت، روش‌های سنتی، دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه نیست.

A ۶ ۱ شیمی‌دان‌ها با به‌کارگیری **نفت**، انواع گوناگونی از الیاف ساختگی را شناسایی و تولید کرده‌اند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۲): امروزه **الیاف ساختگی** جایگزین **الیاف طبیعی** شده‌اند و بخش عمدهٔ پوشاک از این الیاف تولید می‌شود.

گزینهٔ (۳): در سال ۲۰۱۴ نزدیک به صد میلیون تن الیاف در جهان تولید و مصرف شده است.

گزینهٔ (۴): از سال ۱۹۸۰ تا به امروز، برای تولید **الیاف طبیعی**، از **پنبه بیشتر از پشم** استفاده شده است.

A ۷ ۳ تولید الیاف نخی در طول سال‌های اخیر **افزایش** پیدا کرده است.

A ۸ ۱ **پنبه**، طی عمل **ریسندگی** به **نخ** تبدیل می‌شود و **نخ** حاصل طی عمل **بافندگی** به **پارچهٔ خام** تبدیل می‌شود.

B ۹ ۴ مراحل تبدیل پنبه به لباس:

الیاف سلولزی (پنبه) ← ریسندگی ← نخ ← بافندگی ← پارچهٔ خام ← فراوری ← پارچهٔ آمادهٔ استفاده ← دوزندگی ← لباس آماده

B ۱۰ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): **الیاف ساختگی** در طبیعت یافت نمی‌شوند.

عبارت (پ): **از فراورده‌های پتروشیمیایی** برای تولید انواع گوناگون الیاف مثل پلی‌استر، نایلون و ... استفاده می‌شود.

عبارت (ت): از الیاف ساختگی، به‌طور گسترده در تهیهٔ **ظروف نچسب** استفاده می‌شود.

B ۱۱ ۳ با توجه به نمودار، تولید **الیاف نخی** و **پلی‌استری** در طول سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده اما روند تولید الیاف پلی‌استری افزایش بیشتری داشته است به صورتی که در سال ۲۰۲۰ میزان تولید الیاف پلی‌استری ۳ برابر میزان تولید الیاف نخی خواهد شد.

B ۱۲ ۴

س کلاس درس — الیاف و درشت‌مولکول‌ها

به ترکیب‌هایی که ذره‌های سازندهٔ آن‌ها، مولکول‌ها هستند، **ترکیب مولکولی** می‌گوییم. برخی از این مولکول‌ها کوچک بوده و شمار اتم‌های سازندهٔ آن‌ها کم است و **جرم مولی کم یا متوسطی** دارند (مانند CO_2، H_2O، NH_3 و ...). تعدادی از ترکیب‌های مولکولی **بسیار بزرگ و درشت** هستند که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

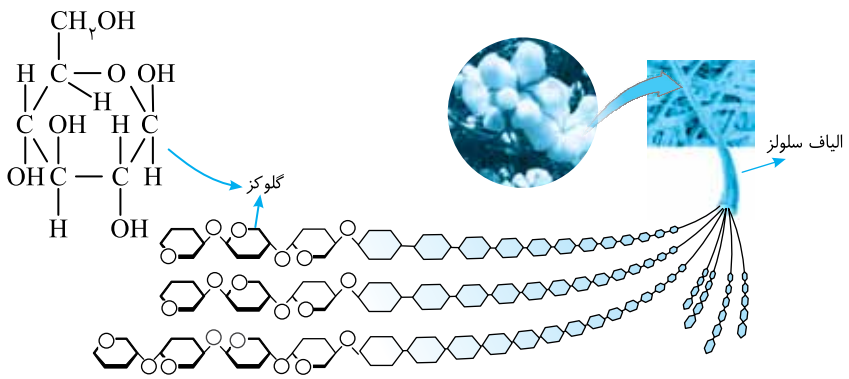
درشت‌مولکول‌ها

۱- **درشت‌مولکول‌ها** بسیار بزرگ هستند، به‌طوری که شمار اتم‌های آن‌ها به ده‌ها هزار می‌رسد. بنابراین **تعداد اتم‌های** تشکیل‌دهنده و **جرم مولکولی** آن‌ها **بسیار زیاد** بوده و **اندازهٔ مولکول** آن‌ها بزرگ است.

نکته

درشت‌مولکول‌ها دو نوع‌اند، **طبیعی** (مانند سلولز، نشاسته، پروتئین موجود در پشم، ابریشم و روغن زیتون) و **ساختگی** (مانند پلی‌اتن، نایلون و تفلون).

۲- به‌عنوان مثال **پنبه** که یک الیاف طبیعی و درشت‌مولکول می‌باشد، از **الیاف سلولز** تشکیل شده است. هر مولکول سلولز، زنجیری بسیار بلند است که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول **گلوکز** به یکدیگر ساخته می‌شود. با این توصیف تعداد اتم‌های سازندهٔ هر مولکول سلولز، بسیار زیاد بوده و اندازهٔ مولکول آن بزرگ است. شکل زیر نمایی ساده از مولکول و الیاف سلولز در پنبه است:



۳- در شکل بالا ساختار یک مولکول گلوکز نیز رسم شده، با دقت به این شکل توجه نمایید.

از اتصال تعداد زیادی از این مولکول‌ها به یکدیگر درشت‌مولکول پنبه تشکیل می‌شود.

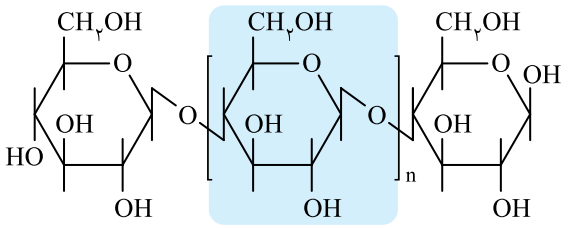
نکته

گلوکز دارای فرمول عمومی $C_6H_{12}O_6$ است و در ساختار آن ۲۴ پیوند اشتراکی، ۲۴ جفت الکترون پیوندی و ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

در ضمن در ساختار گلوکز ۵ گروه الکلی (هیدروکسیل (—OH)) مشاهده می‌شود.

سؤال مفهومی شاید از خود پرسیده باشید که چگونه مولکول‌های گلوکز به یکدیگر متصل شده و الیاف سلولز را می‌سازند؟

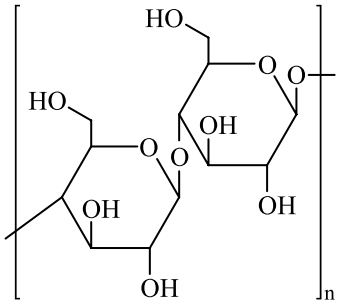
توضیح: به اتصال سه مولکول گلوکز به یکدیگر توجه نمایید:



هر مولکول گلوکز از یک سمت OH و از سمت دیگر H متصل به اکسیژن، خود را آزاد کرده تا بتواند با دو مولکول گلوکز دیگر، پیوند تشکیل دهد.

۴- **پنبه** سهم قابل توجهی در تولید پوشاک دارد. آمارها نشان می‌دهد که **حدود نیمی** از لباس‌های تولیدی در جهان از پنبه تهیه می‌شود. از پنبه افزون بر تولید لباس، در تولید رومبلی، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل و ... استفاده می‌شود.

پلیمر (بسپار)



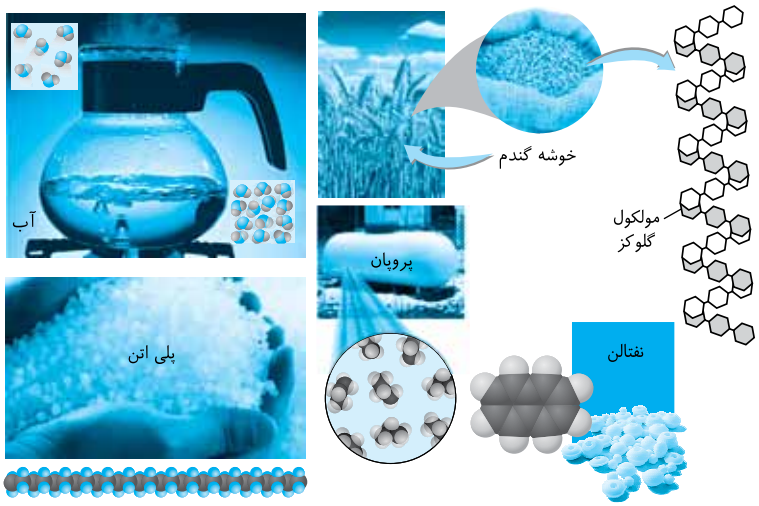
۱- **پلیمر (بسپار)** درشت‌مولکولی است که در ساختار مولکول آن، **واحد تکرارشونده** وجود دارد. در واقع پلیمرها از اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک تکراری، به نام **مونومر** تشکیل می‌شوند.

به‌عنوان مثال، واحد تکرارشونده در ساختار الیاف سلولز به‌صورت شکل روبه‌رو است:

ساختاری که داخل نماد کروشه [ ] قرار دارد، **واحد تکرارشونده** می‌باشد که از اتصال تعداد بسیار زیادی از آن، پلیمر به‌دست می‌آید. بنابراین توجه به این نکته ضروری است که **پلیمرها در ساختار خود باید واحد تکرارشونده داشته باشند.**

توجه واژهٔ پلیمر از واژه‌های یونانی polys، به معنای بسیار و meros به معنای «پاره» گرفته شده است.

۲- در شکل‌های زیر، ساختار مولکولی نفتالن، نشاسته گندم، پروپان، آب و پلی‌اتن رسم شده است، این ساختارها را خوب مشاهده کنید. آیا با توجه به فرم ساختاری ماده می‌توان پلیمر بودن یا نبودن ماده را تشخیص داد؟



به چند نکته در مورد این شکل‌ها توجه نمایید:

الف) پروپان (C_3H_8)، آب (H_2O) و نفتالن $(C_{10}H_8)$ مولکول‌های کوچکی هستند و شمار اتم‌های آن‌ها کم است، در نتیجه جرم مولی کمی داشته و بنابراین **درشت‌مولکول به حساب نمی‌آیند.**

توجه به ترکیب‌هایی مانند C_3H_8 و H_2O که **ذره‌های سازندهٔ آن‌ها مولکول‌ها هستند**، ترکیب‌های مولکولی می‌گوییم. تعدادی از این ترکیب‌ها مانند کربن دی‌اکسید (CO_2)، برم (Br_2) (البته برم ترکیب نیست و یک عنصر است)، متان (CH_4)، سولفوریک اسید (H_2SO_4)، گوگرد تری‌اکسید (SO_3) و اغلب **هیدروکربن‌ها** (آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها) همانند اتن (C_2H_4) و پروپان (C_3H_8) مولکول‌های کوچکی بوده و شمار اتم‌های آن‌ها کم است، در نتیجه جرم مولی آن‌ها کم یا متوسط است. البته در ادامه خواهیم دید که برخی درشت‌مولکول‌ها مانند پلی‌اتن و پلی‌پروپن هیدروکربن هستند.

ب) **پلی‌اتن، نشاسته گندم و سلولز** جزء درشت‌مولکول‌ها هستند و به دلیل وجود واحد تکرارشونده در ساختار خود، **پلیمر نیز می‌باشند.**

توجه طبق بیان مؤلفان کتاب درسی انسولین را نیز باید پلیمر در نظر بگیرید.

نکته

هر درشت‌مولکولی پلیمر محسوب **نمی‌شود**. زیرا هر درشت‌مولکولی واحد تکرارشونده ندارد. اما **هر پلیمری یک درشت‌مولکول نیز محسوب می‌شود.**

۳- مولکول برخی ترکیب‌ها مانند سلولز، نشاسته، پروتئین موجود در پشم، ابریشم و ... بسیار بزرگ است به‌طوری که **شمار اتم‌های آن‌ها به ده‌ها هزار** می‌رسد. این مولکول‌ها نیز جزء درشت‌مولکول‌هایی می‌باشند که در طبیعت یافت می‌شوند. درشت‌مولکول‌های دیگری نیز مانند پلی‌اتن، نایلون، تفلون و ... وجود دارند که **ساختگی** هستند و در طبیعت یافت **نمی‌شوند**. این مواد را با استفاده از واکنش‌های پلیمری شدن (بسپارش) تهیه می‌کنند.

مقایسهٔ سه پلیمر مهم

همان‌طور که گفته شد **پلی‌اتن**، **نشاسته گندم** و **سلولز** پلیمر هستند. این سه پلیمر دارای شباهت‌ها و تفاوت‌هایی هستند که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

شباهت‌ها	تفاوت‌ها
۱- هر سه دارای مولکول‌های بسیار بزرگ هستند. ۲- جرم مولی هر سه بسیار زیاد است. ۳- شمار اتم‌ها در هر سه مورد بسیار زیاد است. ۴- هر سه درشت‌مولکول و پلیمر هستند. ۵- در ساختار هر سه کربن و هیدروژن وجود دارد. ۶- سلولز و نشاسته از اتصال شمار زیادی از مولکول‌های گلوکز به یکدیگر ساخته شده‌اند. **توجه**: تفاوت سلولز و نشاسته در نحوهٔ اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر است.	۱- **واحدهای تکرارشونده** پلی‌اتن نسبت به سلولز و نشاسته متفاوت است. ۲- واحد تکرارشوندهٔ نشاسته گندم و سلولز **حلقوی** است درحالی که واحد تکرارشونده در پلی‌اتن غیرحلقوی است. ۳- واحد تکرارشونده در پلی‌اتن ساده‌تر از نشاسته و سلولز است. ۴- در پلی‌اتن فقط کربن و هیدروژن داریم درحالی که در نشاسته و سلولز علاوه بر کربن و هیدروژن، **اکسیژن** نیز وجود دارد. ۵- در پلی‌اتن برخلاف نشاسته گندم و سلولز **پیوند هیدروژنی وجود ندارد**. ۶- نشاسته گندم و سلولز خوراکی هستند و ریشه **طبیعی** دارند، در حالی که پلی‌اتن خوراکی نیست و **ساختگی** است.

مقایسهٔ نیروهای بین مولکولی

۱- نیروهای بین مولکولی، شامل دو دستهٔ کلی زیر می‌شود:

الف) نیروهای بین **مولکول‌های ناقطبی** (دوقطبی القایی - دوقطبی القایی معروف به لاندون)

ب) نیروهای بین **مولکول‌های قطبی** (دوقطبی - دوقطبی) که خود شامل دو دستهٔ کلی زیر می‌باشد:

۱- نیروهای دوقطبی - دوقطبی معمولی

۲- پیوند هیدروژنی

۲- در بین مولکول‌های ناقطبی هرچه مولکول‌ها **سنگین‌تر و حجیم‌تر** باشند، نیروهای بین مولکولی آن‌ها **قوی‌تر** خواهد بود.

۳- در بین مولکول‌های قطبی هرچه **مولکول‌ها قطبی‌تر** باشند، نیروی جاذبهٔ بین آن‌ها **بیشتر** خواهد بود.

توجه نیروی بین مولکولی بین ذرات قطبی که دارای پیوند هیدروژنی هستند؛ **قوی‌تر** است، پیوند هیدروژنی موجب می‌شود که مولکول‌ها با نیروی بیشتری به هم بچسبند.

۴- به بیان دیگر همهٔ مولکول‌ها، از مولکول‌های کوچک گرفته تا درشت‌مولکول‌هایی مانند پلیمرها، با یکدیگر برهم‌کنش دارند. برخی مولکول‌ها بیشتر از مولکول‌های دیگر به سمت هم جذب می‌شوند. مولکول‌های قطبی، بهتر از مولکول‌های ناقطبی با یکدیگر جاذبه برقرار می‌کنند.

نیروهای بین مولکولی در درشت‌مولکول‌ها هم مثل مولکول‌های کوچک اثرگذار است، اما برای درشت‌مولکول‌ها این نیروها بسیار پیچیده‌تر هستند. هرچه مولکول بزرگ‌تر باشد، اتم‌های بیشتری برای اعمال نیروی بین مولکولی وجود دارند و این خود باعث قوی‌تر شدن نیروهای بین مولکولی می‌شود.

نکته

تجمع مولکول‌ها و نیروهای بین مولکولی در درشت‌مولکول‌ها بسیار زیاد است، به‌طوری که حتی وجود نیروهای ضعیف وان‌دروالسی نیز می‌تواند در چسباندن زنجیرهای پلیمری به یکدیگر، بسیار قوی عمل کند. به همین دلیل این مواد در دمای اتاق معمولاً به **حالت جامد** هستند.

۵- اندازهٔ مولکول‌ها (جرم و حجم آن‌ها) بر نیروهای بین مولکولی آن‌ها تأثیرگذار است، می‌دانیم درشت‌مولکول‌ها، اندازهٔ بسیار بزرگ‌تری نسبت به مولکول‌های کوچک دارند، بنابراین:

مقایسهٔ نیروهای بین مولکولی: درشت‌مولکول‌ها > مولکول‌های کوچک

جمع‌بندی کلاس درس ۳

درشت‌مولکول‌ها
- باید اندازهٔ مولکول **بسیار بزرگ**، **جرم مولی** و **تعداد اتم‌ها** بسیار زیاد باشد.
- دسته‌ای از درشت‌مولکول‌ها فاقد واحد تکرارشونده هستند.
- تعدادی دارای واحد تکرارشونده هستند که در این صورت **پلیمر** می‌باشند، مانند: الیاف سلولز، نشاسته، پلی‌اتن، تفلون

مقایسهٔ نیروهای بین مولکولی
- در مولکول‌های **ناقطبی**، هرچه جرم و حجم بیشتر ← نیروهای بین مولکولی قوی‌تر
- در مولکول‌های **قطبی**، هرچه قطبیت بیشتر ← نیروهای بین مولکولی قوی‌تر
- در **درشت‌مولکول‌ها** هرچه مولکول بزرگ‌تر ← نیروهای بین مولکولی قوی‌تر

پنبه از الیاف **سلولزی** تشکیل شده که هر یک از این الیاف، از مولکول‌های سلولز ساخته شده‌اند و هر یک از مولکول‌های سلولز نیز از پشت سرهم قرار گرفتن تعداد زیادی **مولکول گلوکز** ساخته شده‌اند.

A ۱۳ ۳ الیاف سلولزی از به هم چسبیدن تعداد زیادی **مولکول گلوکز** $(C_6H_{12}O_6)$ تشکیل شده‌اند. از آن‌جا که هر یک از مولکول‌های گلوکز از عنصرهای **هیدروژن**، **کربن** و **اکسیژن** تشکیل شده‌اند، پس عنصرهای سازندهٔ سلولز هم همین عنصرها هستند.

B ۱۴ ۲ هر یک از مولکول‌های نشان داده شده با حرف (الف) یک مولکول **سلولز** را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که رشته‌های سلولز از به هم پیوستن مولکول‌های **گلوکز** تولید می‌شوند و هیچ پیوند دوگانه‌ای در ساختار مولکول‌های گلوکز وجود ندارد، پس در ساختار مولکول‌های سلولز هم هیچ پیوند دوگانه‌ای وجود ندارد.

B ۱۵ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

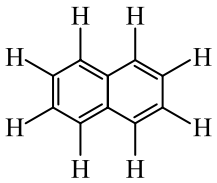
عبارت (پ): هر **الیاف سلولزی** از کنار هم قرار گرفتن تعدادی از **مولکول‌های سلولز** ایجاد می‌شوند.

عبارت (ت): میان هر دو مولکول گلوکز متوالی در مولکول سلولز، یک اتم اکسیژن قرار دارد.

A ۱۶ ۳ مولکول‌های آب (با ۳ اتم) و پروپان (با ۱۱ اتم) از تعداد اندکی اتم تشکیل شده‌اند، اما مولکول‌های پلی‌اتن، انسولین، نشاسته و سلولز از تعداد بسیار زیادی اتم تشکیل شده‌اند و در دستهٔ درشت‌مولکول‌ها قرار دارند.

A ۱۷ ۲ پلی‌اتن، نشاسته و سلولز در دستهٔ **پلیمرها** قرار دارند چرا که از واحدهای تکرارشونده تشکیل شده‌اند. در ضمن انسولین نیز طبق بیان مؤلفان کتاب درسی پلیمر است.

B ۱۸ ۴ اطلاعات موجود در ردیف‌های (الف) و (ب) درست هستند. از میان مواد داده شده در جدول، **نفتالن** یک مولکول ۱۸ اتمی با جرم مولی کم است و نشاسته، انسولین و سلولز در دستهٔ درشت‌مولکول‌ها قرار می‌گیرند. درشت‌مولکول‌ها گروهی از مواد هستند که اندازهٔ مولکول در آن‌ها **بسیار بزرگ** است و جرم مولی **بسیار زیادی** دارند و تعداد اتم‌های آن‌ها **بسیار زیاد** است.



B ۱۹ ۱ تصویرهای (الف)، (ب)، (پ) و (ت) به‌ترتیب، نشان‌دهندهٔ مولکول‌های آب، پروپان، پلی‌اتن و نشاسته هستند. مولکول‌های آب، نشاسته و پروپان به‌صورت طبیعی در طبیعت یافت می‌شوند درحالی‌که مولکول‌های پلی‌اتن در طبیعت یافت نمی‌شوند و **ساختگی** هستند. از میان مولکول‌های مورد نظر، نشاسته و پلی‌اتن در دستهٔ درشت‌مولکول‌ها قرار دارند.

بررسی گزینهٔ (۴): **نشاسته** یک درشت‌مولکول است که از واحدهای **گلوکز** ساخته شده است.

A ۲۰ ۳ مولکول نشان داده شده مربوط به روغن زیتون است که هرچند درشت‌مولکول است ولی پلیمر نیست.

B ۲۱ ۴ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): پلی‌اتن، از واحدهای تکرارشوندهٔ **اتن** تشکیل شده و نشاسته و سلولز، از واحدهای تکرارشوندهٔ **گلوکز** تشکیل شده‌اند؛ پس واحدهای سازندهٔ نشاسته و سلولز یکسان است.

عبارت (ب): مولکول‌های نشاسته از واحدهای **گلوکز** $(C_6H_{12}O_6)$ تشکیل شده‌اند پس در ساختار آن‌ها اکسیژن هم وجود دارد.

عبارت (پ): واحد سازندهٔ سلولز، مولکول‌های گلوکز است که ساختار حلقوی دارد.

عبارت (ت): برای برقرار شدن پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های یک ترکیب، باید اتم‌های هیدروژنی در آن ترکیب وجود داشته باشد که به یکی از اتم‌های **F**، **O** و یا **N** متصل شده باشند. در مولکول‌های پلی‌اتن همهٔ اتم‌های هیدروژن به اتم‌های **کربن** متصل هستند و میان مولکول‌های این ماده پیوند هیدروژنی برقرار نمی‌شود.

A ۲۲ ۲ به درشت‌مولکول‌هایی که در ساختار خود واحدهای تکرارشونده دارند، **پلیمر** می‌گویند. نشاسته و سلولز از واحدهای تکرارشوندهٔ **گلوکز** ایجاد می‌شوند پس در دستهٔ پلیمرها قرار دارند.

توجه بنزآلدهید (C_7H_6O) مولکولی کوچک و با تعداد اتم کم می‌باشد.

B ۲۳ ۱ مورد (ت) نادرست است. نیروی بین مولکولی میان مولکول‌های پلی‌اتن از نوع **وان‌درواسی** است. درحالی که نیروی بین مولکولی میان مولکول‌های سلولز از نوع **پیوند هیدروژنی** است که قدرت آن بیشتر از قدرت نیروی وان‌درواسی است.

B ۲۴ ۳ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): مولکول‌های نشاسته از واحدهای تکرارشوندهٔ گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ تشکیل شده‌اند. پس عنصرهای **اکسیژن**، **کربن** و **هیدروژن** در ساختار آن‌ها وجود دارند.

پرسش (ب): در هر یک از مولکول‌های سلولز، میان مولکول‌های گلوکز اتم‌های اکسیژن قرار دارند.

پرسش (پ): قدرت نیروهای وان‌درواسی با افزایش جرم مولکولی ذرات ماده افزایش پیدا می‌کند. از میان مولکول‌های داده شده، جرم مولکولی پلی‌اتن از بقیهٔ موارد بیشتر است.

A ۲۵ ۳ **تفلون** از واحدهای تکرارشوندهٔ یکسان تشکیل شده و یک پلیمر است.

B ۲۶ ۳ موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (ب): پشم یک درشت‌مولکول **طبیعی** و پلی‌اتن و تفلون دو درشت‌مولکول **ساختگی** هستند.

B ۲۷ ۳ سلولز، زنجیر بسیار بلندی است که از اتصال شمار زیادی مولکول گلوکز توسط اتم‌های اکسیژن تشکیل شده است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): پلی‌اتن و نفتالن از عنصرهای **هیدروژن** و **کربن** ساخته شده‌اند. با توجه به این‌که پلی‌اتن درشت‌مولکولی است که واحدهای تکرارشوندهٔ یکسان آن را می‌سازند، پس پلی‌اتن یک پلیمر است.

گزینهٔ (۲): همهٔ هیدروکربن‌ها جزء مولکول‌های کوچک نیستند. به‌عنوان مثال پلی‌اتن، پلی‌پروپن، پلی‌استیرن درشت‌مولکول هستند.

گزینهٔ (۴): هر یک از مولکول‌های انسولین از تعداد بسیار زیادی اتم تشکیل شده‌اند و جرم مولی زیادی دارند.

A ۲۸ ۲

کلاس درس ۴ واکنش پلیمری شدن هیدروکربن‌ها

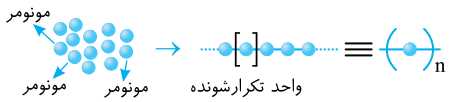
به نظر شما ساختار فرمول شیمیایی پلی‌اتن، واحد تکرارشونده و مونومر آن چگونه است؟

واکنش پلیمری شدن (بسپارش)

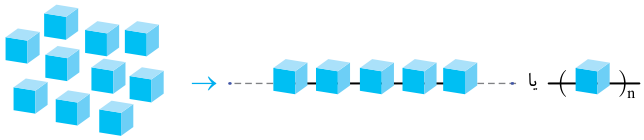
۱- **پلیمری شدن** واکنشی است که در آن مولکول‌های کوچک در شرایط مناسب، به یکدیگر متصل شده و مولکول‌هایی با **زنجیره‌های بلند و جرم مولی زیاد** ایجاد می‌کنند. به **واکنش‌دهنده‌ها** در واکنش پلیمری شدن، **مونومر** (تک‌پار) می‌گوییم. در واقع در اثر واکنشِ شمار زیادی از مونومرها با یکدیگر، پلیمر ساخته می‌شود. مونومرها پس از تغییر در ساختار خود به واحدهای تکرارشونده تبدیل می‌شوند. در واقع پلیمرها از **تکرار** همین **واحدهای تکرارشونده** (که مجموعه‌ای از اتم‌ها هستند) پدید می‌آیند.

سؤال مفهومی **آموختیم که پلیمرها از اتصال شمار زیادی از مونومرها به وجود می‌آیند، حال یک سؤال مطرح می‌شود: آیا تعداد دقیق مونومرهای موجود در یک پلیمر مشخص است؟**

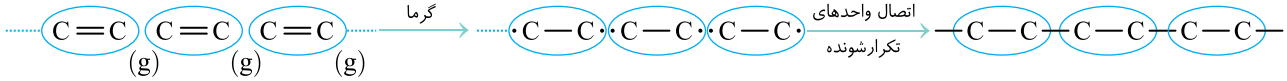
توضیح: تعیین **تعداد دقیق مونومرهای** شرکت‌کننده در واکنش پلیمری شدن **ممکن نیست**، زیرا هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر وجود ندارد. به همین دلیل **برای پلیمرها نمی‌توان فرمول مولکولی دقیق نوشت**. بنابراین برای نمایش آن‌ها، واحد تکرارشونده را درون یک پرانتز یا کروشه نوشته و زیروند n را جلوی آن می‌نویسیم. شکل زیر الگوی تشکیل یک پلیمر را نمایش می‌دهد:



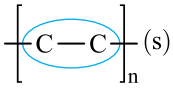
۲- در الگوی بالا می‌توان با تغییر مونومر، پلیمری جدید با **ساختار و خواص متفاوت** تهیه کرد. به‌طور کلی می‌توان گفت هر ترکیبی که در ساختار خود **پیوند دوگانه** داشته باشد، می‌تواند **نقش مونومر** را در واکنش پلیمری شدن داشته باشد. بر همین اساس **ترکیب‌های سیرنشدهٔ** حاوی پیوند $(C{=}C)$ را در صنایع پتروشیمی در شرایط مناسب (به‌عنوان مونومر) واکنش داده و پلیمرهای گوناگونی تهیه می‌کنند.



توجه اگر به مونومرهای دارای پیوند دوگانه **گرما** دهیم، از هر پیوند دوگانه یکی **از پیوندها** شکسته و هر اتم کربن دارای یک الکترون منفرد می‌شود. در این صورت در ساختار جدید به‌دست آمده دو الکترون منفرد وجود دارد که باعث **ناپایداری** آن‌ها می‌شود. این ساختارهای ناپایدار که همان واحدهای تکرارشونده در پلیمر هستند، تمایل شدیدی دارند تا با ساختاری شبیه به خود از دو طرف پیوند یگانه داده و به پایداری بیشتر برسند. به شکل زیر توجه کنید:



نمایش پلیمر به‌صورت کلی به شکل روبه‌رو است:



با استفاده از الگوی مطرح شده شما می‌توانید با استفاده از ساختار مونومرها، ساختار پلیمر مربوطه را رسم کنید.

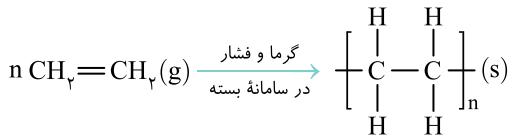
توجه دقت کنید در الگوی بالا ما فقط بخشی از مولکول را نمایش داده‌ایم.

نکته

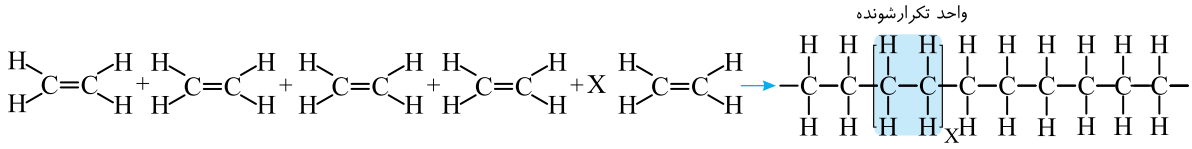
در واکنش پلیمری شدن (بسپارش) **در سمت چپ واکنش، n مولکول گازی** داریم، درحالی که **در سمت راست واکنش، یک مولکول جامد** داریم، پس می‌توان نتیجه گرفت که واکنش‌های پلیمری شدن، با **کاهش حجم** شدیدی همراه هستند.

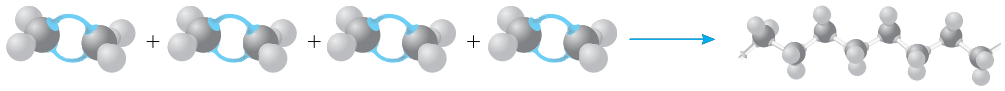
پلی‌اتن

۱- اگر **گاز اتن** $(C_2H_4(g))$ را در **سامانه‌ای بسته** و در **فشار بالا** گرما دهیم، **جامد سفیدرنگی** به‌دست می‌آید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که **جرم مولی** این فراورده، **ده‌ها هزار گرم بر مول** است. بالا بودن جرم مولی این ترکیب بیانگر این است که در ساختار هر مولکول آن، هزاران اتم کربن و هیدروژن وجود دارد. در واقع فراوردهٔ توصیف شده درشت‌مولکولی از نوع پلیمر است. معادلهٔ واکنش شیمیایی انجام شده به‌صورت زیر است:



۲- در ساختار گاز اتن پیوند دوگانه وجود دارد، بنابراین **سیرنشده** است، درحالی که در ساختار فراورده که به آن **پلی‌اتن** می‌گوییم، **پیوند دوگانه وجود ندارد** و سیرشده است. زیرا هر اتم کربن در آن با چهار پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم دیگر متصل شده است. در واقع طی این واکنش پیوند دوگانه در مولکول‌های اتن شکسته شده و مولکول‌های اتن از سوی اتم کربن به یکدیگر متصل می‌شوند. با ادامهٔ این روند شمار زیادی از مولکول‌های اتن با یکدیگر واکنش داده و مولکول‌هایی با زنجیر کربنی بلند، ایجاد می‌کنند.

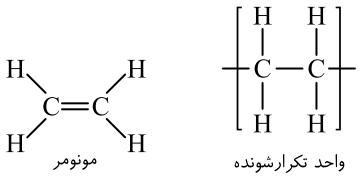




توجه مونومرها در واکنش پلیمری شدن به شکل **گاز** هستند، درحالی که حالت فیزیکی پلیمر **جامد** است. دلیل این موضوع قوی‌تر بودن نیروهای بین مولکولی در پلیمرها است. جرم مولی مونومر کم است بنابراین نیروهای وان‌دروالسی که به جرم وابسته است نیز در مونومرها ضعیف خواهد بود، درحالی که پلیمرها جرم مولی بسیار زیاد و در نتیجه نیروهای وان‌دروالسی قوی‌تری دارند، به همین دلیل به حالت جامد می‌باشند.

اشتباه نکنید آیا مونومرها همان واحدهای تکرارشونده در پلیمرها هستند؟

پاسخ: خیر، **مونومرها همان واحدهای تکرارشونده در پلیمرها نیستند**، در واقع ساختار مونومرها با ساختار واحدهای تکرارشونده متفاوت است. به‌عنوان مثال در ساختار اغلب مونومرها، **پیوند دوگانه وجود داشته و سیرنشده هستند**. درحالی که در **واحدهای تکرارشونده، این پیوند دوگانه شکسته و ترکیب سیرشده** می‌باشد. به‌عنوان مثال به مونومر و واحد تکرارشوندهٔ پلی‌اتن توجه نمایید:



به بیان دیگر مونومرها همان واکنش‌دهنده‌ها در واکنش پلیمری شدن هستند درحالی که واحدهای تکرارشونده، حلقه‌هایی از زنجیره فراورده این واکنش می‌باشند.

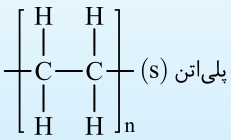
جمع‌بندی کلاس درس ۴

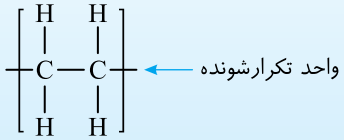
واکنش پلیمری شدن

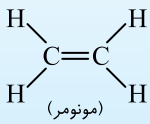
- اتصال مولکول‌های کوچک مونومر در شرایط مناسب و تبدیل آن‌ها به زنجیرهای بلند با جرم مولی زیاد
- **واکنش‌دهنده‌های مونومرهای گازی** دارای **پیوند دوگانه** بوده و **سیرنشده** هستند.
- $n(\text{مونومر} + \text{مونومر} + \text{مونومر} + \cdots)(g) \rightarrow -(\text{واحد تکرارشونده})-_n (s)$
- **فراورده جامد** بوده و اغلب **سیرشده** می‌باشد زیرا پیوند دوگانه در آن **وجود ندارد**.

پلی‌اتن

- **جامدی سفیدرنگ** که از گرم کردن گاز اتن در **سامانه‌ای بسته** و در **فشار بالا** تولید می‌شود.







طی واکنش پلیمری شدن، تعداد زیادی از مولکول‌های یکسان به اسم مونومر به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌هایی با جرم مولی زیاد را ایجاد می‌کنند. واژهٔ پلیمر به معنای «**بسیار پاره**» است.

B ۲۹ ۱ گاز اتن (C_2H_4) تحت **گرما** و **فشار زیاد**، وارد واکنش پلیمری شدن می‌شود که حاصل این واکنش مادهٔ **جامد** و **سفیدرنگ** پلی‌اتن خواهد بود:

$$n\,CH_2{=}CH_2(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} -(CH_2-CH_2)_n-(s)$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۲): فراوردهٔ این واکنش (پلی‌اتن) جامدی سفیدرنگ است که یک درشت‌مولکول با جرم مولی بسیار زیاد است.

گزینهٔ (۳): فراورده تولید شده در این واکنش (پلی‌اتن) جامد است در حالی که مونومرهای این واکنش گازی شکل هستند به همین دلیل چگالی پلی‌اتن جامد از چگالی اتن گازی بیشتر است.

گزینهٔ (۴): پلی‌اتن را می‌توان به‌صورت $-(C_2H_4)-_n$ نشان داد که در هر واحد تکرارشونده از این ماده تعداد اتم‌های هیدروژن ۲ برابر تعداد اتم‌های کربن است. (تعداد اتم‌های کربن نصف تعداد اتم‌های هیدروژن است.)

A ۳۰ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): طی واکنش پلیمری شدن اتن، پیوند دوگانهٔ میان دو اتم کربن می‌شکند و به پیوند یگانه تبدیل می‌شود.

عبارت (پ): در واکنش‌دهندهٔ این واکنش (اتن) هر اتم کربن به یک اتم کربن دیگر متصل است.

عبارت (ت): در ساختار پلی‌اتن، برخلاف اتن هیچ پیوند دوگانه‌ای وجود ندارد و همهٔ پیوندهای موجود یگانه‌اند پس پلی‌اتن یک ترکیب **سیرشده** است.

۳۱ B **۴** مورد (پ) نادرست است. هر چند که اتم‌های سازندهٔ واکنش‌دهنده و فراورده در این واکنش یکسان است، اما **نحوهٔ اتصال** اتم‌ها در فراوردهٔ واکنش با نحوهٔ اتصال اتم‌ها در واکنش‌دهندهٔ این واکنش متفاوت است و در نتیجه پلیمر حاصل دارای خواص متفاوتی خواهد بود.

۳۲ A **۲** تعیین تعداد دقیق **مونومرهای** شرکت‌کننده در واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است و به همین دلیل نمی‌توان برای پلیمرها فرمول مولکولی دقیقی نوشت.

۳۳ B **۳** از واکنش مولکول‌هایی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ $(C=C)$ دارند، مثل اتن، در پتروشیمی پلیمرهای گوناگون را تهیه می‌کنند.

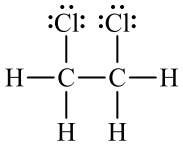
بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): در واحد ساختاری برخی پلیمرها مانند پلی‌استیرن، پیوندهای دوگانه نیز $(C=C)$ وجود دارد.

گزینهٔ (۲): برای نمایش پلی‌اتن، نمی‌توان از فرمول ساختاری اتن استفاده کرد. برای نمایش پلی‌اتن باید نماد $\left(-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\right)$ را درون پرانتز یا کروشه قرار داد و زیروند n را جلوی آن نوشت.

گزینهٔ (۴): در واکنش پلیمری شدن اتن، مولکول‌های اتن (واکنش‌دهنده) حالت **گازی** دارند و مولکول‌های فراورده (پلی‌اتن) حالت **جامد** دارند.

۳۴ B **۲** ساختار لوویس فراوردهٔ این واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

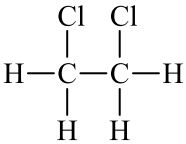


در ساختار این ترکیب که **۱، ۲- دی‌کلرو اتان** نام دارد، ۷ پیوند اشتراکی و ۱۲ عدد الکترون ناپیوندی وجود دارد.

۳۵ C **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): **آهن** (III) **کلرید** یا $FeCl_3$ کاتالیزگر این واکنش است.

عبارت (ب): با توجه به ساختار فراوردهٔ این واکنش که به شکل مقابل است، ۷ پیوند یگانه در این ترکیب وجود دارد، پس شمار الکترون‌های پیوندی برابر با ۱۴ است.



عبارت (پ): با توجه به مقدار آنتالپی این واکنش که برابر با ۱۷۸- کیلوژول است، به ازای مصرف هر مول از گاز کلر، ۱۷۸kJ انرژی آزاد می‌شود.

عبارت (ت): فراوردهٔ این واکنش یک ترکیب **سیرشده** است و به خاطر نداشتن پیوند $(C=C)$ نمی‌توان از آن برای تولید پلیمرها استفاده کرد.

۳۶ B **۴** ابتدا انرژی حاصل از مصرف ۱۰۶/۵ گرم گاز کلر را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ\ \text{انرژی} = 106/5\,g\ Cl_2 \times \frac{1\,mol\ Cl_2}{71\,g\ Cl_2} \times \frac{178\,kJ}{1\,mol\ Cl_2} = 267\,kJ\ \text{انرژی}$$

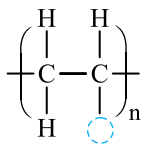
در مرحلهٔ بعد، جرم آب را به‌دست می‌آوریم:

$$Q = m.c.\Delta\theta \Rightarrow 267\,kJ \times \frac{1000\,J}{1\,kJ} = m \times 4\,\frac{J}{g.^\circ C} \times 15^\circ C \Rightarrow m = 4450\,g$$

۳۷ B **۱**

کلاس درس — آشنایی با چند پلیمر مهم

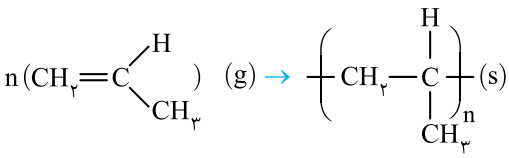
در ساختار روبه‌رو به جای ◌ چه ترکیب یا عنصری قرار گیرد که به‌ترتیب ساختار پلی‌وینیل کلرید، پلی‌استیرن، پلی‌پروپن و پلی‌سیانو اتن به‌دست آید؟



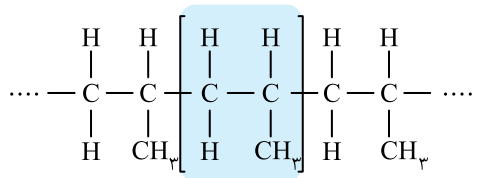
پلی‌پروپن

۱- **پلی‌پروپن** جزء پلیمرهای **ساختگی** است و کاربردهای متنوعی دارد که یکی از آن‌ها تولید قطعات پلاستیکی مورد استفاده در لوازم پزشکی مانند **انواع سرنگ‌ها** می‌باشد.

۲- پلیمر پلی‌پروپن طی واکنش روبه‌رو، از مونومرهای پروپن به‌دست می‌آید:

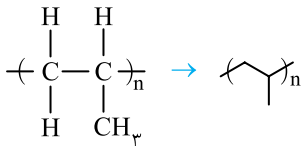


۳- ساختار پلی‌پروپن را می‌توان به‌صورت روبه‌رو نیز نمایش داد:



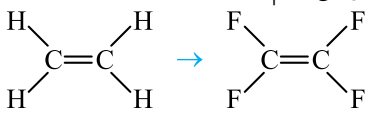
واحد تکرارشونده

۴- ساختار پلی‌پروپن با استفاده از مدل نقطه - خط به‌صورت زیر است:



تفلون

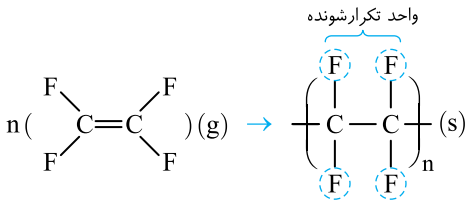
۱- اگر در مولکول اتن (C_2H_4) به جای اتم‌های هیدروژن، چهار اتم فلوئور قرار دهیم، به ساختار تترا فلوئورو اتن می‌رسیم.



اتن — تترا فلوئورو اتن

۲- **پلی‌تترا فلوئورو اتن** مشهور به **تفلون** جزء پلیمرهای **ساختگی** است که کاربردهای متنوعی دارد که یکی از آن‌ها تولید **نخ دندان** است.

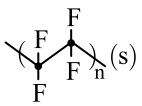
۳- پلی‌تترا فلوئورو اتن (تفلون)، طی واکنش زیر از مونومرهای تترا فلوئورو اتن به‌دست می‌آید:



تترا فلوئورو اتن (مونومر) — تفلون (پلیمر)

توجه نام کامل مونومر سازنده تفلون به‌صورت ۱، ۱، ۲، ۲- تترا فلوئورو اتن است که عددهای بیان شده مشخص‌کنندهٔ جایگاه فلوئورها می‌باشند که می‌توان از آن‌ها صرف‌نظر کرد.

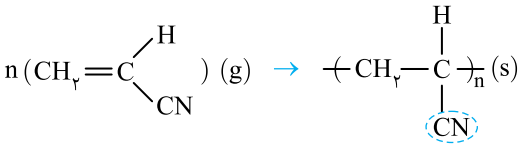
۴- با استفاده از **فرمول نقطه - خط**، می‌توان تفلون را به‌صورت روبه‌رو نمایش داد:



پلی‌سیانو اتن

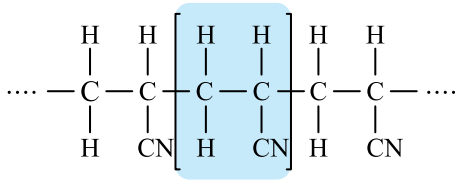
۱- **پلی‌سیانو اتن** یک پلیمر **ساختگی** است که برای **تولید پتو، فرش و پارچه** استفاده می‌شود.

۲- این پلیمر از واکنش مقابل به‌دست می‌آید:

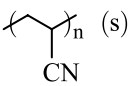


سیانو اتن (مونومر) — پلی‌سیانو اتن (پلیمر)

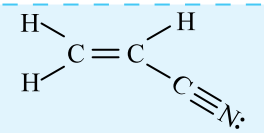
۳- ساختار پلی‌سیانو اتن را می‌توان به‌صورت مقابل نمایش داد:



توجه ساختار پلی‌سیانو اتن را می‌توان با فرمول نقطه - خط نیز نمایش داد:



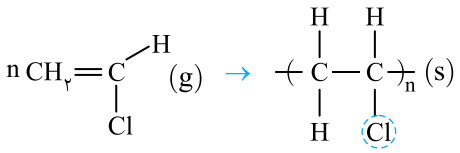
یادآوری از شیمی دهم:



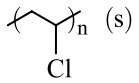
پلی‌وینیل کلرید

۱- از پلیمر شدن وینیل‌کلرید، **پلی‌وینیل کلرید** (PVC) که یک پلیمر **ساختگی** است، به‌دست می‌آید. پلی‌وینیل کلرید در ساخت کیسه‌های نگهداری خون کاربرد دارد.

۲- پلی‌وینیل کلرید از واکنش مونومرهایی با نام وینیل‌کلرید (کلرو اتن) به‌دست می‌آید:



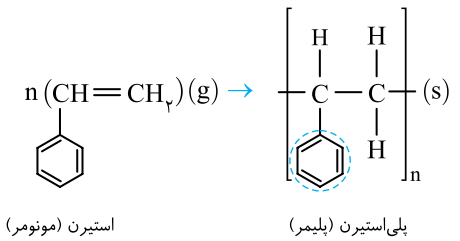
توجه ساختار پلی‌وینیل کلرید را با فرمول نقطه - خط، می‌توان به‌صورت روبه‌رو نمایش داد:



پلی‌استیرن

۱- **پلی‌استیرن** یا **یونولیت** یک نوع پلیمر **ساختگی** و **سفیدرنگ** است که مونومر آن استیرن می‌باشد و در تولید **ظروف یک‌بار مصرف** مورد استفاده قرار می‌گیرد.

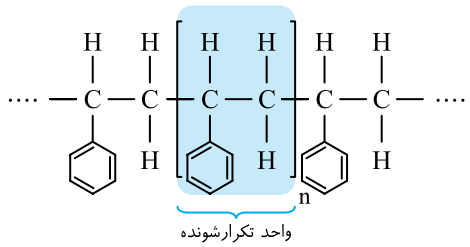
۲- پلیمر پلی‌استیرن طی واکنش روبه‌رو، از مونومرهای استیرن به‌دست می‌آید:



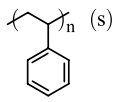
نکته

استیرن دارای فرمول مولکولی C_8H_8 می‌باشد که در ساختار آن یک **حلقهٔ بنزن** وجود دارد. بنابراین این ترکیب جزء ترکیب‌های **آروماتیک حلقوی** است. استیرن به دلیل وجود پیوند دوگانه، **سیرنشده** می‌باشد. در ساختار لوویس استیرن، ۴ پیوند دوگانه و ۲۰ جفت الکترون پیوندی مشاهده می‌شود.

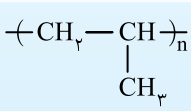
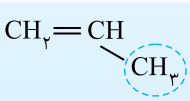
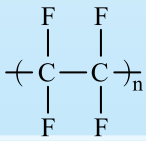
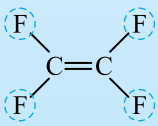
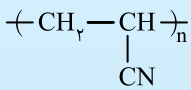
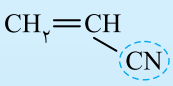
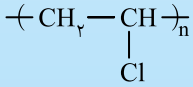
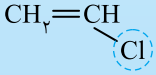
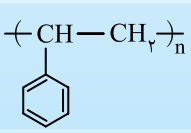
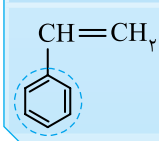
۳- ساختار پلی‌استیرن را به‌صورت روبه‌رو نیز می‌توان نمایش داد:



توجه با استفاده از فرمول نقطه - خط می‌توان پلی‌استیرن را به‌صورت روبه‌رو نمایش داد:



جمع‌بندی کلاس درس ۵

کاربرد	نام و ساختار پلیمر	نام و ساختار مونومر
تولید قطعات پلاستیکی لوازم پزشکی (سرنگ)	پلی‌پروپن 	پروپن (C_3H_6) 
تولید نخ دندان، ظروف نچسب، نوار آب‌بندی لوله‌ها و کف اتو	تفلون 	تترا فلوئورو اتن (C_2F_4) 
تولید پتو، پارچه، فرش	پلی‌سیانو اتن 	سیانو اتن (C_3H_3N) 
ساخت کیسهٔ خون	پلی‌وینیل کلرید 	وینیل کلرید (C_2H_3Cl) 
ساخت ظروف یک‌بار مصرف	پلی‌استیرن 	استیرن (C_8H_8) 

پلیمر سازندهٔ هر کدام از مواد نشان داده شده، به شکل زیر است:

شکل (الف): پتو ← پلی‌سیانو اتن

شکل (ب): ظروف یکبار مصرف ← پلی‌استیرن

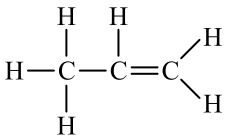
شکل (پ): سرنگ ← پلی‌پروپن

شکل (ت): کیسهٔ خون ← پلی‌وینیل کلرید

شکل (ث): نخ دندان ← تفلون

۳۸ (A) **۳** پلیمر نشان داده شده در این گزینه **پلی‌پروپن** است که از مونومرهای **پروپن** ساخته می‌شود.

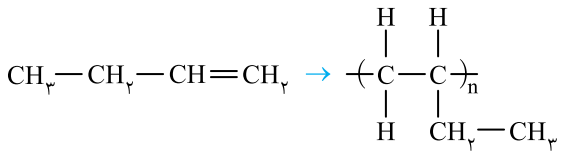
۳۹ (A) **۱** پلیمر نشان داده شده در تصویر، **پلی‌پروپن** است که از مونومرهای پروپن ساخته شده است. ساختار مولکول‌های پروپن به شکل مقابل است:



در ساختار این ترکیب ۹ پیوند اشتراکی وجود دارد.

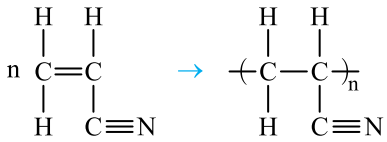
توجه برای محاسبهٔ تعداد پیوندهای اشتراکی، هر پیوند دوگانه را معادل با ۲ پیوند در نظر می‌گیریم.

۴۰ (B) **۳** مونومر نشان داده شده، **۱- بوتن** است که پلیمر حاصل از آن به‌صورت زیر است:

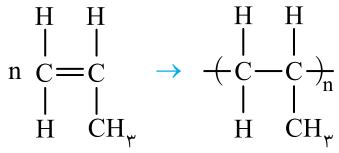


۴۱ (B) **۴** صورت درست سایر واکنش‌ها به شکل زیر است:

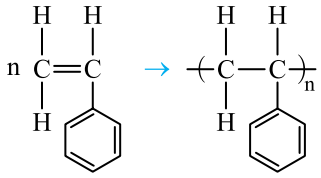
گزینهٔ (۱):



گزینهٔ (۲):



گزینهٔ (۳):



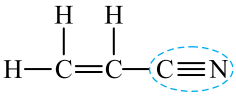
۴۲ (B) **۱** پلی‌پروپن از **هیدروژن** و **کربن** و تفلون از **فلوئور** و **کربن** تشکیل شده است.

۴۳ (C) **۳** **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): فرمول شیمیایی تفلون به‌صورت $(C_2F_4)_n$ است که در آن تعداد اتم‌های فلوئور دو برابر تعداد اتم‌های کربن است.

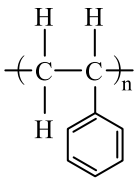
پرسش (ب): کیسه‌های خون از **پلی‌وینیل کلرید** ساخته می‌شوند که عنصر کلر در ساختار این پلیمر وجود دارد.

پرسش (پ): فرمول ساختاری سیانو اتن به‌صورت مقابل است:



با توجه به ساختار این ماده، ۹ جفت (۱۸ عدد) الکترون پیوندی در هر یک از مولکول‌های این ماده وجود دارد.

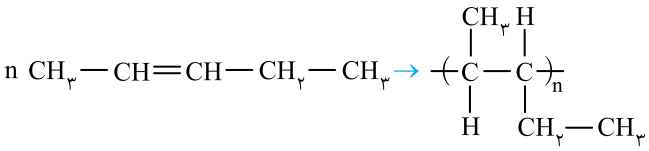
۴۴ (B) **۱** پلیمر حاصل از بسپارش استیرن، **پلی‌استیرن** نام دارد که ساختار آن به شکل روبه‌رو است:



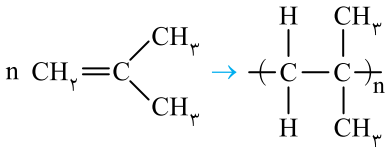
در هر یک از واحدهای تکرارشوندهٔ این پلیمر، ۳ پیوند $(C=C)$ وجود دارد.

۴۵ (C) **۱** معادلهٔ صحیح واکنش‌های داده شده به شکل زیر است:

واکنش (الف):



واکنش (ب):



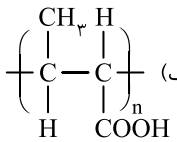
B ۴۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

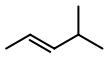
عبارت (پ): در برخی پلیمرها مثل **پلی‌استیرن**، پیوندهای دوگانه می‌توانند در ساختار پلیمر حضور داشته باشند.

B ۴۷ ۲

کلاس درس ۶ نوشتن فرمول پلیمر با استفاده از فرمول مونومر

به نظر شما ساختار مونومر مورد (الف) و ساختار پلیمر مورد (ب) چگونه است؟

الف) 

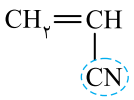
ب) 

نوشتن فرمول ساختاری پلیمر با داشتن فرمول مونومر

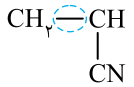
برای نوشتن فرمول ساختاری پلیمر با استفاده از فرمول ساختاری مونومر، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم: (همراه با توضیحات، فرمول ساختاری پلیمری را که مونومر آن سیانواتن $(CH_2{=}CHCN)$ است، رسم می‌کنیم.)

۱- ابتدا **کربن‌های پیوند دوگانه** را به همراه هیدروژن‌های متصل به آن‌ها می‌نویسیم:

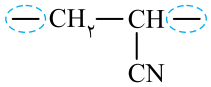
۲- سپس **گروه‌های (شاخه‌های)** متصل به کربن‌های پیوند دوگانه را، در **بالا و پایین** اتم‌های کربن مربوطه قرار می‌دهیم تا به راحتی بتوانیم، مولکول‌ها را به‌صورت زنجیروار از دو طرف کربن‌های پیوند دوگانه به هم متصل کنیم:



۳- در مرحلهٔ بعدی **پیوند دوگانه را برداشته** و به جای آن پیوند یگانه قرار می‌دهیم (یکی از پیوندها در پیوند دوگانه را پاک می‌کنیم).

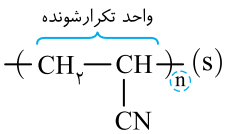


۴- همان‌طور که مشاهده کردید، پس از تبدیل پیوند دوگانه به پیوند یگانه، هر اتم کربن ۳ پیوند پیرامون خود خواهد داشت. یعنی هر اتم کربن هنوز می‌تواند یک پیوند یگانهٔ دیگر داشته باشد، بنابراین در **سمت چپ و راست پیوند دوگانه‌ای** که شکسته شده، برای هر اتم کربن **یک پیوند یگانهٔ** آزاد قرار می‌دهیم:

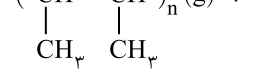


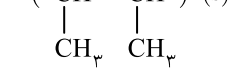
توجه ساختار به‌دست آمده در این مرحله همان **واحد تکرارشونده** در پلیمر است.

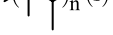
۵- در مرحلهٔ آخر واحد تکرارشونده را داخل نماد ( ) یا [ ] قرار داده و **اندیس n** و حالت **فیزیکی جامد (s)** را زیر آن قرار می‌دهیم.

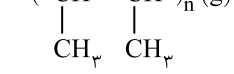


مثال ۱: فرمول ساختاری پلیمری که مونومر آن، $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$ می‌باشد، کدام است؟

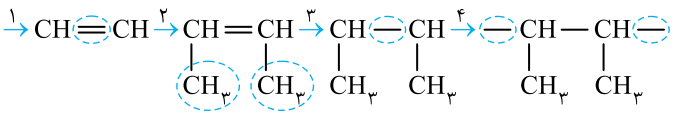
۱) 

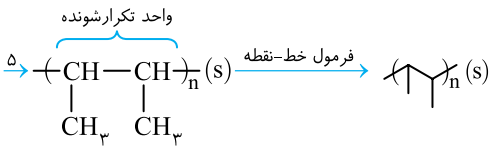
۲) 

۳) 

۴) 

راه‌حل:

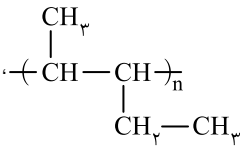




حالت فیزیکی پلیمر **جامد** است درضمن n باید اندیس باشد. (گزینهٔ ۳)

نوشتن فرمول ساختاری مونومر با استفاده از فرمول پلیمر

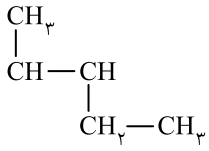
بـرای ایـن منظور بایـد عکس مراحل انجام شـده در تبدیل مونومر به پلیمـر را انجام دهیم. به‌عنوان مثال، می‌خواهیم با اسـتفاده از فرمول سـاختاری پلیمر



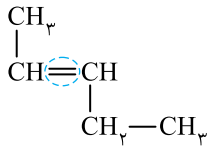
، به مونومر آن برسیم:

۱- **دو پیوند یگانه** چپ و راست ساختار و نماد ( ) و اندیس n را حذف می‌کنیم:

۲- بیـن دو کربنی که از طرفیـن آن‌ها یک پیوند یگانه حذف کـرده بودیم، **پیوند دوگانه قرار می‌دهیم:**



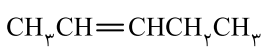
(۱)



(۲)

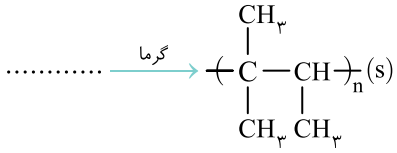
۳- گروه‌هایی را که به‌صورت شاخه نوشته شده‌اند، در راستای پیوند دوگانه قرار داده و به‌صورت خطی می‌نویسیم:

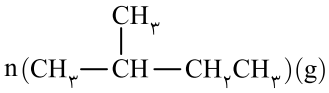
یا

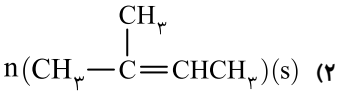


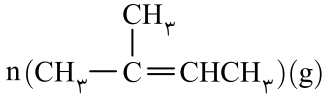
۴- در انتها حالت فیزیکی را هم به جای جامد، گاز قرار می‌دهیم.

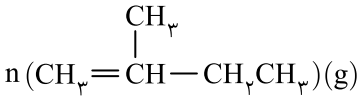
مثـال ۲: کدام گزینه واکنش زیر را به‌درستی کامل می‌کند؟



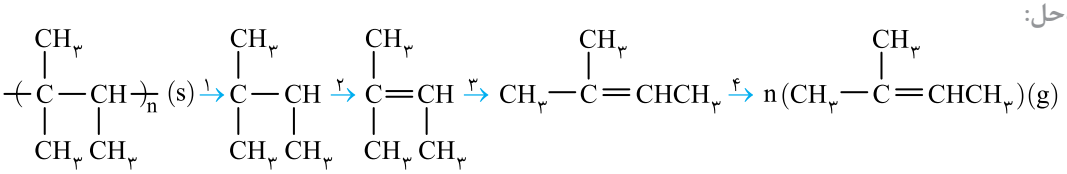
۱) 

۲) 

۳) 

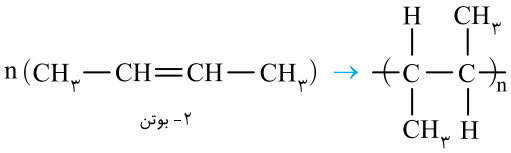
۴) 

راه‌حل:



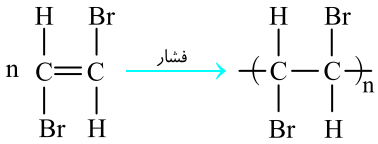
دقت داشته باشید که **حالت فیزیکی مونومر** به‌صورت **گاز** است، بنابراین گزینهٔ (۲) نادرست است. (گزینهٔ ۳)

واکنش پلیمر شدن ۲- بوتن به شکل زیر است:



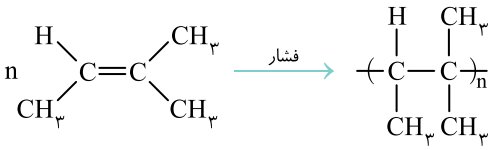
۲- بوتن

۴۸ C **۳** واکنش پلیمر شدن ۱، ۲- دی‌برمو اتن تحت فشار زیاد، به شکل زیر است:



۱،۲- دی‌برومو اتن

۴۹ B **۴** ۲- متیل - ۲- بوتن طی واکنش زیر به یک پلیمر تبدیل می‌شود:



۵۰ (B) **۱** طی این واکنش مولکول‌های وینیل‌کلرید با هم ترکیب می‌شوند و پلی‌وینیل کلرید را تولید می‌کنند. معادلهٔ این واکنش به‌صورت زیر است:

$$n\,C_2H_3Cl \rightarrow (C_2H_3Cl)_n$$

با توجه به واکنش نشان داده شده و قانون پایستگی جرم، جرم فراوردهٔ حاصل از این واکنش برابر با مجموع جرم مولکول‌های واکنش‌دهندهٔ واکنش است.

$$?\,g\ \text{پلی‌وینیل کلرید} = 32 \times 6.02 \times 10^{23}\ \text{مولکول وینیل کلرید} \times \frac{1\,mol\ \text{وینیل کلرید}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{مولکول وینیل کلرید}} \times \frac{62.5\,g\ \text{وینیل کلرید}}{1\,mol\ \text{وینیل کلرید}} \times \frac{1\,g\ \text{پلی وینیل کلرید}}{1\,g\ \text{وینیل کلرید}} = 2000\,g$$

۵۱ (B) **۱** طی واکنش پلیمری شدن سیانواتن، پیوند دوگانهٔ میان اتم‌های کربن در مولکول سیانواتن به پیوند یگانه تبدیل می‌شود. با توجه به ساختار سیانواتن در هر مول از این ترکیب، یک مول پیوند دوگانه وجود دارد. از طرفی، **طبق قانون پایستگی جرم**، طی انجام واکنش پلیمری شدن بر روی هر گرم سیانواتن، یک گرم پلی‌سیانو اتن تولید می‌شود.

$$?\,g\ \text{پلی‌سیانو اتن} = 12\,mol\ \text{پیوند دوگانه} \times \frac{1\,mol\ \text{سیانواتن}}{1\,mol\ \text{پیوند دوگانه}} \times \frac{53\,g\ \text{سیانواتن}}{1\,mol\ \text{سیانواتن}} \times \frac{1\,g\ \text{پلی‌سیانو اتن}}{1\,g\ \text{سیانو اتن}} = 636\,g\ \text{پلی‌سیانو اتن}$$

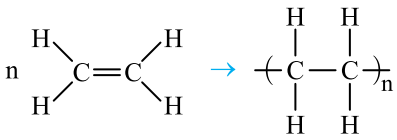
۵۲ (B) **۳** فرمول مولکولی وینیل کلرید به‌صورت C_2H_3Cl است. با توجه به فرمول شیمیایی این ترکیب، در هر مول از وینیل کلرید ۳ مول اتم هیدروژن وجود دارد.

$$?\,mol\ \text{وینیل کلرید} = 81\,g\ H \times \frac{1\,mol\ H}{1\,g\ H} \times \frac{1\,mol\ \text{وینیل کلرید}}{3\,mol\ H} = 27\,mol\ \text{وینیل کلرید}$$

طبق قانون پایستگی جرم، جرم پلیمر حاصل از بسپارش وینیل کلرید برابر خواهد شد با مجموع جرم مونومرهای سازنده.

$$?\,g\ \text{پلی‌وینیل کلرید} = 27\,mol\ \text{وینیل کلرید} \times \frac{62.5\,g\ \text{وینیل کلرید}}{1\,mol\ \text{وینیل کلرید}} \times \frac{1\,g\ \text{پلی‌وینیل کلرید}}{1\,g\ \text{وینیل کلرید}} = 1687.5\,g\ \text{پلی‌وینیل کلرید}$$

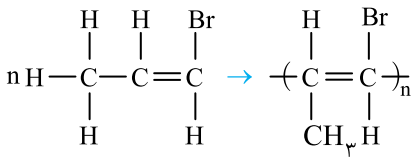
۵۳ (B) **۲** معادلهٔ مقابل، نشان‌دهندهٔ واکنش پلیمری شدن اتن است.



همان‌طور که مشخص است، فرمول شیمیایی پلی‌اتن را می‌توان به‌صورت $(C_2H_4)_n$ نشان داد. با توجه به فرمول شیمیایی پلی‌اتن به ازای هر مول از واحد ساختاری این پلیمر، ۴ مول هیدروژن وجود دارد.

$$?\,mol\ H = 196\,kg\ \text{پلی‌اتن} \times \frac{1000\,g\ \text{پلی‌اتن}}{1\,kg\ \text{پلی‌اتن}} \times \frac{1\,mol\ \text{پلی‌اتن}}{28n\,g\ \text{پلی‌اتن}} \times \frac{4n\,mol\ H}{1\,mol\ \text{پلی‌اتن}} = 28000\,mol\ H$$

۵۴ (B) **۴** واکنش پلیمر شدن ۱- برمو پروپن به شکل مقابل است:



از بسپارش ۹۰۰ مولکول ۱- برمو پروپن، ۳ مولکول پلیمر حاصل شده است پس هر یک از مولکول‌های حاصل، از ۳۰۰ واحد تکرارشونده تشکیل شده‌اند. با توجه به تعداد واحدهای تکرارشونده، می‌توان گفت که جرم مولی هر یک از مولکول‌های پلیمر حاصل، ۳۰۰ برابر جرم واحد تکرارشوندهٔ پلیمر است.

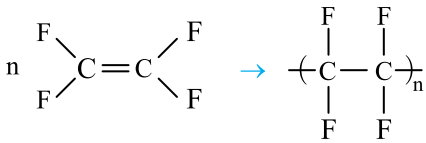
$$\text{جرم مولی پلیمر} = 300 \times 120\,\frac{g}{mol} \times \frac{1\,kg}{1000\,g} = 36\,\frac{kg}{mol}$$

۵۵ (C) **۲** طی واکنش پلیمر شدن، پیوند دوگانهٔ موجود در مولکول‌های مونومر به پیوند یگانه تبدیل می‌شود و مونومرها با یکدیگر ترکیب می‌شوند. به ازای وارد شدن هر مولکول مونومر به ساختار پلیمر، یک پیوند دوگانه به پیوند یگانه تبدیل می‌شود، پس پلیمر گفته شده از ۶۰۰ واحد تکرارشونده تشکیل شده است. از طرفی، جرم مولی یک مولکول پلیمر برابر با مجموع جرم مولی واحدهای تکرارشوندهٔ پلیمر است.

$$\text{جرم مولی پلیمر} = \text{تعداد واحدهای تکرارشونده} \times \text{جرم مولی واحدهای تکرارشونده} \Rightarrow 600 \times 252.00 = 42\,g.mol^{-1}\ \text{جرم مولی واحدهای تکرارشونده}$$

از میان ترکیب‌های داده شده، جرم مولی پروپن برابر با $42\,g.mol^{-1}$ است.

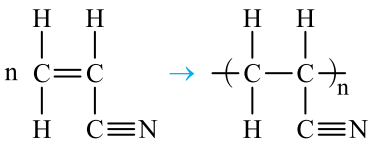
۵۶ (B) **۲** واکنش تولید تفلون به‌صورت مقابل است:



فرمول شیمیایی تفلون به‌صورت $(C_2F_4)_n$ است.

$$\text{درصد جرم کربن از جرم پلیمر} = \frac{\text{جرم کربن در پلیمر}}{\text{جرم کل پلیمر}} \times 100 = \frac{24n}{100n} \times 100 = 24\%$$

۵۷ (B) **۴** واکنش تولید پلی‌سیانو اتن به‌صورت مقابل است:

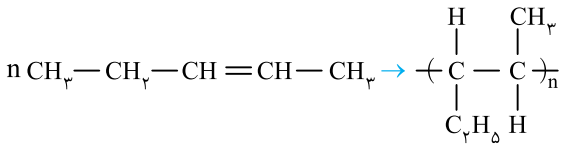


فرمول شیمیایی پلی‌سیانو اتن به‌صورت $(C_3H_3N)_n$ است.

$$\text{درصد جرم نیتروژن از جرم پلیمر} = \frac{\text{جرم نیتروژن}}{\text{جرم پلیمر}} \times 100 = \frac{14n}{53n} \times 100 = 26.41\%$$

C ۵۸ ۱ واکنش پلیمری شدن ۲- پنتن به‌صورت روبه‌رو است:

فرمول شیمیایی پلیمر حاصل به‌صورت $(C_5H_{10})_n$ است.



$$\text{درصد جرم هیدروژن از جرم پلیمر}=\frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم پلیمر}}\times 100=\frac{10n}{70n}\times 100\simeq 14/3\%$$

A ۵۹ ۴ فرمول عمومی پلی‌وینیل کلرید به‌صورت $\left[CH_2-CHCl\right]_n$ است، بنابراین:

$$\text{درصد جرمی کلر}=\frac{\text{جرم کلر}}{\text{جرم کل}}\times 100=\frac{35/5}{62/5}\times 100=56/8\%$$

A ۶۰ ۲

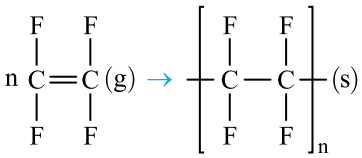
۷ کلاس درس پیوند با زندگی (پیدایش تفلون)

کاربردهای زیاد تفلون به دلیل داشتن چه ویژگی‌هایی است؟ تعداد اتم‌های مونومر سازندهٔ تفلون با تعداد اتم‌های مونومر کدام پلیمر (پلی‌وینیل کلرید، پلی‌پروپن، پلی‌استیرن) یکسان است؟

بخت یار ذهن‌های آماده است

۱- پلانکت و گروه پژوهشی او زمانی که در حال بررسی و مطالعهٔ انواع **سردکننده‌ها** بودند، به‌طور **اتفاقی** جامدی را که از پلیمری شدن **ترا فلوئورو اتن** به‌دست آمده بود، کشف کردند. بنابراین کاشف پلی‌ترا فلوئورو اتن، پلانکت است.

۲- **تفلون** نام تجاری جامدی است که از پلیمری شدن ترا فلوئور اتن به‌دست می‌آید.



۳- پلانکت در پژوهش‌های خود از گاز ترا فلوئورو اتن استفاده می‌کرد. در این حین او با اتفاق عجیبی روبه‌رو شد در حالی که شیر کپسول گاز ترا فلوئورو اتن باز بوده و مسیر خروج گاز نیز بسته نبود و کپسول گاز نیز پر بود، اما گازی خارج نمی‌شد. پلانکت برای پیدا کردن علت، کپسول گاز را برش داد و با منظرهٔ تازه‌ای روبه‌رو شد. لایهٔ نازکی از یک مادهٔ جامد ته کپسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق‌تر نشان داد که این مادهٔ جامد، از پلیمری شدن ترا فلوئورو اتن به‌دست آمده است.

۴- کشف تفلون توفیق بسیار بزرگی را نصیب پلانکت کرد زیرا تفلون در مدت کوتاهی کاربردهای گسترده‌ای در صنعت و زندگی یافت.

۵- **تفلون کاربردهای زیادی دارد که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:**

نوار آب‌بندی، نواری کم‌ضخامت می‌باشد که برای آب‌بندی محل اتصال لوله‌های حدیده شده از آن استفاده می‌شود.

چون تفلون در برابر گرما مقاوم بوده و نچسب است، از آن به‌عنوان **کف‌پوش اتو** استفاده می‌کنند تا از سوختن لباس جلوگیری کند. همین ویژگی، تفلون را تبدیل به ماده‌ای مناسب، برای **ساخت ظروف غذا** کرده است.

۶- اما تفلون به دلایل زیر، کاربردهای وسیعی دارد:

الف) نقطهٔ ذوب **بالایی** دارد و **در برابر گرما مقاوم** است.

ب) این پلیمر **از نظر شیمیایی بی‌اثر** است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد.

پ) تفلون در حلال‌های آلی **حل نمی‌شود**.

ت) تفلون **نچسب** است.

جمع‌بندی کلاس درس ۷

تفلون
- پلانکت و همکارانش در حال بررسی و مطالعهٔ انواع **سردکننده‌ها** بودند که تفلون به‌طور اتفاقی توسط **پلانکت** کشف شد.
- **ویژگی‌ها**: ۱- نقطهٔ ذوب **بالا** ۲- **مقاوم** در برابر **گرما** ۳- **از نظر شیمیایی بی‌اثر** ۴- **نامحلول** در حلال‌های آلی ۵- **نچسب**
- **کاربرد**: ۱- ساخت ظروف نچسب ۲- کف‌پوش اتو ۳- نوار تفلون (نوار آب‌بندی) ۴- نخ دندان

پلانکت در حال پژوهش بر روی **مواد سردکننده** بود که **تفلون** را کشف کرد. تفلون در حلال‌های قطبی **نامحلول** است.

A ۶۱ ۳ تفلون یک پلیمر است که از اتم‌های **C** و **F** تشکیل شده و رنگ آن در بعضی از حالت‌ها مثل تفلون کف ظروف آشپزی **سیاه** است و در بعضی از حالت‌ها هم مثل روکش اتو **سفید** است.

B ۶۲ ۴ طی پژوهش‌های پلانکت، تفلون کشف شد که از آن در ساخت نخ دندان استفاده می‌شود. فرمول شیمیایی تفلون به‌صورت $(C_2F_4)_n$ است.

$$\frac{\text{جرم فلوئور}}{\text{جرم کربن}}=\frac{76n}{24n}\simeq 3/17$$

C ۶۳ ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): فرمول شیمیایی ترافلوئورو اتن به‌صورت (C_2F_4) و فرمول شیمیایی تفلون به‌صورت $-(C_2H_4)-_n$ است. در هر دو مادهٔ مورد نظر، تعداد اتم‌های فلوئور ۲ برابر تعداد اتم‌های کربن است.

عبارت (ب): تفلون، یک پلیمر ساختگی (مصنوعی) است.

عبارت (پ): مونومر سازندهٔ تفلون، ترا فلوئورو اتن است که در دمای اتاق گازی‌شکل است.

عبارت (ت): طی تبدیل ترا فلوئورو اتن به تفلون، کل جرم واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل می‌شوند و جرم فراوردهٔ واکنش، برابر با مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها است.

B ۶۴ ۴

۸ کلاس درس پلی‌اتن سبک و سنگین

چرا پلی‌اتن، پلیمری با چند ساختار است؟ کدام پلی‌اتن دارای شاخه است؟ نیروی بین مولکولی و چگالی کدام پلی‌اتن بیشتر است؟ انتظار داریم پس از مطالعهٔ این کلاس درس، پاسخ این سؤال‌ها را داشته باشید.

پلی‌اتن، پلیمری با چند ساختار

از پلی‌اتن برای ساختن کالاهای مختلف، با ویژگی‌های متفاوتی استفاده می‌شود. بعضی از این کالاها مانند **کیسه پلاستیک** میوه‌فروشی، **شفاف** بوده و **کمی انعطاف‌پذیر هستند**، در حالی که تعدادی از محصولات ساخته شده از پلی‌اتن مانند **لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب یا بطری پلاستیکی شیر، کدر، سخت و محکم** هستند.

هر چند تمامی این کالاها از پلی‌اتن ساخته شده‌اند اما ویژگی‌های **متفاوت و متضادی** دارند.

سؤال مفهومی **شاید از خود پرسیده باشید که پلی‌اتن با ساختار معین و مشخص چگونه ممکن است در کالاهای مختلف، ویژگی‌های متفاوت و متضاد داشته باشد؟ در یک کالا باعث شفاف و انعطاف‌پذیر شدن و در کالایی دیگر موجب سخت و کدر شدن باشد؟**

توضیح: بررسی شیمی‌دان‌ها نشان داد که اتن در **شرایط گوناگون**، واکنش پلیمری شدن را انجام داده و فراورده‌هایی با ساختار **متفاوت**، ایجاد می‌کند. به بیان دیگر ما **انواع مختلفی** پلی‌اتن خواهیم داشت که حضور هر کدام در ساخت ماده، ویژگی‌های متفاوت و بعضاً متضادی به مواد خواهد داد.

نتیجه علت تفاوت در ویژگی‌های موادی که از پلی‌اتن ساخته شده‌اند، **متفاوت بودن** شرایط تولید پلی‌اتن و در نتیجه متفاوت بودن **نوع پلی‌اتن به‌کار رفته** در ساختار آن‌ها است.

پلی‌اتن سبک و سنگین

۱- تاکنون متوجه شدیم که انواعی از پلی‌اتن وجود دارد، در ادامه به دو نوع کلی از انواع پلی‌اتن اشاره می‌کنیم:

الف) پلی‌اتن سبک: اگر فرایند پلیمری شدن گاز اتن در دما و فشار مناسب و **بدون حضور کاتالیزگر** انجام شود، **پلی‌اتن شاخه‌دار** (پلی‌اتن سبک) تولید می‌شود. این نوع از پلی‌اتن **چگالی کمتری** داشته و **شفاف** است. کالاهایی که در ساخت آن‌ها از پلی‌اتن سبک استفاده شده باشد، شفاف و انعطاف‌پذیر هستند.

ب) **پلی‌اتن سنگین**: اگر فرایند پلیمری شدن گاز اتن در دما و فشار مناسب و با **حضور کاتالیزگر** مناسب انجام شود، **پلی‌اتن سنگین** (بدون شاخه) تولید می‌شود. این نوع از پلی‌اتن **چگالی بیشتری** داشته و **کدر** است. کالاهایی که در ساخت آن‌ها پلی‌اتن سنگین به‌کار رفته باشد، کدر، سخت و محکم خواهند بود.

۲- مولکول‌های اتن می‌توانند به دو صورت به یکدیگر اضافه شده و دو فراوردهٔ متفاوت ایجاد کنند. در حالت اول و در شرایطی خاص مولکول‌های اتن پشت سر هم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و **بدون شاخه** ایجاد می‌کنند. این فراورده همان **پلی‌اتن سنگین** می‌باشد. اما در حالت دوم و شرایطی متفاوت برخی مولکول‌های اتن از کناره‌ها به یکدیگر اضافه شده و **زنجیرهای شاخه‌دار** تولید می‌کنند. این فراورده، همان **پلی‌اتن سبک** است.

شکل‌های زیر پلی‌اتن سبک و پلی‌اتن سنگین را نمایش می‌دهد:

پلی‌اتن شاخه‌دار
(پلی‌اتن سبک)

پلی‌اتن بدون شاخه
(پلی‌اتن سنگین)

نکته

واکنش پلیمری شدن در شرایط گوناگون به تولید پلی‌اتن‌هایی با جرم مولی میانگینِ متفاوت منجر می‌شود، تحقیقات نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین پلی‌اتن‌ها به مقدار کاتالیزگرهای به‌کار رفته در واکنش پلیمری شدن بستگی دارد.

توجه **ساختار و نحوهٔ اتصال مولکول‌های** سازندهٔ پلی‌اتن سبک و پلی‌اتن سنگین **متفاوت** است به همین دلیل کالاهایی که از این دو پلیمر ساخته می‌شوند، دارای ویژگی‌های متفاوت و متضادی می‌باشند.

۳- پلی‌اتن بدون شاخه که همان پلی‌اتن سنگین است، چگالی بالاتری دارد، زیرا اگر مولکول‌های اتن پشت سر هم در طول یک زنجیر بدون شاخه قرار گیرند، **فشردگی و نظم ساختاری** آن‌ها **بیشتر** بوده و فضاهای تو خالی بین مولکول‌ها کمتر شده و **استحکام بیشتری** را سبب می‌شود، بنابراین **حجم کمتری** اشغال می‌کنند. با توجه به این‌که چگالی، نسبت جرم به حجم است، با کاهش حجم، **چگالی افزایش** می‌یابد.

در حالی‌که در **پلی‌اتنِ دارای شاخه**، که همان **پلی‌اتن سبک** است، به دلیل **وجود فضاهای تو خالی** و نفوذ هوا بین آن‌ها، مولکول‌ها نمی‌توانند به خوبی کنار یکدیگر قرار گیرند و **فشردگی کمتری** خواهند داشت که این موضوع باعث افزایش حجم و **کاهش چگالی** می‌شود.

توجه استحکام و چگالی پلی‌اتن سنگین **بیشتر** از پلی‌اتن سبک است، در حالی که حجم و انعطاف‌پذیری پلی‌اتن سبک **بیشتر** از پلی‌اتن سنگین است.

۴- داده‌های تجربی نشان می‌دهد که چگالی پلی‌اتن سنگین $0/97 g.cm^{-3}$ و چگالی پلی‌اتن سبک $0/92 g.cm^{-3}$ است. مقدار چگالی پلی‌اتن، به اندازهٔ **زنجیر پلیمری، نوع و تعداد شاخه‌های** موجود در زنجیر وابسته است.

۵- در **پلی‌اتن سنگین**، نظم و فشردگی مولکول‌ها به قدری زیاد است که اجازهٔ عبور و انعکاس نور را **نمی‌دهد** و به همین دلیل کالاهایی که از این پلیمر ساخته می‌شوند، **کدر** می‌باشند.

۶- پلی‌اتن از تعداد زیادی مولکول اتن ساخته شده و یک درشت‌مولکول می‌باشد، بنابراین یک ترکیب مولکولی است و به دلیل ناقطبی بودن، تنها نیروی مؤثر بین مولکولی در آن، **نیروی وان‌دروالس** است. البته نیروهای بین مولکولی در پلی‌اتن سنگین، قوی‌تر از پلی‌اتن سبک است، زیرا پلی‌اتن سنگین فاقد شاخه فرعی بوده و سطح تماس بین رشته‌ها در آن بیشتر است.

۷- پلی‌اتن **مذاب** را در دستگاهی با عمل **دمیدن هوا** به **ورقهٔ نازک پلاستیکی** تبدیل می‌کنند.

۸- افزون بر پلیمرهایی که از واکنش مونومرهای دارای پیوند دوگانهٔ کربن - کربن $(C=C)$ در زنجیر کربنی به‌دست می‌آیند، پلیمرهای دیگری نیز در صنعت ساخته شده‌اند که در ساختار آن‌ها علاوه بر کربن و هیدروژن، اتم‌های دیگری مانند اکسیژن، نیتروژن و ... وجود دارند.

کاربردهایی از پلی‌اتن سنگین

در زیر به تعدادی از محصولات کدر، سخت و محکم از پلی‌اتن سنگین اشاره می‌کنیم:

۱- لوله و اتصالات در صنعت آب و فاضلاب، نفت و گاز

۲- بطری‌های پلاستیکی شیر و دبه‌های آب

۳- مخازن و تانکرهای پلاستیکی

۴- اسباب‌بازی

۵- تولید درب بطری و ظروف آزمایشگاهی

همان‌طور که اشاره شد در ساخت این محصولات از پلی‌اتن سنگین (بدون شاخه) با چگالی بالا استفاده شده است، اما در ساخت کیسه پلاستیک موجود در مغازه‌ها و فروشگاه‌ها از پلی‌اتن سبک (شاخه‌دار) استفاده شده و به همین دلیل شفاف است.

جمع‌بندی کلاس درس ۸

مقایسهٔ پلی‌اتن سبک و سنگین

پلی‌اتن سبک	پلی‌اتن سنگین
۱- **دارای شاخهٔ فرعی** است.	۱- **فاقد** شاخهٔ فرعی است.
۲- چگالی **کمتری** دارد. $(0/92 g.cm^{-3})$	۲- چگالی **بیشتری** دارد. $(0/97 g.cm^{-3})$
۳- **شفاف و انعطاف‌پذیر** است.	۳- **کدر، سخت** و **محکم** است.
۴- استحکام **کمتری** دارد.	۴- استحکام **بالاتری** نسبت به پلی‌اتن سبک دارد.
۵- کاربرد: ساخت کیسه‌های پلاستیکی شفاف	۵- کاربرد: ساخت اسباب‌بازی، مخازن و تانکرهای پلاستیکی، ساخت بطری و دبه‌های آب و...
۶- نیروی بین مولکولی از نوع وان‌دروالسی است.	۶- نیروی بین مولکولی از نوع وان‌دروالسی است که البته قوی‌تر از پلی‌اتن سبک است.

همهٔ عبارت‌ها درست هستند. اتن در شرایط گوناگون واکنش می‌دهد که فراوردهٔ واکنش می‌تواند پلی‌اتن **سبک** یا پلی‌اتن **سنگین** باشد. مولکول‌های سازندهٔ پلی‌اتن سبک **شاخه‌دار هستند** و ظاهر این نوع پلی‌اتن **شفاف** و **انعطاف‌پذیر** است؛ درحالی‌که مولکول‌های پلی‌اتن سنگین دارای ساختار **خطی هستند** و ظاهری **سفت** و **کدر** دارند.

B ۶۵ ۲ مونومر سازندهٔ پلی‌اتن سبک و سنگین، مولکول‌های اتن $(CH_2=CH_2)$ هستند، اما با توجه به شرایط متفاوت انجام واکنش‌های پلیمری شدن، فراورده‌های متفاوتی تولید می‌شوند.

B ۶۶ ۲ در پلی‌اتن **سنگین**، مولکول‌ها به خوبی کنار هم قرار می‌گیرند و یک ساختار **متراکم** را ایجاد می‌کنند که چگالی آن از پلی‌اتن سبک بیشتر است.

B ۶۷ ۳ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (پ): هر دو نوع پلی‌اتن از اتم‌های کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند بنابراین هر دو ناقطبی هستند.

عبارت (ت): مولکول‌های پلی‌اتن توانایی برقرار کردن پیوند هیدروژنی را ندارند و میان آن‌ها نیروی **وان‌دروالسی** وجود دارد.

۶۸ (B) **۳** **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): از پلی‌اتن سبک که **شفاف** و مولکول‌های آن **شاخه‌دار** هستند، برای تولید پلاستیک میوه‌فروشی استفاده می‌شود.

پرسش (ب): می‌دانیم چگالی با حجم رابطهٔ عکس دارد، بنابراین حجم یک گرم پلی‌اتن سنگین (بدون شاخه) کمتر از حجم یک گرم پلی‌اتن سبک (شاخه‌دار) است.

پرسش (پ): در مولکول‌های پلی‌اتن سنگین، در طول مولکول پلیمر هر اتم کربن با ۲ اتم کربن دیگر پیوند اشتراکی برقرار کرده است.

۶۹ (B) **۲** مولکول‌های سازندهٔ **پلی‌اتنِ سبک، شاخه‌دار** هستند و به خوبی در کنار هم قرار نمی‌گیرند. به همین دلیل، استحکام پلی‌اتن سبک **کمتر** از پلی‌اتن سنگین است.

۷۰ (B) **۲** موارد (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

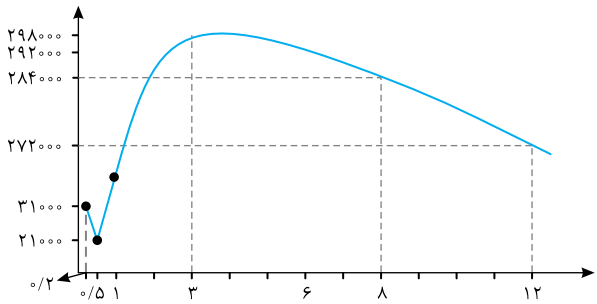
عبارت (الف): پلی‌اتن مذاب، پس از دمیدن هوا در دستگاه، به ورقه‌های نازک **پلاستیکی** تبدیل می‌شود.

عبارت (ب): در ساختار پلیمرهای صنعتی عنصرهایی به‌جز هیدروژن و کربن می‌توانند حضور داشته باشند. برای مثال در ساختار پلی‌سیانو اتن اتم‌های نیتروژن هم وجود دارند.

عبارت (پ): با افزایش تعداد شاخه‌ها در مولکول‌های پلی‌اتن، چگالی مادهٔ حاصل کاهش پیدا می‌کند.

عبارت (ت): در پلی‌اتن سنگین، در محل شاخه‌ها اتم‌های کربنی وجود دارند که با ۳ اتم کربن دیگر، پیوند کووالانسی دارند.

۷۱ (B) **۳** با افزایش نسبت مولی میان کاتالیزگر شمارهٔ (۲) به کاتالیزگر شمارهٔ (۱)، تا رسیدن این نسبت به عدد ۳، جرم مولی میانگین پلیمر حاصل افزایش پیدا می‌کند اما با افزایش بیشتر این نسبت، جرم مولی میانگین پلیمر کاهش پیدا می‌کند. نمودار مقابل نشان‌دهندهٔ جرم مولی پلیمر حاصل برحسب نسبت مولی میان دو کاتالیزگر است:

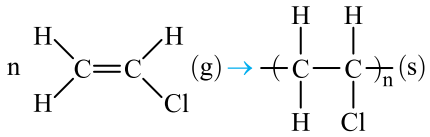


نسبت مولی کاتالیزگر (۲) به کاتالیزگر (۱)

با توجه به نمودار، اگر نسبت مولی میان کاتالیزگر (۲) به کاتالیزگر (۱) برابر با ۸ باشد، جرم مولی میانگین پلیمر حاصل باید مقداری میان ۲۹۲۰۰۰ گرم بر مول تا ۲۷۲۰۰۰ گرم بر مول باشد که طبق اعداد نمودار، جرم مولی پلیمر حاصل در حدود ۲۸۵/۳۰۰ گرم بر مول می‌شود.

۷۲ (C) **۳** عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. برای تولید مولکول‌های پلی‌اتن با بیشترین جرم مولی، باید نسبت مولی کاتالیزگر شمارهٔ (۲) به کاتالیزگر شمارهٔ (۱) برابر با ۳ باشد.

۷۳ (A) **۳** کلرو اتان ترکیبی با ساختار $(CH_3-\underset{Cl}{CH_2})$ است که فاقد پیوند دوگانهٔ کربن - کربن $(C=C)$ است، به همین دلیل نمی‌توان از آن به‌عنوان مونومر در ساخت پلی‌وینیل کلرید استفاده کرد. در واقع، مونومر پلی‌وینیل کلرید، کلرواتن است.



بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی سیانواتن، به‌صورت (C_3H_3N) و فرمول مولکولی پروپن، به‌صورت (C_3H_6) است. تفاوت جرم مولی این دو ترکیب برابر ۱۱ گرم است.

$$\begin{cases} C_3H_3N: 3\times12+3\times1+14=53g.mol^{-1} \\ C_3H_6: 3\times12+6\times1=42g.mol^{-1} \end{cases}$$

گزینهٔ (۲): آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌های هم‌کربن، ایزومر یکدیگر هستند و فرمول مولکولی یکسانی (C_nH_{2n}) دارند. بنابراین ۲- هگزن و سیکلوهگزان ایزومر بوده و فرمول مولکولی آن‌ها (C_6H_{12}) است.

گزینهٔ (۴): فرمول مولکولی، فرمولی است که تعداد دقیق اتم‌ها و نوع اتم‌ها را مشخص می‌کند و فرمول ساده نشده است. اما اگر زیروندها به عددی ساده شوند، فرمول تجربی به‌دست می‌آید.

$$\text{گلوکز}\begin{cases} \text{فرمول مولکولی}=C_6H_{12}O_6 \\ \text{فرمول تجربی}=CH_2O \end{cases}$$

فرمول مولکولی ۲،۱- دی‌برمو اتان به‌صورت $(C_2H_4Br_2)$ بوده و فرمول تجربی آن به‌صورت (CH_2Br) است.

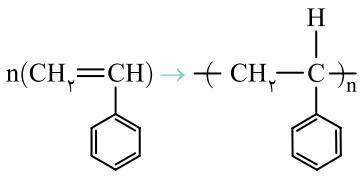
۷۴ (B) **۴** به‌عنوان مثال، می‌توان به سلولز اشاره کرد. مونومر سازندهٔ سلولز، گلوکز است و در ساختار آن پیوند دوگانه $(C=C)$ دیده نمی‌شود.

۷۵ (B) **۳** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (آ): پلی‌اتن سبک در برابر نور شفاف است.

عبارت (ت): بطری شیر از جنس پلی‌اتن سنگین است و در برابر نور کدر است.

۷۶ (A) **۱** معادلهٔ واکنش تولید پلی‌استیرن به‌صورت روبه‌رو است:



این ترکیب در ساخت ظرف‌های یکبار مصرف کاربرد دارد و یک ترکیب سیرنشده است؛ زیرا در ساختار هر واحد تکرارشوندهٔ آن، سه پیوند دوگانهٔ $(C=C)$ در حلقهٔ بنزن وجود دارد.

۷۷ (B) **۳**

$\Delta H=$[مجموع آنتالپی پیوندهای فراورده‌ها]−[مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها]

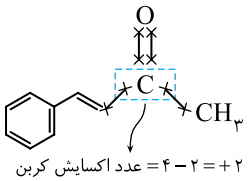
$$\Delta H=[\Delta H(C=C)+۴\Delta H(C-H)]-[\Delta H(C-C)+۴\Delta H(C-H)+۲\frac{\Delta H(C-C)}{۲}]\Rightarrow \Delta H=[\Delta H(C=C)]-[۲\Delta H(C-C)]=۶۱۲-۲\times ۳۴۸=-۸۴kJ$$

توجه در واکنش پلیمری شدن کامل یک مول اتیلن، یک پیوند دوگانهٔ $(C=C)$ شکسته شده و دو پیوند یگانهٔ $(C-C)$ تشکیل می‌شود، بنابراین ΔH واکنش برابر است با:

$\Delta H=$[مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده]−[مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده]$=۶۱۲-(۲\times(+۳۴۸))=-۸۴kJ$

۷۸ (B) **۳** **انسولین**، یک درشت‌مولکول با جرم مولی بسیار زیاد است و همانند سلولز، پلیمر محسوب می‌شود.

توجه با توجه به ساختار **پلی‌استیرن**، فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت $(C_۸H_۸)_n$ است که در آن تعداد اتم‌های کربن برابر با تعداد اتم‌های هیدروژن است.



۷۹ (C) **۴** عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها با استفاده از **طلای سیاه (نفت)**، مشکل محدودیت منابع طبیعی را حل کردند.

عبارت (ب): ابریشم یک پلیمر **طبیعی** است، پس می‌توان گفت که در طبیعت وجود دارد.

۸۰ (B) **۲** فرمول شیمیایی پلی‌استیرن به‌صورت $(C_۸H_۸)_n$ است و در ساختار هر یک از واحدهای تکرارشوندهٔ این پلیمر، ۳ پیوند دوگانه وجود دارد.

در یک نمونه از پلی‌استیرن، که از n واحد تکرارشونده ایجاد شده، **تعداد اتم‌های کربن برابر ۸n** و **تعداد پیوندهای دوگانه برابر با ۳n** است. از پلی‌استیرن در ساخت **ظروف یکبار مصرف** استفاده می‌شود.

۸۱ (B) **۲** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

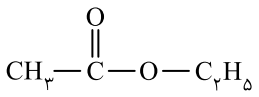
عبارت (ب): تولید الیاف **پلی‌استری**، همانند الیاف **نخی** در طول سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده است.

عبارت (ت): در ساختار هیچ‌کدام از ترکیب‌های داده شده، پیوند دوگانه وجود ندارد.

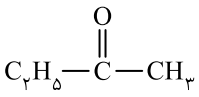
۸۲ (B) **۴**

کلاس درس ۹ معرفی استرها

کدام‌یک از ساختارهای زیر مربوط به یک استر است؟



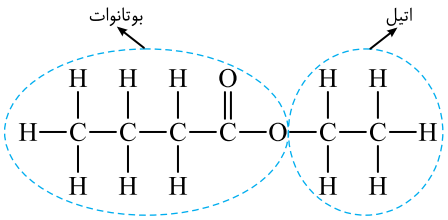
(الف)



(ب)

استرها

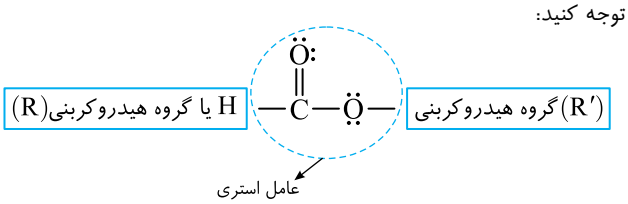
۱- **استرها** دسته‌ای از مواد هستند که بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و بو و طعم میوه‌ها به دلیل وجود این مواد در آن‌هاست. به‌عنوان مثال **بو و طعم آناناس**، ناشی از **اتیل بوتانوات** است. در شکل روبه‌رو، ساختار گستردهٔ اتیل بوتانوات را مشاهده می‌کنید:



اتیل بوتانوات

۲- فرمول عمومی استرها، $(C_nH_{۲n}O_۲)$ می‌باشد و در ساختار تمام آن‌ها، گروه عاملی $(-COOC-)$ $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ وجود دارد که به آن گروه عاملی استری می‌گوییم.

۳- در ساختار مولکول استر، دو بخش یا دو زنجیر هیدروکربنی به گروه عاملی آن متصل است. در یک سوی آن گروه هیدروکربنی به اتم اکسیژن و در سمت دیگر یک گروه هیدروکربنی دیگر و یا هیدروژن به اتم کربن گروه استری متصل است. به شکل زیر که نمایشی از ساختار استرها است، توجه کنید:



توجه در گروه عاملی استرها، اکسیژن با پیوند یگانه **از دو طرف با کربن پیوند** دارد و نمی‌تواند با هیدروژن پیوند داشته باشد. در واقع بهتر است گروه عاملی استرها را به‌صورت $(-COOC-)$ نمایش دهیم.

۴- مولکول‌های استر **نمی‌توانند** با یکدیگر **پیوند هیدروژنی** تشکیل دهند (زیرا هیدروژن متصل به N، O و F ندارند). به همین دلیل نقطهٔ جوش آن‌ها از الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدهای هم‌جرم‌شان **کمتر** است. در واقع نیروهای بین مولکولی در استرها از **نوع ضعیف وان‌دروالسی** است. الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها که در کلاس درس‌های بعدی با آن‌ها آشنا خواهیم شد، دارای **پیوند هیدروژنی** بین مولکول‌های خود **هستند**.

۵- استرها از واکنش **الکل‌ها** (ROH) و **کربوکسیلیک اسیدها** $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-H$ گروه هیدروکربنی یا هیدروژن به‌دست می‌آیند.

توجه **نام‌گذاری استرها** بر وزن **آلکیل آلکانوات** است.

۶- **پلی‌استرها**، دسته‌ای از پلیمرهای مصنوعی (**ساختگی**) هستند که در ساختار آن‌ها **کربن**، **هیدروژن** و **اکسیژن** وجود دارد.

منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و بو و طعم میوه‌ها از **استرهاست**. این گروه از مواد در دستهٔ **مواد آلی** قرار دارند. بو و طعم **آناناس** ناشی از **اتیل بوتانوات** است که فرمول شیمیایی آن به‌صورت $(C_6H_{12}O_2)$ است.

B ۸۳ ۲ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): ساختارهای نشان داده شده، زنجیره‌های هیدروکربنی هستند که از اتم‌های C و H تشکیل شده‌اند.

پرسش (ب): عامل بو و طعم آناناس، **اتیل بوتانوات** نام دارد که فرمول شیمیایی آن به‌صورت $(C_6H_{12}O_2)$ است.

پرسش (پ): پلی‌استرها از عنصرهای **اکسیژن**، **کربن** و **هیدروژن** ساخته می‌شوند.

A ۸۴ ۴ فرمول عمومی استرها، همانند اسیدهای آلی، به‌صورت $(C_nH_{2n}O_2)$ و ساختار گروه عاملی استری به‌صورت $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R'$ مقابل است. قابل توجه است که گروه‌های R و R′ در این ساختار، زنجیره‌های هیدروکربنی هستند.

B ۸۵ ۳ در استرها، یکی از گروه‌های هیدروکربنی به اتم **اکسیژن** متصل می‌شود و از سوی دیگر، یکی از گروه‌های هیدروکربنی به اتم **کربن** این گروه متصل می‌شود.

B ۸۶ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): در مولکول اتیل بوتانوات یک پیوند دوگانه $(C=O)$ وجود دارد.

عبارت (ب): فرمول مولکولی اتیل بوتانوات به‌صورت $(C_6H_{12}O_2)$ است.

عبارت (پ): با توجه به ساختار اتیل بوتانوات، ۳ گروه (CH_2) در آن وجود دارد.

عبارت (ت): اتم کربن گروه عامل استری با هیچ اتم هیدروژنی پیوند ندارد.

$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$

اتیل بوتانوات

A ۸۷ ۳

۱۰ کلاس درس معرفی پلی‌استرها

۱- نیاز جامعه به تولید پوشاکِ بیشتر و همچنین تولید پوشاک با کاربردهای متنوع، شیمی‌دان‌ها را برای یافتن پلیمرهای جدیدی که بتواند به این نیاز پاسخ دهد، تشویق کرد. آن‌ها با بررسی رفتار انواع مواد آلی، موفق به تهیه و ساخت پلیمرهایی شدند که در ساختار آن‌ها اتم‌های **اکسیژن** و **نیتروژن** نیز حضور داشتند.

۲- **پلی‌استرها** دسته‌ای از پلیمرهای **مصنوعی** (ساختگی) هستند، که در ساختار آن‌ها **کربن** (C)، **هیدروژن** (H) و **اکسیژن** (O) وجود دارد.

۳- شکل روبه‌رو نمایشی از ساختار کلی پلی‌استرها می‌باشد. به دقت به این شکل و واحد تکرارشونده در آن توجه نمایید:

واحد تکرارشونده

$$\left[-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\square-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\square-O-\right]_n$$

۴- برای این‌که بدانید، پلیمرهایی مانند پلی‌استرها، از چه موادی تهیه می‌شوند، افزون بر گروه عاملی هیدروکسیل $(-OH)$ باید با گروه عاملیِ کربوکسیل $(-COOH)$ و به ویژه گروه عاملی استر و برخی رفتار آن‌ها بیشتر آشنا شوید.

توجه یک پلی‌استر از واکنش **یک نوع کربوکسیلیک اسید دوعاملی** با **یک نوع الکل دوعاملی** در شرایط مناسب تولید می‌شود بنابراین **دو مونومر** دارد.

۵- پلی‌استر زنجیر بلندی از مولکول‌هاست که شامل شمار زیادی **عامل استری** می‌باشد.

۶- از پلی‌استرها می‌توان **نخ و الیاف** تهیه و در نهایت **پارچه‌های پلی‌استری** تولید کرد.

پلی‌استرها از اتم‌های **کربن**، **هیدروژن** و **اکسیژن** تشکیل می‌شوند.

B ۸۸ ۲ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (ب): در شکل (الف)، نمای گروه عامل **استری** نشان داده شده که در طول پلیمر مرتباً تکرار می‌شود.

عبارت (پ): در ساختار یک پلی‌استر، اتم‌های کربن گروه استری از یک طرف با یک اتم کربن دیگر و از دو طرف دیگر، با دو اتم اکسیژن در ارتباط هستند.

عبارت (ت): در ساختار **پلی‌استرها**، نیمی از اتم‌های اکسیژن با یک پیوند دوگانه به اتم‌های کربن متصل هستند و نیمی از اتم‌های اکسیژن، از دو طرف، توسط دو پیوند یگانه به دو اتم کربن متفاوت متصل هستند.

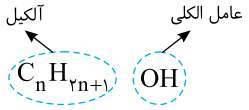
کلاس درس الکل‌ها

فرمول کلی الکل‌ها به چه صورت است؟ فرمول کلی آلکان‌ها و الکل‌ها را با هم مقایسه کنید، به چه نتیجه‌ای می‌رسید؟

معرفی الکل‌ها

۱- الکل‌ها ترکیب‌هایی هستند که در آن‌ها یک یا چند گروه هیدروکسیل (—OH)، با پیوند اشتراکی، به اتم‌های کربن متصل است.

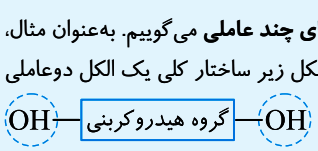
فرمول کلی الکل‌ها به‌صورت ROH می‌باشد که R همان **زنجیر هیدروکربنی (گروه آلکیل)** است بنابراین فرمول کلی الکل‌ها را می‌توان به‌صورت روبه‌رو نیز نمایش داد:



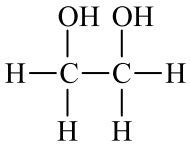
به‌عنوان مثال، CH_3OH (متانول) و C_2H_5OH (اتانول) جزء خانواده الکل‌ها هستند.

نکته

برخی از الکل‌ها در ساختار خود **بیش از یک گروه** (—OH) (گروه هیدروکسیل) دارند، به این الکل‌ها، **الکل‌های چند عاملی** می‌گوییم. به‌عنوان مثال، برای تولید پلی‌استرها از الکل‌های دوعاملی یعنی الکل‌هایی که دارای ۲ گروه (—OH) هستند، استفاده می‌کنیم. شکل زیر ساختار کلی یک الکل دوعاملی را نمایش می‌دهد:

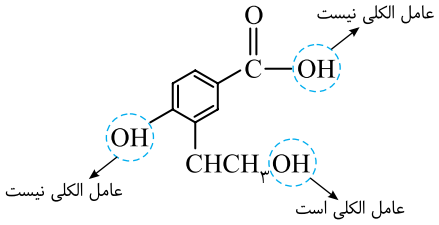


به‌عنوان مثال، **اتیلن گلیکول** (۲،۱- اتان دی اُل)، یک الکل دوعاملی است:



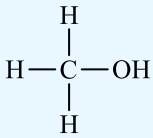
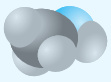
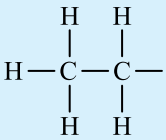
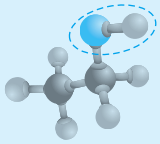
اشتباه نکنید در مولکول الکل‌ها، حداقل یک گروه هیدروکسیل (—OH) متصل به اتم کربن در زنجیر هیدروکربنی (**غیر از حلقهٔ بنزن**) وجود دارد. اگر گروه (—OH) به حلقهٔ بنزن (⬡) متصل باشد، عامل **الکلی نیست** بلکه عامل **فنولی** است.

در ضمن اگر گروه (—OH) به کربن در ساختار $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ متصل شود نیز **عامل الکلی نیست**، زیرا در این صورت بخشی از گروه عاملی کربوکسیلیک اسیدها، یعنی گروه کربوکسیل (—COOH) است. به ساختار روبه‌رو توجه کنید:



۲- در فرمول کلی الکل‌ها، یعنی $C_nH_{2n+1}OH$، اگر به جای n اعداد ۱ و ۲ را قرار دهیم، دو عضو اول خانواده الکل‌ها یعنی **متانول** و **اتانول** به‌دست می‌آید.

در جدول زیر فرمول ساختاری، مدل گلوله و میله و مدل فضاپرکن این دو الکل را مشاهده می‌کنید:

نام الکل	فرمول شیمیایی	فرمول ساختاری	مدل گلوله و میله	مدل فضا پرکن
متانول	CH_3OH			
اتانول	CH_3CH_2OH یا C_2H_5OH			

۳- الکل‌های یک‌عاملی بدون شاخهٔ فرعی، بر وزن **آلکانول** نام‌گذاری می‌شوند. در واقع برای نام‌گذاری الکل‌ها ابتدا نام آلکان هم‌کربن با الکل مورد نظر را نوشته و بعد از آن از پسوند «-ول» استفاده می‌کنیم. به‌عنوان مثال:

متان + ول ← متانول یا اتان + ول ← اتانول

بنابراین نام الکلی که ۳ کربن دارد، پروپانول (پروپان + ول) است. بنابراین با استفاده از نام الکل، می‌توانیم فرمول مولکولی و تعداد کربن آن را تشخیص دهیم:

بوتان + ول ← بوتانول

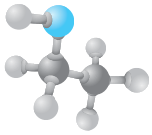
بوتانول ۴ کربن دارد حال در فرمول عمومی الکل‌ها $(C_nH_{2n+1}OH)$ کافی است به جای n، ۴ قرار دهیم تا فرمول مولکولی الکل برسیم: C_4H_9OH

فرمول عمومی **الکل‌ها** به‌صورت (R—O—OH) است که در آن‌ها گروه R یک **زنجیر هیدروکربنی** است و گروه (OH) به یکی از اتم‌های کربن این زنجیر متصل است.

۹۰ (B) **۲** دومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها **اتانول** است که فرمول شیمیایی آن به‌صورت (C_2H_5OH) می‌باشد. در هر یک از مولکول‌های اتانول شمار اتم‌های هیدروژن ۳ برابر شمار اتم‌های کربن است. اولین عضو این خانواده **متانول** است که فرمول شیمیایی آن به‌صورت (CH_3OH) است.

۹۱ (A) **۴** فرمول شیمیایی عمومی **الکل‌ها** به‌صورت $(C_nH_{2n+1}OH)$ است. در پروپانول و بوتانول مقدار n به‌ترتیب برابر با ۳ و ۴ است.

۹۲ (B) **۲** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

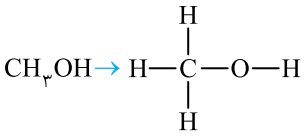


عبارت (الف): فرمول گلوله - میلهٔ دومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها به‌صورت روبه‌رو است که در این فرمول ۸ میله و ۹ گلوله مشاهده می‌شود.

عبارت (ب): در الکل‌های سیرشده یک‌عاملی، هر الکلی نسبت به الکل قبل از خود یک کربن و دو هیدروژن $(-CH_2)$ بیشتر دارد:

$$CH_3OH \xrightarrow{+(-CH_2)} C_2H_5OH \xrightarrow{+(-CH_2)} C_3H_7OH$$

عبارت (پ): الکل با کمترین تعداد اکسیژن و کربن، متانول است که دارای ۵ پیوند اشتراکی می‌باشد:



عبارت (ت): سومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها، پروپانول (C_3H_7OH) است که درصد جرمی کربن در آن برابر است با:

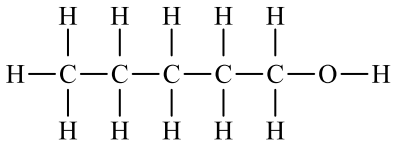
$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم کل}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی کربن} = \frac{3\times12}{8+16+3\times12}\times100 = 60\%$$

۹۳ (B) **۱** **هگزانول** با فرمول شیمیایی $(C_6H_{13}OH)$، یک الکل ۶ کربنه با یک اتم اکسیژن است.

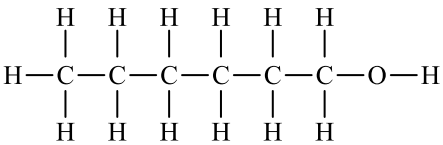
$$\text{درصد جرمی اکسیژن در هگزانول} = \frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم کل الکل}}\times100 = \frac{16}{102}\times100 \simeq 15/7\%$$

۹۴ (C) **۳** ساختار مولکولی پنتانول و هگزانول به شکل زیر است:

پنتانول:



هگزانول:

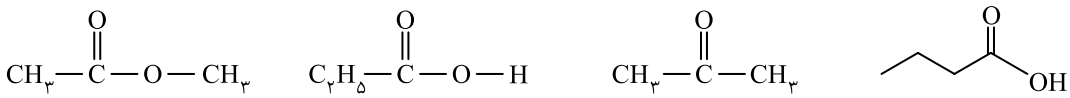


در هر یک از مولکول‌های پنتانول، ۱۷ پیوند اشتراکی وجود دارد و در هر یک از مولکول‌های هگزانول، ۱۳ پیوند یگانه میان اتم‌های کربن و هیدروژن وجود دارد.

۹۵ (A) **۲**

۱۲ کلاس درس کربوکسیلیک اسیدها

کدام‌یک از ساختارهای زیر مربوط به یک کربوکسیلیک اسید است؟



(الف) (ب) (پ) (ت)

کربوکسیلیک اسیدها

۱- **کربوکسیلیک اسیدها** دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند، که دست کم یک گروه عاملی **کربوکسیل** یعنی $(-COOH)$ دارند. در گروه کربوکسیل در واقع یک گروه هیدروکسیل $(-OH)$ به یک گروه کربونیل $(-CO)$ متصل شده است. ساختار کلی کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی به‌صورت زیر است: در ساختار زیر R، گروه هیدروکربنی یعنی همان آلکیل $(-C_nH_{2n+1})$ است.

توجه فرمول کلی کربوکسیلیک اسیدهای **سیرشدهٔ یک‌عاملی**، به‌صورت $(C_nH_{2n}O_2)$ است. علت این‌که از واژهٔ سیرشده استفاده کردیم، این است که در ساختار این اسیدها **پیوند دوگانه** بین دو اتم کربن **نداریم**.

۲- کربوکسیلیک اسیدها **مزهٔ ترش** دارند، به‌طوری که مزهٔ ترش میوه‌هایی مانند ریواس، انگور، لیموترش، کیوی، گوجه سبز و ... ناشی از وجود مولکول‌های اسید در آن‌ها است.

۳- **متانوئیک اسید** که نام دیگر آن **فورمیک اسید** است، اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست که بر اثر **گزش مورچهٔ سرخ** وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. فرمول کلی متانوئیک اسید $(HCOOH)$ است.

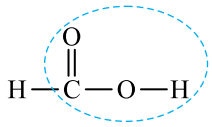
۴- کربوکسیلیک اسیدها، خاصیت اسیدی دارند به همین دلیل pH محلول آن‌ها کمتر از ۷ است.

نام‌گذاری کربوکسیلیک اسیدها

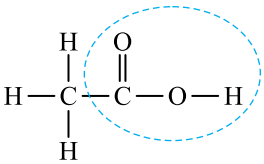
۱- نام‌گذاری کربوکسیلیک اسیدها، به روش آیوپاک، بر وزن **آلکانوئیک اسید** انجام می‌شود، به بیان دیگر برای نام‌گذاری این اسیدها، ابتدا نام آلکان هم‌کربن با اسید را نوشته و سپس از پسوند «**-وئیک اسید**» استفاده می‌کنیم.

نام آلکان هم‌کربن با اسید + وئیک اسید

به‌عنوان مثال، فرمول و نام چند کربوکسیلیک اسید را در زیر مشاهده می‌کنید:

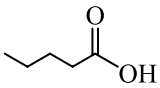
۱) 

$\xrightarrow[\text{اسید متان است}]{\text{آلکان هم‌کربن با این}}$ متانوئیک اسید = (متان + وئیک) + اسید

۲) 

$\xrightarrow[\text{اسید اتان است}]{\text{آلکان هم‌کربن با این}}$ اتانوئیک اسید = (اتان + وئیک) + اسید

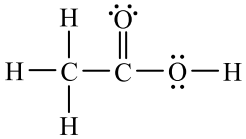
۳) CH_3CH_2COOH $\xrightarrow[\text{اسید پروپان است}]{\text{آلکان هم‌کربن با این}}$ پروپانوئیک اسید = (پروپان + وئیک) + اسید

۴) 

$\xrightarrow[\text{اسید پنتان است}]{\text{آلکان هم‌کربن با این}}$ پنتانوئیک اسید = (پنتان + وئیک) + اسید

توجه در ساختار تمام کربوکسیلیک اسیدها گروه کربوکسیل به‌صورت $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-H)$ یا $(-COOH)$ یا $(\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ وجود دارد.

۲- **استیک اسید** نام دیگر **اتانوئیک اسید** است که فرمول شیمیایی آن به‌صورت (CH_3COOH) می‌باشد و چون مادهٔ اصلی سازندهٔ سرکه است، به استیک اسید یا **جوهر سرکه** معروف است. این اسید آلی دو کربنه یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه است.



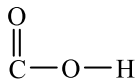
توجه در ساختار لوویس استیک اسید، ۸ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

۳- اگر نام یک کربوکسیلیک اسید بدون شاخه را داشته باشیم و بخواهیم فرمول ساختاری آن را رسم کنیم، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

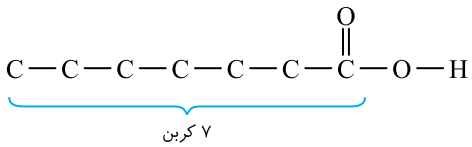
الف) با **حذف لفظ** «**وئیک اسید**» به نام آلکان هم‌کربن با اسید می‌رسیم. در واقع با این کار به تعداد کربنی که باید در فرمول ساختاری اسید داشته باشیم، می‌رسیم:

هپتانوئیک $\xrightarrow{\text{حذف وئیک اسید}}$ هپتان ← بنابراین در ساختار اسید باید ۷ کربن داشته باشیم.

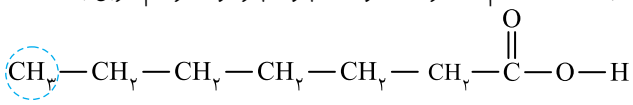
ب) سپس **گروه عاملی** (گروه مشترک) کربوکسیلیک اسیدها $(-COOH)$ را رسم می‌کنیم:



پ) در مرحلهٔ بعدی باید به کربن گروه کربوکسیلیک، تعدادی کربن اضافه کنیم تا تعداد کربن‌های کربوکسیلیک اسید در کل برابر تعداد کربن‌های آلکانی باشد که در قسمت (الف) تشخیص دادیم:



ت) سپس به هر کربن باید تعدادی هیدروژن اضافه کنیم تا سیرشده شود. (۴ پیوند پیرامون هر اتم کربن باشد.)

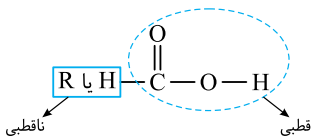


توجه داشته باشید که تمام گروه‌های متصل به گروه کربوکسیل به‌صورت $(-CH_2-)$ هستند به‌جز گروه $(-CH_3)$ که در ابتدای زنجیر کربنی قرار می‌گیرد.

توجه ما در این کلاس درس فقط به بررسی کربوکسیلیک اسیدهای راست‌زنجیر بدون شاخهٔ فرعی می‌پردازیم.

نیروهای بین مولکولی در کربوکسیلیک اسیدها

۱- کربوکسیلیک اسیدها نیز مانند الکل‌ها جزء مولکول‌های **دو بخشی** هستند، یعنی دارای یک **بخش قطبی** $(-COOH)$ و یک **بخش ناقطبی (گروه هیدروکربنی)** هستند. به ساختار روبه‌رو توجه کنید:



۲- در بخش قطبی این مولکول، چون هیدروژن متصل به اکسیژن داریم، نیروی بین مولکولی از **نوع هیدروژنی** است و این قسمت **آب‌دوست** است. در حالی‌که در بخش ناقطبی این مولکول، نیروهای بین مولکولی از نوع **ضعیف وان‌دروالسی** است و این بخش **چربی‌دوست** است.

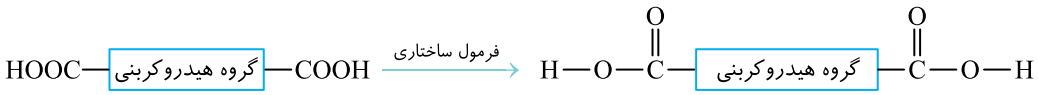
۳- کربوکسیلیک اسیدها نیز، همانند الکل‌ها علاوه بر این‌که با مولکول‌های خود **پیوند هیدروژنی** دارند، با مولکول‌های آب نیز پیوند هیدروژنی قوی تشکیل می‌دهند که این موضوع باعث می‌شود، این اسیدها **انحلال‌پذیری خوبی** در آب داشته باشند. البته با افزایش طول زنجیر کربنی، از انحلال‌پذیری الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها در آب کاسته می‌شود.

نکته

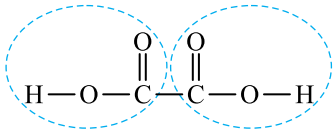
بخش قطبی در کربوکسیلیک اسیدها (—COOH) قطبیت بیشتری نسبت به بخش قطبی در الکل‌ها (—OH) دارد به همین دلیل انحلال‌پذیری این اسیدها در آب **بیشتر** از انحلال‌پذیری الکل هم‌جرم‌شان است.

کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی

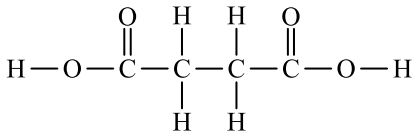
فرم کلی و فرم ساختاری کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی به‌صورت زیر است:

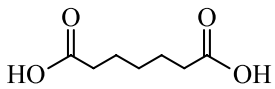


به‌عنوان مثال همان‌طور که گفته شد مزهٔ ترش میوه‌هایی مانند انگور به دلیل وجود مولکول‌های کربوکسیلیک اسید در آن‌ها است. کربوکسیلیک اسید موجود در انگور، **اگزالیک اسید** است که یک اسید دوعاملی است. ساختار اگزالیک اسید به‌صورت زیر است:



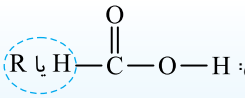
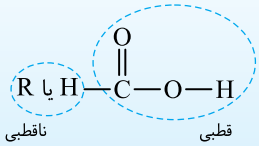
از اسیدهای دوعاملی برای **تولید پلی‌استر** استفاده می‌شود. در زیر ساختار دو کربوکسیلیک اسید دوعاملی دیگر را نیز مشاهده می‌کنید:

۱) 

۲) 

جمع‌بندی کلاس درس ۱۲

کربوکسیلیک اسیدها

- فرمول کلی: $C_nH_{2n}O_2$، ساختار کلی: 
- نام‌گذاری: آلکانوئیک اسید، دو بخشی هستند: 

- نیروی بین مولکولی: (COOH — ← هیدروژنی)، (R — ← وان‌دروالسی)

ساختار گروه عاملی موجود در **کربوکسیلیک اسیدها** به‌صورت $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-H)$ است که به‌صورت (COOH) نوشته می‌شود و ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید موجود در طبیعت **متانوئیک اسید** یا **فورمیک اسید** است.

B ۹۶ ۴ فرمول عمومی **کربوکسیلیک اسیدها** به‌صورت $(C_nH_{2n}O_2)$ است.

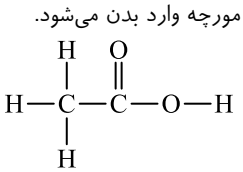
بررسی گزینهٔ (۳): اگر به جای گروه R هیدروژن قرار بگیرد، **متانوئیک اسید** تولید می‌شود و اگر به جای آن زنجیرهٔ هیدروکربنی قرار بگیرد، دیگر کربوکسیلیک اسیدها تولید می‌شوند.

توجه فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها شبیه به فرمول عمومی استرها است.

C ۹۷ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (ب): نام دیگر **استیک اسید**، **اتانوئیک اسید** است و در **سرکه** وجود دارد. فورمیک اسید یا متانوئیک اسید بر اثر گزش مورچه وارد بدن می‌شود.

عبارت (پ): ساختار استیک اسید به شکل مقابل است:

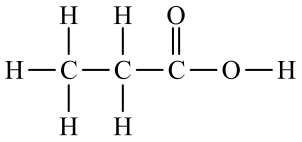


در ساختار این ماده ۸ جفت الکترون پیوندی معادل با ۸ پیوند اشتراکی وجود دارد.

B ۹۸ ۱ نام علمی کربوکسیلیک اسیدها بر وزن **آلکانوئیک اسید** است. اسید موجود در سرکه **اتانوئیک اسید** نام دارد و ترکیبی با فرمول شیمیایی (HCOOH) نیز **متانوئیک اسید** نام دارد.

B ۹۹ ۲ پاسخ صحیح پرسش‌ها:

پرسش (الف): پروپانوئیک اسید یک اسید ۳ کربنه با ساختار مقابل است:



پروپانوئیک اسید

پرسش (ب): کربوکسیلیک اسید ۴ کربنه بوتانوئیک اسید نام دارد.

پرسش (پ): فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید حاصل به شکل $(C_5H_{11}COOH)$ درمی‌آید که یک اسید ۶ کربنه با نام هگزانوئیک اسید است.

B ۱۰۰ ۴ موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): گروه عاملی کربوکسیل $(COOH)$، گروه عاملی کربوکسیلیک اسیدها است و ترکیب‌های دارای این گروه، خاصیت اسیدی دارند.

عبارت (ب): کربوکسیلیک اسید مورد نظر، **متانوئیک اسید** نام دارد درحالی که در **سرکه، اتانوئیک اسید** وجود دارد.

عبارت (پ): ساختار کربوکسیلیک اسیدی با فرمول مولکولی $(C_5H_{10}O_2)$ به‌صورت زیر است.

$$(\underbrace{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2}_{C_4H_9}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-H)$$

عبارت (ت): اولین عضو این خانواده، **متانوئیک اسید** است که در ساختار آن پنج جفت الکترون پیوندی معادل با ۵ پیوند کووالانسی وجود دارد.

A ۱۰۱ ۲ ساختار لوویس فرمیک اسید به‌صورت $(H-\overset{\overset{:O:}{\|}}{C}-\ddot{O}H)$ است. این ترکیب ۴ جفت الکترون ناپیوندی دارد. به علت حضور عامل (OH) قادر به برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب است و در طبیعت در بدن مورچه یافت می‌شود. پرکاربردترین کربوکسیلیک اسید، استیک اسید (CH_3COOH) است.

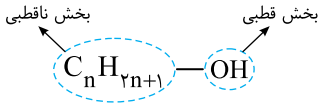
A ۱۰۲ ۱

۳ کلاس درس نیروهای بین مولکولی در الکل‌ها

آیا از شیمی دهم به یاد دارید که شرط تشکیل پیوند هیدروژنی چیست؟ به نظر شما نیروهای بین مولکولی در الکل‌ها از چه نوعی است؟

نیروهای بین مولکولی در الکل‌ها

۱- مولکول‌ها در یک الکل، عمدتاً با **نیروهای وان‌دروالسی** در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. از طرفی به دلیل وجود **هیدروژن متصل به اکسیژن** در ساختار الکل‌ها، بین مولکول‌های الکل، **پیوند هیدروژنی** نیز وجود دارد. البته پیوند هیدروژنی نیز یکی از انواع نیروهای وان‌دروالسی است.



۲- الکل‌ها مولکول‌های **دو بخشی** هستند، بخش دارای $OH-$ (هیدروکسیل)، **بخش قطبی** مولکول و **بخش هیدروکربنی** $(C_nH_{2n+1}-)$، **بخش ناقطبی** مولکول است. می‌دانیم گشتاور دوقطبی هیدروکربن‌ها حدود صفر است. در بخش قطبی پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های الکل تشکیل می‌شود، در حالی‌که در بخش ناقطبی (بخش هیدروکربنی) نیروی بین مولکولی از نوع ضعیف وان‌دروالسی (دوقطبی القایی - دوقطبی القایی یا لاندون) وجود دارد.

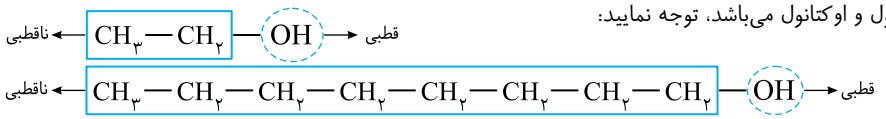
سؤال مفهومی **شاید از خود بپرسید که نیروهای بین مولکولی در بخش قطبی قوی‌تر است یا بخش ناقطبی یک الکل؟ یک الکل در کل قطبی است یا ناقطبی؟**

توضیح: با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی بین مولکولی وان‌دروالسی بر پیوند هیدروژنی **غلبه می‌کند**، زیرا زنجیر هیدروکربنی، ناقطبی است و ما می‌دانیم نیروهای بین مولکولی در ترکیب‌های ناقطبی، **وابسته به جرم و حجم** است، بنابراین با افزایش جرم و حجم **(افزایش تعداد کربن) قدرت نیروهای بین مولکولی**، در بخش ناقطبی الکل‌ها **افزایش** می‌یابد و خصلت ناقطبی الکل افزایش می‌یابد.

نتیجه هر چه **تعداد کربن** در یک الکل **بیشتر** باشد، **بخش ناقطبی قدرت بیشتری** پیدا می‌کند و نیروی **وان‌دروالسی قوی‌تر** می‌شود.

۳- در **الکل‌ها دو نوع نیروی بین مولکولی هیدروژنی و وان‌دروالسی وجود دارد.** به‌طوری که در الکل‌های کوچک و تا پنج کربن، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد و مولکول در مجموع قطبی است. از این‌رو **نیروی بین مولکولی الکل‌ها تا پنج کربن** علاوه بر **نیروی وان‌دروالسی** از نوع **هیدروژنی** نیز است که البته هیدروژنی قوی‌تر بوده و تأثیر بیشتری دارد. بنابراین می‌توان گفت که در الکل‌هایی که بیش از ۵ کربن دارند، بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد و مولکول در مجموع ناقطبی است، از این‌رو **نیروی بین مولکولی الکل‌های با بیش از ۵ کربن بیشتر از نوع وان‌دروالسی است.**

به‌عنوان مثال به دو ساختار زیر که مربوط به اتانول و اوکتانول می‌باشد، توجه نمایید:



در مولکول **اتانول** بخش ناقطبی کمتر از ۵ کربن دارد به همین دلیل قدرت کمتری از بخش قطبی داشته و مولکول در کل قطبی است و نیروهای بین مولکولی غالب از نوع هیدروژنی است. در حالی که در مولکول **اوکتانول** بخش ناقطبی بیشتر از ۵ کربن دارد، به همین دلیل قدرت بیشتری از بخش قطبی داشته و مولکول در کل ناقطبی است و نیروهای بین مولکولی غالب، از نوع وان‌دروالسی است.

نکته

با **افزایش تعداد کربن** در الکل‌ها و در نتیجه افزایش قدرت بخش ناقطبی، از میزان **انحلال‌پذیری الکل‌ها** در آب **کاسته** می‌شود به‌طوری که الکل‌ها تا پنج کربن در آب محلول هستند و الکل‌های با بیش از ۵ کربن در آب کم‌محلول یا نامحلول هستند.

ســاختار کلی **الکل‌ها** به‌صورت (R—OH) اســت. از آن‌جا که در این دســته از ترکیب‌ها، اتم‌های هیدروژن متصل به اکسیژن وجود دارند، بین مولکول‌های آن‌ها **پیوند هیدروژنی** می‌تواند تشکیل بشود. در الکل‌ها، گروه (OH—) بخش قطبی مولکول و گروه R بخش ناقطبی مولکول را تشکیل می‌دهند. از آن‌جا که بخش قطبی مولکول در **اتانول** بر بخش ناقطبی مولکول غلبه دارد، این الکل به هر مقداری در آب حل می‌شود.

B ۱۰۳ ۲

۱۴ کلاس درس انحلال‌پذیری الکل‌ها در آب

آیا الکل‌ها در آب انحلال‌پذیر هستند؟ با کدام الکل‌ها در آب نمی‌توان محلول سیرشده تهیه کرد؟

الکل‌های آب‌دوست و الکل‌های چربی‌دوست

۱- ابتدا چند نکتهٔ مهم از شیمی دهم را یادآوری می‌کنیم:

یادآوری:

شرط تشکیل محلول و انحلال حل‌شونده در حلال، **شبیه بودن نیروی بین مولکولی حلال و حل‌شونده** است. به بیان دیگر:

۱- حل‌شونده **قطبی در حلال قطبی** حل می‌شود.

۲- حل‌شونده **ناقطبی در حلال ناقطبی** حل می‌شود.

۳- حل‌شونده دارای **پیوند هیدروژنی در حلال دارای پیوند هیدروژنی** حل می‌شود.

۴- اغلب ترکیب‌های **یونی در حلال‌های قطبی** از جمله آب حل می‌شوند.

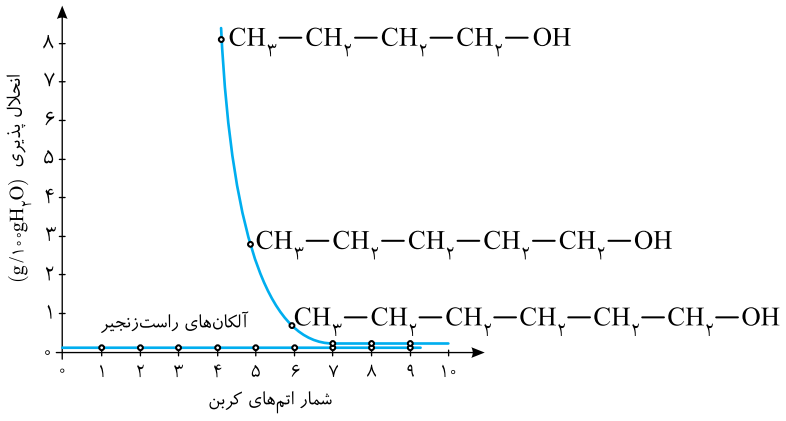
۲- همان‌طورکه گفته شــد الکل‌ها **تا پنج کربن قطبی** هســتند، بنابراین **در حلال قطبی آب به خوبی حل می‌شــوند**، البته این الکل‌ها به دلیل تشــکیل **پیوند هیدروژنی** با مولکول‌های آب، به خوبی در آب حل می‌شــوند. اما با افزایش شــمار اتم‌های کربن، بخش ناقطبی مولکول بزرگ‌تر شــده و میزان قطبیت مولکول کاهش می‌یابد. این روند سبب می‌شود که **الکل‌های بزرگ‌تر در آب حل نشوند** بلکه در حلال غیرقطبی مانند **چربی حل شوند**.

نکته

هر چه بر تعداد کربن‌های بخش ناقطبی الکل افزوده شــود، **انحلال‌پذیری در آب** و **خصلت آب‌دوســتی الکل کمتر شده** و **خصلت چربی‌دوستی الکل افزایش می‌یابد.**

بررسی یک نمودار مهم

نمودار زیر انحلال‌پذیری الکل‌ها و آلکان‌ها را در آب نشان می‌دهد، این نمودار را با دقت مشاهده کنید:



نتیجه با توجه به این نمودار به **نتایج مهم** زیر می‌رسیم:

۱- **گشتاور دوقطبی** اغلب هیدروکربن‌ها **ناچیز و در حدود صفر** است. بنابراین **ناقطبی** هستند، به همین دلیل انحلال‌پذیری بسیار ناچیزی در آب دارند و در کل می‌توان گفت که **در آب حل نمی‌شوند**. به همین دلیل نمودار انحلال‌پذیری برحسب تعداد کربن در آن‌ها تقریباً به‌صورت یک خط افقی و نزدیک به صفر است.

یادآوری از شیمی دهم:

گشتاور دوقطبی مولکول‌ها:
- $\mu=0$ ← مولکول **ناقطبی** است ← مثال ← **هیدروکربن‌ها**
- $\mu>0$ ← مولکول **قطبی** است ← مثال ← **آب** و **اتانول**

هر چه مقدار گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر باشد، میزان قطبیت نیز بیشتر خواهد بود.

۲- در الکل‌ها با افزایش تعداد کربن‌ها میزان چرخانندگی مولکول و در نتیجه گشتاور دوقطبی **کاهش** می‌یابد به همین دلیل میزان **قطبیت نیز کاهش** پیدا می‌کند و این موضوع باعث **کاهش انحلال‌پذیری** الکل در آب خواهد شد.

۳- گشتاور دوقطبی در الکل‌ها با بیش از ۵ کربن **تقریباً برابر صفر** است، به همین دلیل این الکل‌ها تقریباً ناقطبی هستند (البته دلیل دیگر برای ناقطبی بودن این الکل‌ها، همان غلبهٔ بخش ناقطبی بر بخش قطبی است) به همین دلیل در یک حلال قطبی مانند آب خوب حل **نمی‌شوند**. در نمودار انحلال‌پذیری برحسب تعداد کربن، انحلال‌پذیری این الکل‌ها با هیدروکربن‌های هم‌کربن، تقریباً یکسان در نظر گرفته شده است. (دوباره به نمودار بالا نگاه کنید.)

قبل از بیان نتیجه‌ای دیگر از نمودار بالا، موضوعی را از شیمی دهم یادآوری می‌کنیم:

یادآوری از شیمی دهم:

شیمی‌دان‌ها مواد حل‌شوندهٔ جامد را براساس انحلال‌پذیری در آب، در دمای $25^\circ C$ به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌کنند:

انحلال‌پذیری در ۱۰۰ گرم آب: مواد محلول ← ۱g ← مواد کم‌محلول ← ۰/۰۱g ← مواد نامحلول

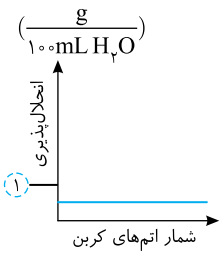
۴- الکل‌ها تا **پنج کربن** جزء **مواد محلول** در آب به شمار می‌آیند، زیرا انحلال‌پذیری آن‌ها بیشتر از یک گرم در ۱۰۰ گرم یا ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است. به‌عنوان مثال، انحلال‌پذیری **بوتانول تقریباً ۸/۲ گرم** و انحلال‌پذیری **پنتانول تقریباً ۲/۷ گرم** در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است، بنابراین جزء مواد محلول در آب هستند.

۵- انحلال‌پذیری **هگزانول** تقریباً ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است، بنابراین جزء **مواد کم‌محلول** در آب است. البته **هپتانول** نیز جز مواد **کم‌محلول** است زیرا انحلال‌پذیری آن ۰/۱۷ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است.

۶- همان‌طور که در نمودار بالا مشاهده می‌کنید، شیب این نمودار برای الکل‌های **کمتر از ۴ کربن** بسیار زیاد است و این بدین مفهوم است که **انحلال‌پذیری این الکل‌ها در آب بسیار زیاد است**، به‌طوری که از اصطلاح «**به هر نسبتی در آب حل می‌شوند**» استفاده می‌کنیم. به بیان دیگر متانول، اتانول و پروپانول از حل شدن در آب سیر نمی‌شوند و **نمی‌توان** از این الکل‌ها در آب محلول سیرشده تهیه کرد.

۷- نمودار انحلال‌پذیری الکل‌ها برحسب تعداد کربن، **نزولی** است، در واقع **انحلال‌پذیری الکل‌ها با تعداد کربن آن‌ها رابطهٔ عکس** دارد.

۸- نمودار انحلال‌پذیری الکل‌ها با بیش از ۶ کربن و نیز هیدروکربن‌ها تقریباً خطی افقی است که در عددی کمتر از ۱ باید محور انحلال‌پذیری را قطع کند. به نمودار روبه‌رو توجه نمایید:



۹- با افزایش شمار اتم‌های کربن، اختلاف انحلال‌پذیری دو الکل راست‌زنجیر متوالی کاهش می‌یابد.

اختلاف انحلال‌پذیری الکل‌ها در آب: $C_4H_9OH, C_5H_{11}OH > C_5H_{11}OH, C_6H_{13}OH$

جمع‌بندی کلاس درس ۱۴

یک مقایسهٔ مهم

الکل‌ها تا ۵ کربن	الکل‌ها با بیش از ۵ کربن
۱- بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد.	۱- بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد.
۲- در آب **به خوبی حل می‌شوند** و جزء مواد محلول در آب هستند.	۲- انحلال‌پذیری **بسیار ناچیزی** در آب دارند.
۳- متانول، اتانول و پروپانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.	۳- هگزانول و هپتانول جزء مواد کم‌محلول در آب هستند.
۴- **آب‌دوست** هستند.	۴- این الکل‌ها **چربی‌دوست** هستند.
۵- گشتاور دوقطبی در آن‌ها **عددی مثبت** است بنابراین در کل قطبی هستند.	۵- با افزایش تعداد کربن، گشتاور دوقطبی در آن‌ها **به صفر** نزدیک می‌شود، بنابراین ناقطبی هستند.

افزایش تعداد کربن در الکل‌ها ← کاهش گشتاور دوقطبی ← کاهش قطبیت ← **کاهش** انحلال‌پذیری در آب / **افزایش** انحلال‌پذیری در چربی

در الکل‌ها، با **افزایش** طول زنجیرهٔ هیدروکربنی، **انحلال‌پذیری** الکل کاهش پیدا می‌کند. از میان الکل‌های داده شده، **متانول** با کوچک‌ترین زنجیر هیدروکربنی دارای بالاترین مقدار انحلال‌پذیری در آب است و هگزانول با بلندترین زنجیرهٔ هیدروکربنی، دارای کمترین انحلال‌پذیری در آب است.

B ۱۰۴ ۱ با افزایش طول زنجیرهٔ هیدروکربنی در **الکل‌ها**، میزان قطبیت مولکول کاهش پیدا می‌کند و به همین خاطر، انحلال‌پذیری الکل در حلال‌های قطبی از جمله آب کاهش پیدا می‌کند. با کاهش قطبیت مولکول الکل‌ها، انحلال‌پذیری این مواد در حلال‌های غیرقطبی از جمله **چربی‌ها** افزایش پیدا می‌کند و به اصطلاح، خاصیت **چربی‌دوستی** این مواد افزایش می‌یابد.

B ۱۰۵ ۴ در الکل‌هایی که تعداد کربن در آن‌ها برابر یا بیشتر از ۶ است، نیروی بین مولکولی غالب از نوع **وان‌دروالسی** است و به همین دلیل، این الکل‌ها انحلال‌پذیری کمی در آب دارند.

بررسی گزینهٔ (۳): میان قسمت‌های هیدروکربنی الکل‌ها نیروی **وان‌دروالسی** برقرار است و میان قسمت $(-OH)$ از مولکول آن‌ها **پیوند هیدروژنی** برقرار است.

B ۱۰۶ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مولکول الکل‌ها دارای دو بخش قطبی و ناقطبی است.

$R-OH$ (R: ناقطبی، OH: قطبی)

عبارت (ب): گشتاور دوقطبی معیاری برای نشان دادن میزان **قطبیت** مولکول است. آلکان‌های راست‌زنجیر در آب نامحلول‌اند و گشتاور دوقطبی در این مولکول‌ها تقریباً برابر صفر است. در واقع آلکان‌ها ناقطبی هستند.

عبارت (پ): با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، بخش ناقطبی آن‌ها قوی‌تر شده و در حلال‌های قطبی مانند آب کمتر حل می‌شوند.

عبارت (ت): با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها نیروی **وان‌دروالسی** میان مولکول‌ها بر نیروی پیوند هیدروژنی غلبه می‌کند.

B ۱۰۷ ۱ از آن‌جا که در مولکول‌های آب و اتانول، اتم‌های **هیدروژن متصل به اکسیژن** وجود دارند، میان مولکول‌های اتانول و آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود که قدرت آن از پیوند هیدروژنی موجود در میان مولکول‌های آب با آب و یا اتانول با اتانول بیشتر است.

B ۱۰۸ ۴ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): انحلال‌پذیری هیدروکربن‌ها در آب تابع تعداد اتم‌های کربن در آن‌ها نیست. درحالی که انحلال‌پذیری الکل‌ها به شدت تحت تأثیر تعداد کربن‌های موجود در ساختار الکل است. با توجه به شیب منحنی (الف)، این منحنی مربوط به انحلال‌پذیری الکل‌ها است.

پرسش (ب): انحلال‌پذیری یک **الکل** n کربنه در آب، همواره از انحلال‌پذیری یک آلکان n کربنه در آب بیشتر است.

پرسش (پ): قدرت نیروی **وان‌دروالسی** در الکل‌ها با افزایش طول زنجیرهٔ هیدروکربنی افزایش پیدا می‌کند. از میان الکل‌های داده شده، پنتانول دارای بلندترین زنجیرهٔ هیدروکربنی است.

B ۱۰۹ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی عبارت نادرست:

عبارت (ت): از میان یک **آلکان** و یک **الکل** که تعداد کربن‌های آن‌ها با هم برابر است، انحلال‌پذیری الکل به علت داشتن بخش قطبی در مولکول‌های خود، در آب بیشتر است.

B ۱۱۰ ۲ فقط عبارت (الف) نادرست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): فرمول مولکولی بخش ناقطبی در اوکتانول به‌صورت (C_8H_{17}) است.

عبارت (ب): اتانول به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با آب و قطبی بودن به خوبی (به هر نسبتی) در آب حل می‌شود. درحالی که اوکتانول ناقطبی است و در آب که قطبی است، حل نمی‌شود.

عبارت (پ): در اوکتانول بخش ناقطبی (قسمت هیدروکربنی) بزرگ‌تر از بخش قطبی است، به همین دلیل در مولکول اوکتانول برهم‌کنش سمت ناقطبی مولکول از سمت قطبی بیشتر است.

عبارت (ت): چون مولکول‌های آب فاقد بخش ناقطبی هستند، **نیروی وان‌دروالسی** بین مولکول‌های آب و اوکتانول برقرار نمی‌شود.

B ۱۱۱ ۴ در الکل‌های کوچک که تعداد اتم‌های کربن آن‌ها برابر یا کمتر از ۵ باشد، بخش قطبی مولکول بر بخش ناقطبی آن غلبه دارد.

B ۱۱۲ ۳ در **کربوکسیلیک اسیدها**، گروه عاملی کربوکسیل بخش قطبی و زنجیرهٔ هیدروکربنی بخش ناقطبی مولکول را تشکیل می‌دهند. با افزایش طول زنجیرهٔ هیدروکربنی، از قطبیت مولکول کاسته می‌شود و انحلال‌پذیری آن در آب کاهش پیدا می‌کند. از میان مولکول‌های داده شده، مولکول (الف) کوچک‌ترین زنجیرهٔ هیدروکربنی را دارد و انحلال‌پذیری آن در آب بیشتر از بقیهٔ اسیدها است. نام‌گذاری صحیح اسیدهای (الف) تا (ت) به‌ترتیب، اتانوئیک اسید، هگزانوئیک اسید، پنتانوئیک اسید و هپتانوئیک اسید است.

A ۱۱۳ ۲ در C_3H_7OH و به‌طور کلی الکل‌های کوچک و تا پنج اتم کربن، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد و نیروی بین مولکولی غالب در آن‌ها از نوع هیدروژنی است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): در الکل‌ها هر چه طول زنجیر هیدروکربنی بلندتر باشد (تعداد کربن بیشتری داشته باشد)، بخش ناقطبی قوی‌تر از بخش قطبی بوده و آب‌گریزی (چربی‌دوستی) افزایش می‌یابد. بنابراین آب‌گریزی $C_6H_{13}OH$ بیشتر از متانول (CH_3OH) است.

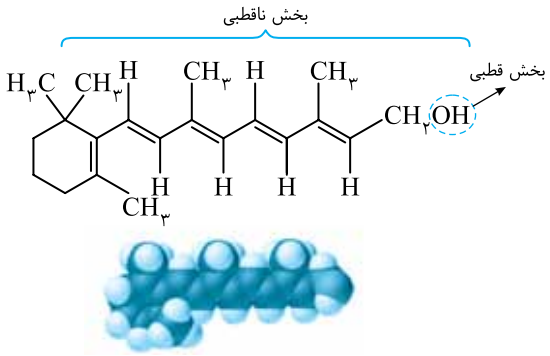
گزینهٔ (۳): در الکل‌های کوچک و تا پنج اتم کربن، بخش قطبی الکل بر بخش ناقطبی آن غلبه دارد.

گزینهٔ (۴): هر چه تعداد کربن در الکل‌ها بیشتر باشد، انحلال‌پذیری آن در چربی بیشتر است.

کلاس درس ۱۵ ویتامین‌های آب‌دوست و چربی‌دوست

از میان ویتامین‌های (A)، (D)، (C) و (K) کدام ویتامین(ها) در آب محلول هستند؟ مصرف بیش از اندازهٔ کدام ویتامین(ها) برای بدن مشکل ایجاد می‌کند؟

ویتامین آ (A)، ویتامینی چربی‌دوست



۱- **ویتامین «آ»**، یک مولکول **دو بخشی** است که بخش قطبی آن گروه هیدروکسیل (OH—) و بخش ناقطبی آن گروه هیدروکربنی است. فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن مقابل، متعلق به ویتامین «آ» است.

۲- همان‌طور که در ساختار روبه‌رو مشخص است، بخش بسیار زیادی از این مولکول ناقطبی است (در این مولکول فقط پیوند (OH—) قطبی است)، بنابراین ویتامین «آ» در مجموع **ناقطبی** است. در واقع در این ویتامین برهم‌کنش بین مولکولی از سمت بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد.

۳- در ویتامین «آ» چون بخش ناقطبی قوی‌تر از بخش قطبی است، این ترکیب در مجموع در آب که قطبی است، **نامحلول** است اما در **چربی‌ها** که ناقطبی هستند، **محلول** است. به بیان دیگر ویتامین «آ» آب‌گریز بوده و چربی‌دوست است.

۴- در زیر به چند نکته در مورد **ساختار ویتامین** «آ» اشاره می‌کنیم:

الف) فرمول مولکولی این ویتامین به‌صورت $(C_{20}H_{30}O)$ یا $(C_{20}H_{29}OH)$ است.

ب) در ساختار ویتامین «آ» **یک** گروه هیدروکسیل (OH—) و ۵ گروه متیل (CH_3—) وجود دارد.

پ) ویتامین «آ»، یک **الکل حلقوی سیرنشده** است، زیرا در ساختار آن ۵ پیوند دوگانهٔ کربن - کربن (C=C) وجود دارد.

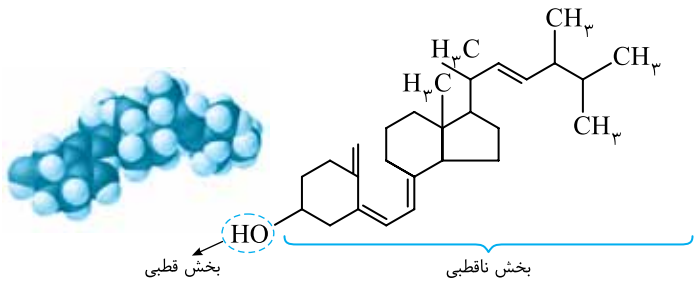
ت) در ساختار لوویس ویتامین «آ»، فقط دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

توجه هر چند ویتامین «آ» در ساختار خود دارای یک حلقه است، اما ترکیبی **آروماتیک نیست**، زیرا **فاقد حلقه بنزن** است.

ویتامین دی (D)، ویتامینی چربی‌دوست

۱- **ویتامین «دی»** نیز یک مولکول **دو بخشی** است که بخش ناقطبی (گروه هیدروکربنی) در آن بسیار بزرگ‌تر از بخش قطبی (گروه هیدروکسیل) می‌باشد. به بیان دیگر در این ویتامین برهم‌کنش بین مولکولی از سمت بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه دارد و این مولکول در کل، **ناقطبی** است.

فرمول نقطه - خط و مدل فضا پرکن ویتامین «دی» به‌صورت زیر است:



۲- در ویتامین «دی»، بخش ناقطبی (گروه هیدروکربنی) بسیار قوی‌تر از بخش قطبی (OH—) است. به همین دلیل این ویتامین در مجموع **ناقطبی** و در **آب نامحلول** است، اما در **چربی‌ها** که ناقطبی هستند، **محلول** است. بنابراین این ویتامین، چربی‌دوست است.

۳- در زیر به چند نکته در رابطه با ساختار ویتامین «دی» اشاره می‌کنیم:

الف) فرمول مولکولی این ویتامین $(C_{28}H_{44}O)$ یا $(C_{28}H_{43}OH)$ است.

ب) در ساختار ویتامین «دی» **یک** گروه هیدروکسیل (OH—) و ۵ گروه متیل (CH_3—) وجود دارد.

پ) ویتامین «دی» یک الکل یک‌عاملی (یک گروه هیدروکسیل دارد) است که در ساختار خود، ۴ پیوند دوگانه دارد به همین دلیل سیرنشده است.

ت) ویتامین «دی» هر چند در ساختار خود دارای چند حلقه می‌باشد، اما چون حلقه بنزن ندارد، **آروماتیک نیست**.

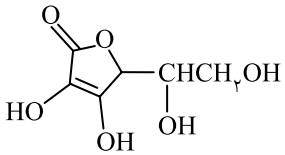
ث) در ساختار لوویس این ویتامین فقط دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

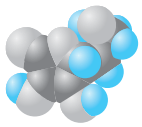
نکته

نیروی بین مولکولی غالب در ویتامین «آ» و «دی» از نوع نیروی **وان‌درواسی** است. این ترکیب‌ها چون در ساختار خود H متصل به اکسیژن (—O—H) دارند، **می‌توانند** با مولکول‌های آب **پیوند هیدروژنی** برقرار کنند اما به دلیل جرم و حجم زیاد مولکول و وجود بخش ناقطبی بزرگ، پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌شود و برهم‌کنش اصلی مولکول‌ها از نوع وان‌درواسی است.

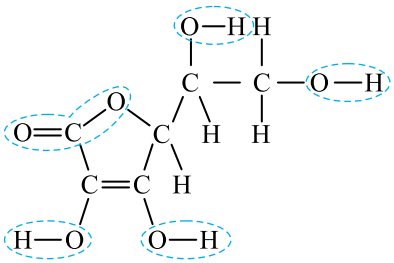
ویتامین ث (C)، ویتامینی آب‌دوست

۱- **ویتامین «ث»** نیز یک مولکول **دو بخشی** است که در آن بخش قطبی، **قوی‌تر** از بخش ناقطبی است. به بیان دیگر در این ویتامین، برهم‌کنش بین مولکولی از سمت بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد. در واقع در ساختار ویتامین «ث»، **بخش زیادی** از مولکول **قطبی** است و بخش قطبی بزرگ‌تر و مؤثرتر از بخش ناقطبی است. فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن ویتامین «ث» به‌صورت روبه‌رو است:





۲- در ساختار روبه‌رو، گروه‌های قطبی موجود در ویتامین «ث» را مشخص کرده‌ایم:



ویتامین C

گروه‌های قطبی در ساختار ویتامین «ث» شامل ۴ گروه هیدروکسیل (—OH) و یک گروه استری $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-)$ است.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، **بخش زیادی** از ویتامین «ث» **قطبی** است، به همین دلیل در **آب به خوبی حل می‌شود** در حالی که در حلال‌های ناقطبی مانند چربی‌ها **نامحلول** است. در واقع ویتامین «ث» آب‌دوست است.

۳- ویتامین «ث» به دلیل داشتن H متصل به اکسیژن، می‌تواند پیوند هیدروژنی با آب برقرار کند. به دلیل این‌که تعداد گروه‌های (—OH) در ویتامین «ث» بیشتر از ویتامین «آ» و «دی» است، امکان تشکیل پیوند **هیدروژنی** بین این ویتامین و مولکول‌های آب وجود دارد در حالی که ویتامین «آ» و «دی» قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب نیستند.

۴- در زیر به چند نکته در رابطه با ساختار ویتامین «ث» اشاره می‌کنیم:

الف) فرمول مولکولی این ویتامین به‌صورت $(C_6H_8O_6)$ است.

ب) در ساختار ویتامین C، **۴ گروه هیدروکسیل** (—OH) و **یک گروه استری** $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-)$ وجود دارد.

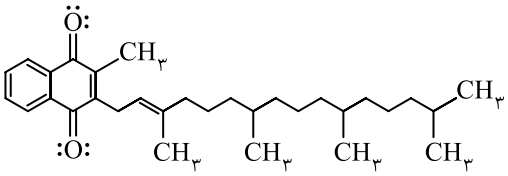
پ) در این مولکول **دو پیوند** دوگانه (C=C) و (C=O) دیده می‌شود. البته در ساختار ویتامین «ث» در کل ۲۲ پیوند اشتراکی وجود دارد.

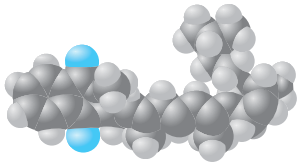
ت) ویتامین C یک **الکل حلقوی سیرنشده** است، ولی چون حلقه بنزن ندارد، **آروماتیک نیست**.

ث) در ساختار لوویس این ویتامین **۱۲ جفت الکترون ناپیوندی** وجود دارد.

ویتامین کا (K)، ویتامینی چربی‌دوست

۱- ویتامین **«کا»** یک مولکول دوبخشی است که بخش قطبی آن بسیار کوچک و شامل دو گروه کربونیل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ می‌باشد. فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن این ویتامین به‌صورت روبه‌رو است:





۲- با توجه به ساختار بالا مشخص است که بخش عمده این مولکول ناقطبی است، بنابراین می‌توان گفت که ویتامین «کا» در مجموع ناقطبی است؛ به همین دلیل این ویتامین **در آب نامحلول** بوده اما در چربی‌ها محلول است. در واقع ویتامین «کا» **چربی‌دوست** است.

۳- در زیر به چند نکته در مورد ساختار ویتامین «کا» اشاره می‌کنیم:

الف) فرمول مولکولی این ویتامین $(C_{31}H_{46}O_2)$ است.

ب) در ساختار ویتامین «کا» برخلاف ویتامین‌های «آ»، «دی» و «ث»، گروه هیدروکسیل (OH) وجود **ندارد**.

پ) در این مولکول ۵ پیوند دوگانهٔ (C=C) و ۲ پیوند دوگانهٔ (C=O) وجود دارد. بنابراین در ساختار این ویتامین در مجموع **۷ پیوند دوگانه** داریم.

ت) به دلیل وجود پیوند دوگانه، ویتامین «کا» **سیرنشده** است.

ث) در ساختار لوویس این ویتامین، **۴** جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

توجه در بین ویتامین‌های مطرح شده، فقط در ساختار ویتامین «کا»، یک **حلقه بنزن** وجود دارد، به همین دلیل فقط ویتامین «کا»، **آروماتیک** است.

نکته

مصرف بیش از اندازهٔ ویتامین‌های **«آ»، «دی» و «کا»**، برای بدن مشکل ایجاد خواهد کرد، زیرا این ویتامین‌ها **نمی‌توانند** در آب موجود در بدن حل شوند، به همین دلیل در بافت‌های چربی بدن ذخیره شده و رسوب می‌کنند و دفع نمی‌شوند.

جمع‌بندی کلاس درس ۱۵

نام ویتامین	فرمول مولکولی	تعداد گروه‌های OH	تعداد پیوند دوگانه	مقایسهٔ قدرت بخش قطبی و ناقطبی	انحلال در آب
ویتامین آ	$C_{20}H_{30}O$	۱	۵	قطبی > ناقطبی	نامحلول (چربی‌دوست)
ویتامین دی	$C_{28}H_{44}O$	۱	۴	قطبی > ناقطبی	نامحلول (چربی‌دوست)
ویتامین ث	$C_6H_8O_6$	۴	۲	ناقطبی > قطبی	محلول (آب‌دوست)
ویتامین کا	$C_{31}H_{46}O_2$	-	۷	قطبی > ناقطبی	نامحلول (چربی‌دوست)

انواع کلم، حاوی **ویتامین «کا»** و ترکیب شیر و کورن فلکس (غذای بچه)، حاوی **ویتامین «دی»** هستند. مرکبات، اغلب **ویتامین «ث»** دارند و آب هویج هم حاوی مقادیری از **ویتامین «آ»** است.

C ۱۱۵ ۱ تصویر بالاتر مربوط به **ویتامین «ث»** و تصویر پایین‌تر مربوط به **ویتامین «کا»** است. مولکول هر یک از این ویتامین‌ها، از اتم‌های اکسیژن، هیدروژن و کربن ساخته شده‌اند. در اتم‌های کربن و هیدروژن، الکترون‌های ناپیوندی وجود ندارد اما بر روی هر یک از اتم‌های اکسیژن موجود در گروه‌های عاملی کربونیل، استری و الکلی، ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. در مولکول‌های ویتامین «ث» ۴ گروه عاملی **الکلی**، یک گروه عاملی **استری** وجود دارد و در مولکول‌های ویتامین «کا» هم ۲ گروه عاملی **کربونیل** وجود دارد. با توجه به گروه‌های عاملی موجود، ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی در ویتامین «ث» و ۴ جفت الکترون ناپیوندی در ویتامین «کا» وجود دارد.

B ۱۱۶ ۳ ساختار نشان داده شده مربوط به **ویتامین «آ»** است. در هر یک از مولکول‌های این ویتامین یک گروه عاملی هیدروکسیل $(-OH)$ وجود دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): در مولکول‌های ویتامین «آ» بخش ناقطبی مولکول بر بخش قطبی غلبه می‌کند و به همین دلیل خاصیت **چربی‌دوستی** مولکول بیشتر از خاصیت آب‌دوستی آن است.

گزینهٔ (۲): مصرف بیش از حد ویتامین‌های **محلول در چربی** برای بدن مشکل‌ساز است.

گزینهٔ (۴): به خاطر غلبهٔ بخش ناقطبی مولکول در ذرات سازندهٔ ویتامین «آ»، برهم‌کنش مولکول‌های این ویتامین عموماً از نوع **وان‌درواسی** است.

B ۱۱۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (ب): **ویتامین «دی»** یک ویتامین محلول در **چربی** است.

B ۱۱۸ ۲ از آن‌جا که بخش ناقطبی مولکول در **ویتامین «آ»** بر بخش قطبی مولکول غلبه دارد، این ویتامین در آب **نامحلول** است و مصرف بیش از اندازهٔ آن، برای بدن مشکل‌ساز است. با توجه به ساختار این ویتامین، نیروی بین مولکولی غالب میان مولکول‌های آن از نوع نیروی **وان‌درواسی** است اما به خاطر وجود داشتن گروه عاملی الکلی در این ویتامین، امکان تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های این ویتامین وجود دارد.

B ۱۱۹ ۱ فقط عبارت (الف) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): از میان الکل‌ها، **متانول**، **اتانول** و **پروپانول** به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

عبارت (ب): الکل‌ها مولکول‌هایی دوبخشی هستند که پیوندهای $(C-O)$ و $(O-H)$ در آن‌ها قطبی است.

عبارت (پ): با افزایش جرم مولی، قدرت نیروهای **وان‌درواسی** افزایش می‌یابد.

عبارت (ت): با افزایش تعداد اتم‌های کربن در الکل‌ها میزان قطبیت الکل‌ها کاهش یافته و به دلیل قوی‌تر شدن بخش ناقطبی، میزان چربی‌دوستی الکل‌ها افزایش می‌یابد.

A ۱۲۰ ۳ هگزان یک هیدروکربن سیرشده با فرمول شیمیایی (C_6H_{14}) است که از ۲۰ اتم سازنده تشکیل شده است. پروپانوئیک اسید و بوتانول در ساختار خود هم بخش قطبی دارند و هم بخش ناقطبی و آب هم فقط از بخش‌های قطبی تشکیل شده است.

B ۱۲۱ ۴ موارد (الف)، (ب) و (ت) **درست** هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): ویتامین‌های «آ» و «دی» محلول در **چربی** هستند.

عبارت (ب): فرمول شیمیایی هگزانول، به‌صورت $(C_6H_{13}OH)$ است که زنجیرهٔ هیدروکربنی آن، بخش ناقطبی مولکول را می‌سازد.

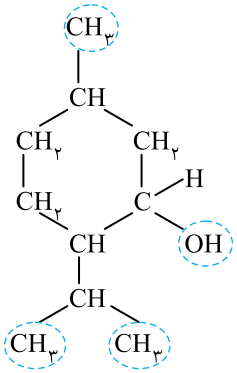
عبارت (پ): تفاوت مقدار انحلال‌پذیری پنتانول و هگزانول کمتر از تفاوت انحلال‌پذیری بوتانول و پنتانول است.

عبارت (ت): در الکل‌هایی با حداکثر **۵ اتم کربن**، بخش قطبی مولکول بر بخش ناقطبی آن غلبه دارد و این الکل‌ها قادرند با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی **قوی** برقرار کنند.

B ۱۲۲ ۲ ساختار نشان داده شده مربوط به **ویتامین «ث»** است. در ساختار مولکول‌های این ویتامین، ۴ گروه عاملی الکلی وجود دارد. این ویتامین محلول در آب است و مصرف بیش از اندازهٔ آن مشکلی برای بدن ایجاد نمی‌کند.

B ۱۲۳ ۱ فرمول شیمیایی **منتول** به‌صورت $(C_{۱۰}H_{۲۰}O)$ و فرمول شیمیایی **ویتامین «ث»** به‌صورت $(C_۶H_۸O_۶)$ است. با توجه به فرمول شیمیایی ترکیب‌های مورد نظر، تعداد اتم‌های هیدروژن ویتامین «ث»، ۰/۴ برابر تعداد اتم‌های هیدروژن منتول است.

C ۱۲۴ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**



عبارت (الف): فرمول مولکولی منتول $(C_{۱۰}H_{۲۰}O)$ بوده و در ساختار آن ۳ گروه متیل $(-CH_۳)$ مشاهده می‌شود.

عبارت (ب): منتول یک الکل سیرشدهٔ حلقوی است ولی آروماتیک نیست، چون حلقهٔ بنزنی ندارد.

عبارت (پ): تعداد پیوندهای اشتراکی در منتول برابر ۳۱ پیوند است.

عبارت (ت): بخش عمدهٔ منتول را هیدروکربن تشکیل می‌دهد، در واقع بخش عمدهٔ این ترکیب ناقطبی است، بنابراین خصلت چربی‌دوستی آن بیشتر از خصلت آب‌دوستی آن است.

C ۱۲۵ ۳ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): ساختارهای نشان داده شده در شکل‌های (۱) و (۲)، به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ ویتامین «آ» و ویتامین «کا» هستند که هر دو آن‌ها در آب **نامحلول‌اند**.

عبارت (ب): در ویتامین «کا»، گروه عاملی **الکلی** وجود ندارد.

عبارت (پ): بخش اکسیژن‌دار ویتامین‌ها، قسمت قطبی مولکول را تشکیل می‌دهد و بخش هیدروکربنی هم قسمت ناقطبی مولکول را تشکیل می‌دهد.

عبارت (ت): مصرف بیش از حد هر دو ویتامین، برای بدن مشکل‌ساز است چرا که هر دو ویتامین، در آب نامحلول هستند.

B ۱۲۶ ۳ در مولکول ویتامین «دی»، بخش عمدهٔ مولکول از اتم‌های کربن و هیدروژن تشکیل شده و فقط یک گروه OH وجود دارد. بنابراین در مولکول ویتامین «دی»، بخش ناقطبی بر بخش قطبی غلبه داشته و این ویتامین ناقطبی است. در هر یک از مولکول‌های این ویتامین، ۴ پیوند دوگانه وجود دارد. در ساختار استیرین همانند ساختار ویتامین «دی» ۴ پیوند دوگانه وجود دارد، درحالی که در ساختار نفتالن ۵ پیوند دوگانه وجود دارد.

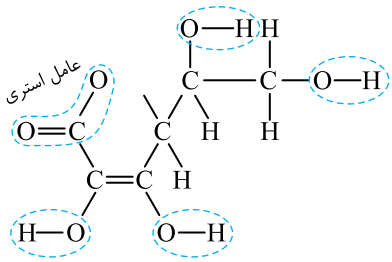
B ۱۲۷ ۱ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): چون بخش ناقطبی ویتامین «کا» بر بخش قطبی آن غلبه دارد، این ویتامین در آب نامحلول است.

پرسش (ب): فرمول شیمیایی **ویتامین «کا»** به‌صورت $(C_{۳۱}H_{۴۶}O_۲)$ است. با توجه به فرمول شیمیایی، ۴۶ اتم هیدروژن در هر مولکول این ویتامین وجود دارد.

پرسش (پ): در ساختار این ویتامین، ۵ پیوند $(C=C)$ وجود دارد.

B ۱۲۸ ۳ **بررسی گزینه‌ها:**



گزینهٔ (۱): ویتامین C یک استر حلقوی است، زیرا گروه عاملی استر در آن مشاهده می‌شود.

گزینهٔ (۲): در ویتامین C به دلیل داشتن چهار گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی استر، بخش قطبی بر بخش ناقطبی غلبه دارد، به همین دلیل در آب به خوبی حل می‌شود.

گزینهٔ (۳): در ساختار این ویتامین شمار پیوندهای یگانه برابر ۱۸ و شمار پیوندهای دوگانه برابر ۲ است؛ بنابراین نسبت شمار پیوندهای یگانه به شمار پیوندهای دوگانه برابر ۹ است.

گزینهٔ (۴): شمار گروه‌های عاملی هیدروکسیل در مولکول ویتامین C برابر ۴ است؛ این در حالی است که شمار این گروه در مولکول اتیلن گلیکول برابر ۲ است.

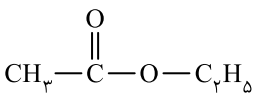
اتیلن گلیکول : $H_۲C(OH)-CH_۲(OH)$

A ۱۲۹ ۴ پلی‌اتن، پروپان و نفتالن، هر سه هیدروکربن هستند و نیروهای بین مولکولی آن‌ها از نوع وان‌درواالسی است، در حالی‌که ویتامین C در ساختار خود ۴ گروه هیدروکسیل دارد و نیروهای بین مولکولی در آن از نوع پیوند هیدروژنی است.

A ۱۳۰ ۲

۱۶ کلاس درس نام‌گذاری استرها و واکنش استری شدن

نام استر روبه‌رو چیست؟

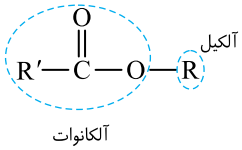


آیا فراوردهٔ واکنش روبه‌رو یک استر است؟

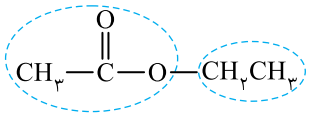
$CH_۳CH_۲COOH + C_۲H_۵OH \rightarrow \cdots$

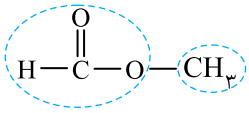
نام‌گذاری استرها

۱- برای نام‌گذاری استرها به روش آیوپاک، ابتدا نام گروه هیدروکربنی (آلکیل) متصل به اکسیژن را بر وزن **آلکیل** آورده و سپس با شمارش تعداد اتم‌های کربن باقی‌مانده، نام زنجیر اصلی ($H-COO-$ یا گروه هیدروکربنی) را بر وزن **آلکانوات** می‌آوریم، بنابراین نام‌گذاری استرها بر وزن «**آلکیل آلکانوات**» است.

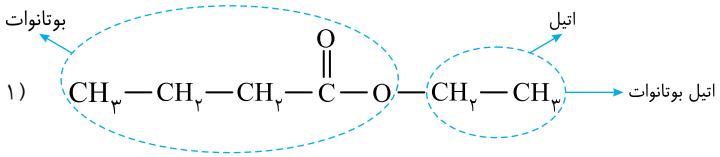


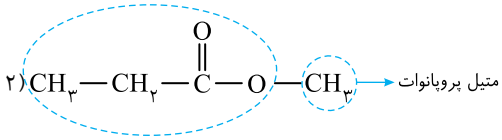
به‌عنوان مثال فرمول ساختاری و نام چند استر را در زیر می‌آوریم:

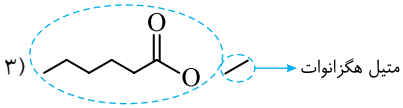




۲- حال با توجه به توضیحات ارائه شده، استرهای زیر را نام‌گذاری می‌کنیم:

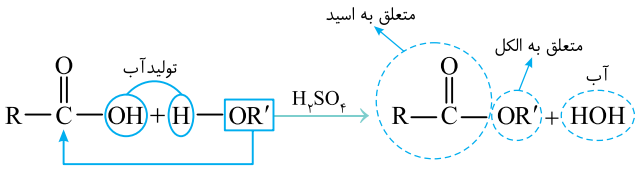
۱) 

۲) 

۳) 

واکنش تهیه استر

۱- یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها ($RCOOH$) و الکل‌ها ($R'OH$)، واکنش میان آن‌ها است. در واقع الکل و اسید آلی در شرایط مناسب با هم واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب (H_2O)، به استر ($RCOOR'$) تبدیل می‌شوند. معادلهٔ زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند:



بنابراین معادلهٔ نوشتاری واکنش فوق به‌صورت زیر است:

آب+استر $\xrightarrow{\text{کاتالیزگر}}$ الکل+کربوکسیلیک اسید

۲- در این واکنش که معروف به **واکنش استری شدن** است، گروه ($OR'-$) از الکل ($R'OH$) به جای گروه ($OH-$) از اسید ($RCOOH$) قرار می‌گیرد. از طرفی H الکل و OH اسید، با هم ترکیب شده و یک مولکول آب تولید می‌کنند.

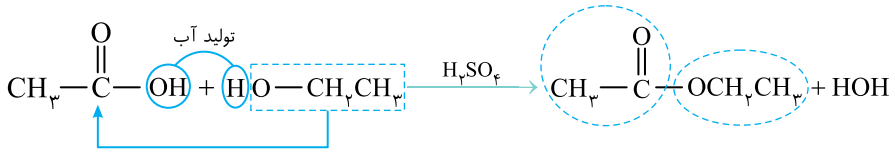
سؤال مفهومی: شاید از خود پرسیده باشید که چرا در واکنش استری شدن از H_2SO_4 استفاده کردیم؟ و نقش H_2SO_4 در این واکنش چیست؟

توضیح: واکنش استری شدن یک واکنش بسیار **آهسته** است که برای این‌که با سرعت مناسب انجام شود، نیاز به کاتالیزگر مناسب (مانند H_2SO_4) دارد.

در ادامه دو مثال از واکنش‌های استری شدن را مطرح کرده و با دو استر مهم آشنا می‌شویم:

آشنایی با یک استر مهم (اتیل استات)

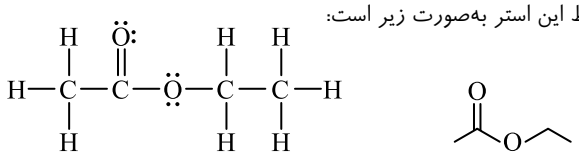
۱- از واکنش استیک اسید (اتانوئیک اسید) با اتانول، **اتیل استات** طبق معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:



۲- اتیل استات یا **اتیل اتانوات** یک استر ۴ کربنی با فرمول شیمیایی $CH_3COOCH_2CH_3$ است.

۳- در زیر به چند نکته در رابطه با ساختار لوویس اتیل استات اشاره می‌کنیم:

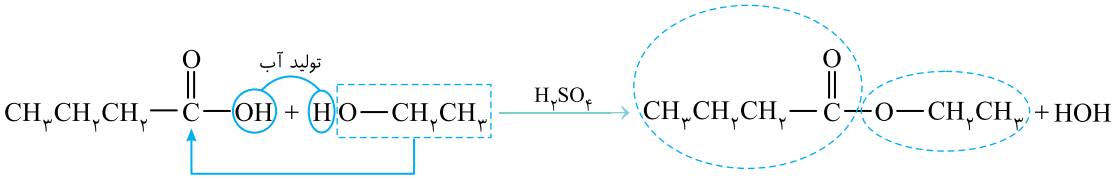
الف) ساختار لوویس و مدل نقطه - خط این استر به‌صورت زیر است:



ب) در ساختار لوویس اتیل استات، ۴ جفت الکترون **ناپیوندی** و ۱۴ جفت الکترون **پیوندی** (۱۴ پیوند اشتراکی) و یک پیوند دوگانه وجود دارد.

آشنایی با اتیل بوتانوات

۱- **اتیل بوتانوات** را در مقیاس **صنعتی** از واکنش بوتانوئیک اسید و اتانول در حضور یک اسید قوی به‌عنوان کاتالیزگر، طبق معادله زیر به‌دست می‌آورند:



۲- اتیل بوتانوات یک استر ۶ کربنی با فرمول شیمیایی $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3$ می‌باشد.

۳- از اتیل بوتانوات در **صنعت** برای تولید شوینده با بوی **آناناس** استفاده می‌شود. بو و طعم آناناس ناشی از وجود اتیل بوتانوات در آن است.

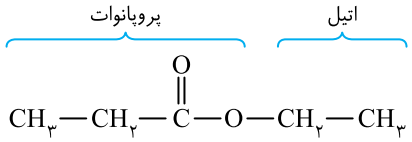
کربوکسیلیک اسیدها با الکل‌ها واکنش می‌دهند و یک مولکول **استر** و یک مولکول **آب**، از واکنش میان آن‌ها آزاد می‌شود.

A ۱۳۱ **۲** در نام‌گذاری استرها، نام زنجیرهٔ هیدروکربنی متصل به اکسیژن بر وزن **آلکیل** و نام زنجیرهٔ هیدروکربنی متصل به کربن بر وزن **آلکانوات** خواهد بود و در آن صورت نام استر حاصل به شکل **آلکیل آلکانوات** خواهد شد.

B ۱۳۲ **۳** از واکنش بین بوتانوئیک اسید با پروپانول، پروپیل بوتانوات تولید می‌شود.

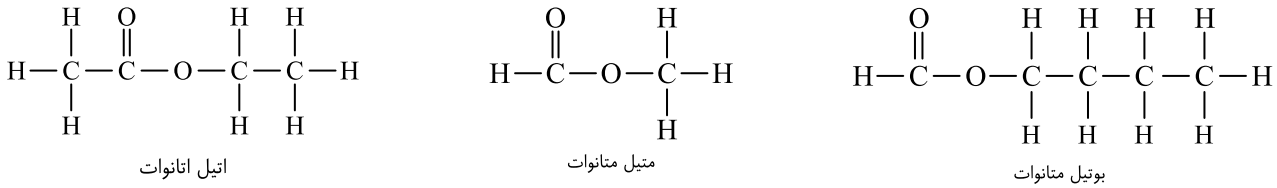
بررسی گزینهٔ (۱): طی این واکنش مولکول‌های **آب** تولید می‌شوند و در نتیجه جرم مولی استر حاصل از این واکنش به اندازهٔ ۱۸ گرم بر مول کمتر از مجموع جرم مولی الکل و اسید سازندهٔ استر است.

A ۱۳۳ **۱** در استر نشان داده شده، گروه متصل به اکسیژن، اتیل است و گروه متصل به اتیل، پروپانوات است بنابراین استر حاصل اتیل پروپانوات نام دارد:

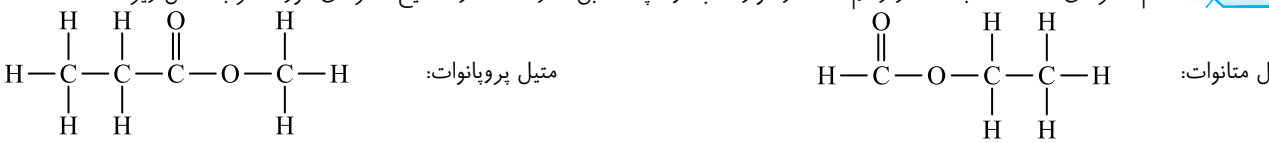


B ۱۳۴ **۲** استرها از واکنش میان یک **کربوکسیلیک اسید** با یک **الکل**، در حضور H_2SO_4 تولید می‌شوند. در استر حاصل از این واکنش، گروه R (مربوط به اسید) باید به کربن گروه استری متصل باشد و گروه R' (مربوط به الکل) باید به اکسیژن گروه استری متصل باشد.

B ۱۳۵ **۳** فرمول ساختاری استرهای مورد نظر به شکل زیر است:



B ۱۳۶ **۱** نام استرهای داده شده، با ساختار رسم شده در موارد (ب) و (پ) تطابق ندارد. ساختار صحیح استرهای مورد نظر به شکل زیر است:

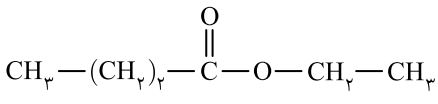


B ۱۳۷ **۳** اطلاعات موجود در موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. در رابطه با مورد (ب)، نام و ساختار استر داده شده با هم مطابقت دارند اما فرمول شیمیایی بوتیل اتانوات به شکل $(C_6H_{12}O_2)$ است.

A ۱۳۸ **۱** از واکنش اتانول (C_2H_5OH) با بوتانوئیک اسید $(C_4H_8O_2)$، **اتیل بوتانوات** تولید می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۲): از اتیل بوتانوات برای تولید مواد و شوینده‌هایی با بوی **آناناس** استفاده می‌شود.

گزینهٔ (۳): فرمول ساختاری اتیل بوتانوات به شکل مقابل است:



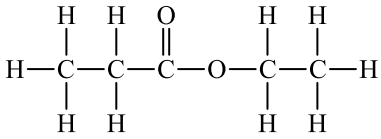
گزینهٔ (۴): در مولکول‌های آب، برخلاف اتیل بوتانوات، پیوند دوگانه وجود ندارد.

A ۱۳۹ **۴** متیل پروپانوات را از واکنش متانول با پروپانوئیک اسید تولید می‌کنند.

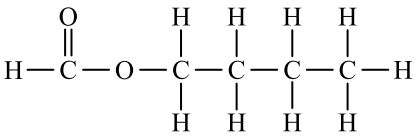
B ۱۴۰ ۲ در ساختار $(C_7H_{14}O_2)$ هفت اتم کربن وجود دارد پس در ساختار اسید و الکل سازندهٔ این استر باید در مجموع ۷ اتم کربن وجود داشته باشد. تعداد اتم‌های کربن در پنتانوئیک اسید برابر با ۵ و تعداد اتم‌های کربن در متانول برابر با یک است. با توجه به تعداد اتم‌های کربن، فرمول شیمیایی استر حاصل از این دو ترکیب به‌صورت $(C_6H_{12}O_2)$ است.

B ۱۴۱ ۳ ساختار استرهای موجود در موارد (الف) و (ب) به‌صورت درست رسم نشده است. شکل صحیح استرهای حاصل به‌صورت زیر است:

اتانول + پروپانوئیک اسید ← اتیل پروپانوات:



بوتانول + متانوئیک اسید ← بوتیل متانوات:



B ۱۴۲ ۴ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): تنها ساختاری که می‌توان برای این فرمول شیمیایی رسم کرد، ساختار متیل متانوات $(HCOOCH_3)$ است.

پرسش (ب): الکل سازندهٔ متیل متانوات، متانول است.

پرسش (پ): از آن‌جا که میان مولکول‌های استرها نیروی **وان‌درواسی** برقرار است اما میان مولکول‌های کربوکسیلیک اسیدها **پیوند هیدروژنی** وجود دارد و قدرت پیوند هیدروژنی بیشتر از نیروی وان‌درواسی است، نقطهٔ جوش اتانوئیک اسید از متیل متانوات بیشتر است.

B ۱۴۳ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): برای ترکیبی با فرمول شیمیایی $C_3H_6O_2$ دو ترکیب استری با نام‌های متیل اتانوات (CH_3COOCH_3) و اتیل متانوات $(HCOOC_2H_5)$ می‌توان متصور شد.

عبارت (ت): الکل سازندهٔ متیل بوتانوات، متانول است که در ساختار آن ۵ پیوند اشتراکی وجود دارد.

B ۱۴۴ ۳ از آن‌جا که در مولکول استرها اتم‌های هیدروژن متصل به یکی از اتم‌های F، O و یا N وجود ندارد، میان مولکول‌های ترکیب‌های استری **پیوند هیدروژنی** برقرار نمی‌شود و نیروی بین مولکولی در آن‌ها از نوع نیروی **وان‌درواسی** است. در کربوکسیلیک اسیدها، به خاطر وجود اتم‌های هیدروژن متصل به اکسیژن، پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود و به خاطر قدرت بیشتر این نوع پیوند نسبت به نیروی وان‌درواسی، نقطهٔ جوش اتانوئیک اسید بالاتر از متیل متانوات است.

A ۱۴۵ ۱ معادلهٔ نوشتاری واکنش تولید استرها به‌صورت زیر است:

آب + استر → کربوکسیلیک اسید + الکل

$$?\,mol\ \text{آب} = 0/1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید} \times \frac{1\,mol\ \text{آب}}{1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید}} = 0/1\,mol\ \text{آب}$$

$$?\,mol\ \text{استر} = 0/1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید} \times \frac{1\,mol\ \text{استر}}{1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید}} = 0/1\,mol\ \text{استر}$$

A ۱۴۶ ۲ معادلهٔ نمادی واکنش تولید متیل اتانوات به‌صورت زیر است:

$$CH_3COOH + CH_3OH \rightarrow CH_3COOCH_3 + H_2O$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,g\ \text{متیل اتانوات} = 30\,g\ \text{اتانوئیک اسید} \times \frac{1\,mol\ \text{اتانوئیک اسید}}{60\,g\ \text{اتانوئیک اسید}} \times \frac{1\,mol\ \text{متیل اتانوات}}{1\,mol\ \text{اتانوئیک اسید}} \times \frac{74\,g\ \text{متیل اتانوات}}{1\,mol\ \text{متیل اتانوات}} = 37\,g\ \text{متیل اتانوات}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانوئیک اسید}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم متیل اتانوات}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{30}{1 \times 60} = \frac{m}{1 \times 74} \Rightarrow m = 37\,g\ \text{متیل اتانوات}$$

B ۱۴۷ ۳ با توجه به قانون پایستگی جرم، مجموع جرم متانوئیک اسید و پروپانول برابر خواهد شد با مجموع جرم فراورده‌های واکنش که عبارتند از آب و پروپیل متانوات. با محاسبهٔ جرم الکل، می‌توان مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها را به‌دست آورد:

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,g\ \text{پروپانول} = 69\,g\ \text{متانوئیک اسید} \times \frac{1\,mol\ \text{متانوئیک اسید}}{46\,g\ \text{متانوئیک اسید}} \times \frac{1\,mol\ \text{پروپانول}}{1\,mol\ \text{متانوئیک اسید}} \times \frac{60\,g\ \text{پروپانول}}{1\,mol\ \text{پروپانول}} = 90\,g\ \text{پروپانول}$$

جرم واکنش‌دهنده‌ها = جرم پروپانول + جرم متانوئیک اسید $= 90 + 69 = 159\,g$

طی این واکنش ۱۵۹ گرم از واکنش‌دهنده‌ها (متانوئیک اسید و پروپانول) با هم واکنش می‌دهند و ۱۵۹ گرم فراورده را تولید می‌کنند.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم متانوئیک اسید}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم پروپانول}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{69}{1 \times 46} = \frac{m}{1 \times 60} \Rightarrow m = 90\,g\ \text{پروپانول}$$

۱۴۸ B ۲ واکنش تولید اتیل بوتانوات به‌صورت روبه‌رو است: $C_2H_5OH+C_3H_7COOH \rightarrow C_3H_7COOC_2H_5+H_2O$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\text{اتیل بوتانوات } ?g = \text{۵۵g اسید بوتانوئیک} \times \frac{\text{۱ mol اسید بوتانوئیک}}{\text{۸۸g اسید بوتانوئیک}} \times \frac{\text{۱ mol اتیل بوتانوات}}{\text{۱ mol اسید بوتانوئیک}} \times \frac{\text{۱۱۶g اتیل بوتانوات}}{\text{۱ mol اتیل بوتانوات}} = \text{۷۲/۵g اتیل بوتانوات}$$

$$\text{مقدار عملی فراورده} = \frac{\text{بازده درصدی (R)}}{\text{۱۰۰}} \times \text{مقدار نظری فراورده} \Rightarrow \frac{\text{۸۰}}{\text{۱۰۰}} \times \text{۷۲/۵g} = \text{۵۸g اتیل بوتانوات}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم بوتانوئیک اسید} \times \frac{\text{بازدهٔ درصدی (R)}}{\text{۱۰۰}}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اتیل بوتانوات}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\text{۵۵g} \times \frac{\text{۸۰}}{\text{۱۰۰}}}{\text{۱} \times \text{۸۸}} = \frac{m}{\text{۱} \times \text{۱۱۶}} \Rightarrow m = \text{۵۸g اتیل بوتانوات}$$

۱۴۹ B ۳ واکنش تولید متیل اتانوات به شکل روبه‌رو است: $CH_3OH+CH_3COOH \rightarrow CH_3COOCH_3+H_2O$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\text{متیل اتانوات } ?g = \text{۴۲g اتانوئیک اسید ناخالص} \times \frac{\text{۳۰g اتانوئیک اسید}}{\text{۱۰۰g اتانوئیک اسید ناخالص}} \times \frac{\text{۱ mol اتانوئیک اسید}}{\text{۶۰g اتانوئیک اسید}} \times \frac{\text{۱ mol متیل اتانوات}}{\text{۱ mol اتانوئیک اسید}} \times \frac{\text{۷۴g متیل اتانوات}}{\text{۱ mol متیل اتانوات}} = \text{۱۵/۵۴g}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتانوئیک اسید} \times \frac{\text{درصد خلوص}}{\text{۱۰۰}}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم متیل اتانوات}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\text{۴۲g} \times \frac{\text{۳۰}}{\text{۱۰۰}}}{\text{۱} \times \text{۶۰}} = \frac{m}{\text{۱} \times \text{۷۴}} \Rightarrow m = \text{۱۵/۵۴g متیل اتانوات}$$

۱۵۰ C ۳ معادلهٔ تولید پروپیل اتانوات به‌صورت روبه‌رو است: $C_3H_7OH+CH_3COOH \rightarrow CH_3COOC_3H_7+H_2O$

$$\text{پروپیل اتانوات } ?g = \text{۴۸g پروپانول ناخالص} \times \frac{\text{۷۰g پروپانول}}{\text{۱۰۰g پروپانول ناخالص}} \times \frac{\text{۱ mol پروپانول}}{\text{۶۰g پروپانول}} \times \frac{\text{۱ mol پروپیل اتانوات}}{\text{۱ mol پروپانول}} \times \frac{\text{۱۰۲g پروپیل اتانوات}}{\text{۱ mol پروپیل اتانوات}}$$

$$\times \frac{\text{۱۰۰g پروپیل اتانوات ناخالص}}{\text{۴۰g پروپیل اتانوات}} = \text{۱۴۲/۸g پروپیل اتانوات ناخالص}$$

۱۵۱ B ۴ متانوئیک اسید طبق واکنش روبه‌رو، با بوتانول واکنش می‌دهد: $HCOOH+C_4H_9OH \rightarrow HCOOC_4H_9+H_2O$

$$\text{بوتیل متانوات } ?g = \text{۱۱/۵g متانوئیک اسید ناخالص} \times \frac{\text{۶۰g متانوئیک اسید}}{\text{۱۰۰g متانوئیک اسید ناخالص}} \times \frac{\text{۱mol متانوئیک اسید}}{\text{۴۶g متانوئیک اسید}} \times \frac{\text{۱mol بوتیل متانوات}}{\text{۱mol متانوئیک اسید}}$$

$$\times \frac{\text{۱۰۲g بوتیل متانوات}}{\text{۱ mol بوتیل متانوات}} = \text{۱۵/۳g بوتیل متانوات}$$

$$\text{مقدار عملی} = \frac{\text{بازدهٔ درصدی (R)}}{\text{۱۰۰}} \times \text{مقدار نظری} \Rightarrow \text{مقدار عملی} = \frac{\text{۲۰}}{\text{۱۰۰}} \times \text{۱۵/۳g} = \text{۳/۰۶g بوتیل متانوات}$$

۱۵۲ C ۴ در واکنش تولید مواد **استری** از الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها، ضریب مولی تمام مواد شرکت‌کننده در واکنش برابر با **یک** است. با توجه به برابر بودن ضریب‌ها، می‌توان گفت که تعداد مول‌های استر تولید شده برابر با تعداد مول‌های آب تولید شده است.

$$?\,mol\ H_2O = \text{۱۶g } H_2O \times \frac{\text{۱ mol } H_2O}{\text{۱۸g } H_2O} = \frac{\text{۸}}{\text{۹}}\ mol\ H_2O$$

$$\text{جرم مولی استر} = \frac{\text{جرم استر تولید شده}}{\text{تعداد مول‌های استر تولید شده}} \Rightarrow \text{جرم مولی استر} = \frac{\text{۱۲۸}}{\frac{\text{۸}}{\text{۹}}} = \text{۱۴۴g.mol}^{-1}$$

واکنش تولید استر مورد نظر به شکل روبه‌رو است: **آب + استر ← کربوکسیلیک اسید + بوتانول**

طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها باید برابر با مجموع جرم فراورده‌ها باشد.

جرم مولی آب + جرم مولی استر = جرم مولی کربوکسیلیک اسید + جرم مولی بوتانول

$$\text{۷۴g.mol}^{-1} + x\text{g.mol}^{-1} = \text{۱۴۴g.mol}^{-1} + \text{۱۸g.mol}^{-1} \Rightarrow x = \text{۸۸g.mol}^{-1}$$

جرم مولی بوتانوئیک اسید برابر با ۸۸g.mol^{-1} است.

۱۵۳ B ۱ واکنش پروپانول و پروپانوئیک اسید به شکل روبه‌رو است: $C_3H_7OH+C_2H_5COOH \rightarrow C_2H_5COOC_3H_7+H_2O$

از میان فراورده‌های این واکنش، **آب** یک **مادهٔ معدنی** است. اگر n مول پروپانول با n مول پروپانوئیک اسید وارد واکنش شوند، n مول پروپیل پروپانوات و n مول آب تولید می‌شود.

$$\text{درصد جرمی آب} = \frac{\text{جرم آب تولید شده}}{\text{جرم کل فراورده‌ها}} \times \text{۱۰۰} \Rightarrow \text{درصد جرمی آب} = \frac{\text{۱۸n}}{\text{۱۸n+۱۱۶n}} \times \text{۱۰۰} \simeq \text{٪۱۳/۴۳}$$

۱۵۴ C **۴** کربوکسیلیک اسید مورد نظر به‌طور کامل با اتانول واکنش داده، پس تعداد مول‌های این اسید با تعداد مول‌های اتانول برابر بوده است.

$$?\,mol\ \text{اتانول} = 2/3g\ \text{اتانول} \times \frac{1\,mol\ \text{اتانول}}{46g\ \text{اتانول}} = 0/05mol\ \text{اتانول}$$

$$\text{جرم مولی کربوکسیلیک اسید} = \frac{\text{جرم کربوکسیلیک اسید}}{\text{تعداد مول کربوکسیلیک اسید}} = \frac{5/1g\ \text{اسید}}{0/05mol\ \text{اسید}} = 102g.mol^{-1}$$

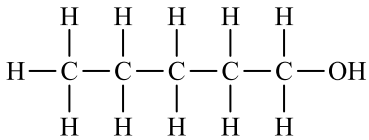
جرم مولی کربوکسیلیک اسید مورد نظر برابر با $102g.mol^{-1}$ است و فرمول عمومی این دسته از مواد به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است. با کمک جرم مولی ترکیب، می‌توان مقدار n را پیدا کرد.

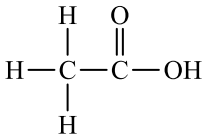
$$\text{جرم مولی کربوکسیلیک اسید} = (\text{جرم مولی کربن} \times n) + (\text{جرم مولی هیدروژن} \times 2n) + (\text{جرم مولی اکسیژن} \times 2) \Rightarrow 102 = (12 \times n) + (1 \times 2n) + (2 \times 16) \Rightarrow n = 5$$

با توجه به مقدار n، کربوکسیلیک اسید مورد نظر پنتانوئیک است و استر حاصل از واکنش این اسید با اتانول، اتیل پنتانوات خواهد بود.

۱۵۵ B **۱** فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): اسید سازندهٔ عامل ایجادکنندهٔ طعم موز، اتانوئیک اسید است که در ساختار آن ۸ پیوند اشتراکی وجود دارد. ساختار الکل و اسید سازندهٔ عامل بوی موز به شکل زیر است:

الکل: 

اسید: 

عبارت (ب): ساختار الکل و اسید سازندهٔ عامل بوی انگور به شکل زیر است:

الکل: CH_3-CH_2-OH اسید: $CH_3(CH_2)_5COOH$

عبارت (پ): از **متانول** برای تولید این استر استفاده می‌شود که **ساده‌ترین الکل** موجود در طبیعت است.

عبارت (ت): ساختار الکل و اسید سازندهٔ عامل بو و طعم سیب به شکل زیر است:

الکل: CH_3OH اسید: $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$

۱۵۶ B **۱** با توجه به این‌که بازدهٔ درصدی واکنش ۸۰ درصد است، می‌توان نتیجه گرفت که فقط ۸۰ درصد واکنش‌دهنده‌ها در واکنش شرکت می‌کنند، بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ C_7H_{14}O_2 = 1\,mol\ CH_3COOH \times \frac{80}{100} \times \frac{1\,mol\ C_7H_{14}O_2}{1\,mol\ CH_3COOH} \times \frac{130g\ C_7H_{14}O_2}{1\,mol\ C_7H_{14}O_2} = 104g\ C_7H_{14}O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{CH_3COOH\ \text{مول} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{C_7H_{14}O_2\ \text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1 \times \frac{80}{100}}{1} = \frac{x}{130 \times 1} \Rightarrow x = 104g$$

۱۵۷ B **۲** ابتدا مقدار نظری جرم آب تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ H_2O = 5mol\ C_2H_5OH \times \frac{1\,mol\ H_2O}{1\,mol\ C_2H_5OH} \times \frac{18g\ H_2O}{1\,mol\ H_2O} = 90g\ H_2O\ \text{مقدار نظری}$$

اکنون می‌توانیم بازدهٔ درصدی واکنش را محاسبه کنیم:

$$\text{بازدهٔ درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{72}{90} \times 100 = \%80$$

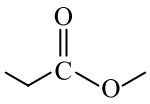
برای محاسبهٔ بازدهٔ درصدی واکنش می‌توان از روش تناسب نیز استفاده کرد:

$$\frac{C_2H_5OH\ \text{مول} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{5 \times \frac{R}{100}}{1} = \frac{72}{18 \times 1} \Rightarrow R = \frac{72 \times 20}{18} = \%80$$

در ادامه به محاسبهٔ جرم استر تولید شده می‌پردازیم:

$$?\,g\ C_4H_8O_2 = 72g\ H_2O \times \frac{1\,mol\ H_2O}{18g\ H_2O} \times \frac{1\,mol\ C_4H_8O_2}{1\,mol\ H_2O} \times \frac{88g\ C_4H_8O_2}{1\,mol\ C_4H_8O_2} = 352g$$

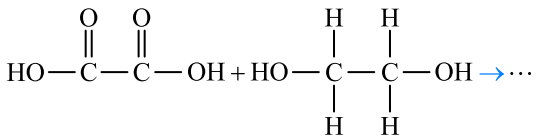
۱۵۸ A **۳** فقط ساختار ترکیب سوم نادرست است. نام صحیح ترکیب سوم، متیل بوتانوات است. فرمول نقطه - خط متیل پروپانوات به‌صورت روبه‌رو است.



A ۱۵۹ ۴

۱۷ کلاس درس واکنش تولید پلی‌استر

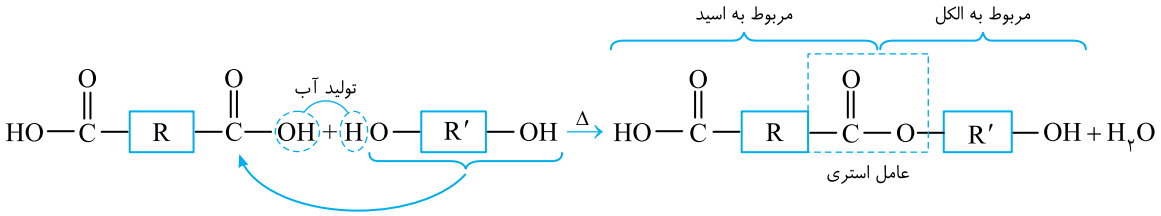
چه تفاوتی میان واکنش تولید استر و پلی‌استر وجود دارد؟ ساختار پلی‌استر حاصل از واکنش زیر به چه صورت است؟



واکنش تولید پلی‌استر

۱- یک پلی‌استر، از واکنش یک **کربوکسیلیک اسید دوعاملی**، با یک **الکل دوعاملی** در شرایط مناسب تولید می‌شود. واکنش اسید دوعاملی با الکل دوعاملی در واقع همان واکنش استری شدن است، با این تفاوت که این واکنش، به‌صورت زنجیروار **تکرار** می‌شود. برای درک بهتر، مراحل این واکنش را در ادامه توضیح خواهیم داد.

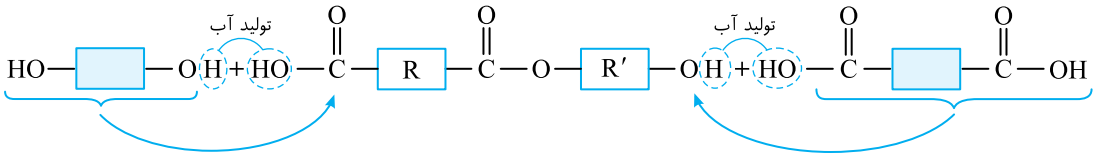
۲- در مرحلهٔ اول، یک عامل از کربوکسیلیک اسید (کربوکسیل) با یک عامل الکلی (هیدروکسیل) ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کنند. در زیر الگویی از واکنش استری شدن بین یک اسید و الکل دوعاملی را مشاهده می‌کنید:



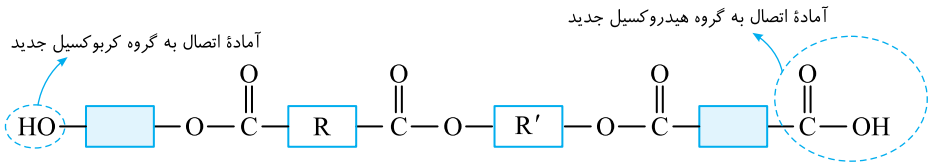
نکته

در ساختار فراوردهٔ این واکنش، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد، بنابراین استر حاصل می‌تواند از یک سو (گروه OH —) با یک عامل اسیدی (کربوکسیل) و از طرف دیگر (گروه COOH —) با یک عامل الکلی (هیدروکسیل) واکنش دهد. یعنی واکنش استری شدن همچنان می‌تواند ادامه پیدا کند.

۳- در مرحلهٔ بعدی یک الکل دوعاملی و یک کربوکسیلیک اسید دوعاملی دیگر با استر تولید شده در مرحلهٔ اول واکنش می‌دهند.

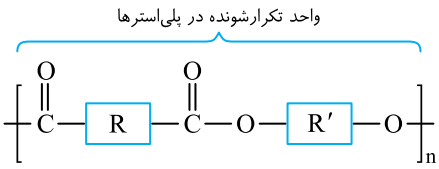


در این واکنش علاوه بر تولید **دو مول آب**، یک **استر سه‌عاملی** نیز تولید می‌شود که در زیر فراورده‌های این واکنش را مشاهده می‌کنید:



همان‌طور که در این ساختار مشخص است همچنان یک گروه کربوکسیل و یک گروه هیدروکسیل در دو سر این ترکیب وجود دارد و این یعنی این‌که باز هم می‌توان یک الکل دوعاملی و یک اسید دوعاملی را به این ساختار متصل کرد.

۴- با ادامهٔ این روند مولکول‌های بیشتری واکنش داده و در نهایت مولکول‌هایی با زنجیر بلند که شامل شمار زیادی عامل استری است، تشکیل می‌شود که **پلی‌استر** نام دارد. الگوی زیر فرمول کلی پلی‌استر تولید شده را نشان می‌دهد:



نکته

یکی از موضوعات مهم در واکنش تولید پلی‌استر، تعداد مول آب تولید شده در این واکنش است. حقیقت این است که در پلیمرها تعداد مونومرهای سازنده یک پلیمر بسیار زیاد است و نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص کرد که چند مول آب آزاد می‌شود، در واقع تعداد مول آب آزاد شده وابسته به مکانیزم انجام واکنش است که در کتاب درسی به آن نپرداخته است، اما:

الف) اگر تعداد مونومرها محدود بود باید توجه داشت که در مرحلهٔ اول (واکنش یک دی‌الکل با یک دی‌اسید) فقط یک مولکول آب آزاد می‌شود درحالی که در مراحل بعدی، در هر مرحله دو مولکول آب آزاد خواهد شد، به‌عنوان مثال، اگر ۴ مولکول دی‌اسید و ۴ مولکول دی‌الکل داشته باشیم، در کل ۷ مولکول آب آزاد می‌شود.

ب) اگر تعداد مونومرها زیاد باشد (n مولکول دی‌اسید و n مولکول دی‌الکل داشته باشیم)، قرارداد می‌کنیم که ضریب آب را ۲n در نظر بگیریم.

توجه پلیمرهایی که تاکنون با آن‌ها آشنا شدیم، هر کدام دارای یک نوع مونومر بودند، مثلاً مونومر پلی‌پروپن، مولکول پروپن است، در حالی‌که در پلی‌استرها در واقع **دو نوع مونومر داریم** که همان کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی و الکل‌های دوعاملی هستند.

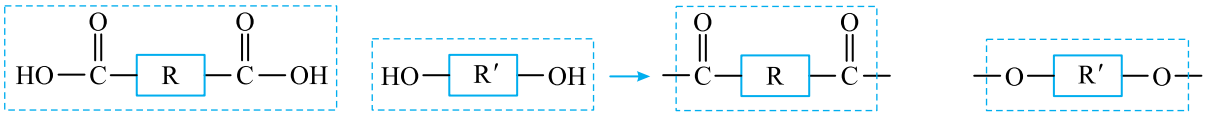
۵- رفتار و ویژگی‌های مواد به **ساختار** آن‌ها بستگی دارد، بنابراین با استفاده از اسیدها و الکل‌های دوعاملی گوناگون پلی‌استرهایی با ویژگی‌های **متفاوت** می‌توان تهیه کرد.

رسم ساختار پلی‌استر با استفاده از اسید و الکل سازندهٔ آن

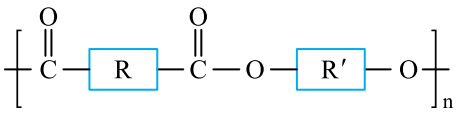
اگر ساختار اسید و الکل سازندهٔ پلی‌استر را داشته باشیم، برای **رسیدن به ساختار پلی‌استر** به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱- ابتدا کربوکسیلیک اسید دوعاملی و سپس الکل دوعاملی را کنار هم می‌نویسیم (از چپ به راست).

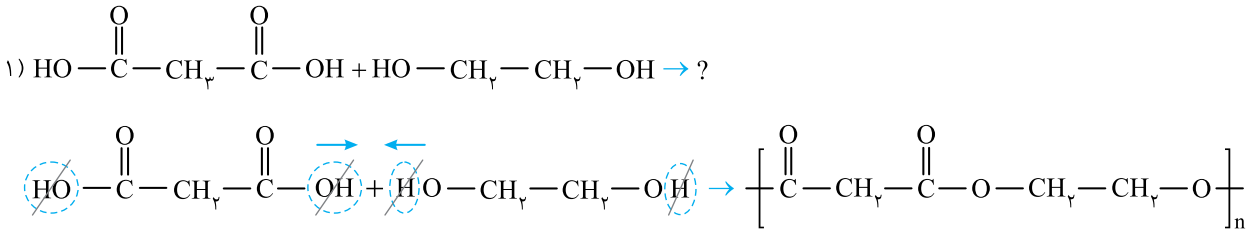
۲- از اسید دوعاملی، هر دو گروه OH و از الکل دوعاملی دو اتم هیدروژن را جدا می‌کنیم:

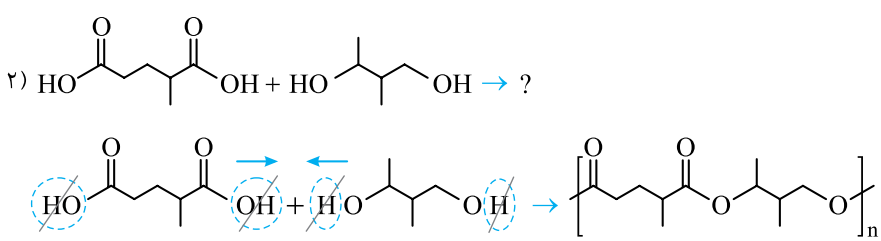


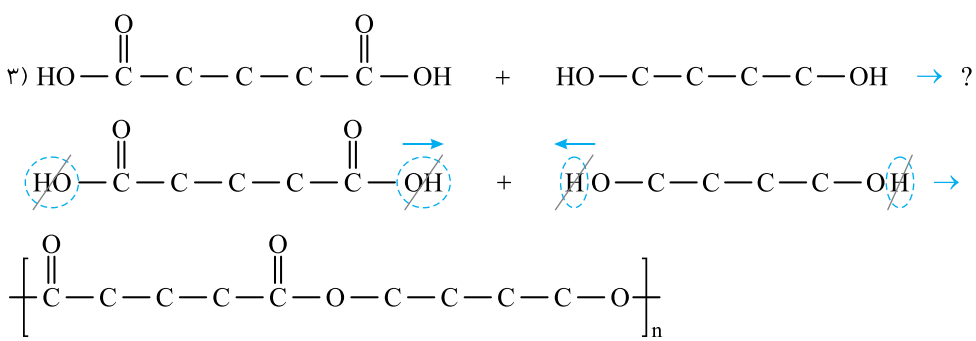
۳- سپس این دو گروه را به هم نزدیک کرده و با پیوند یگانه (C—O)، به هم می‌چسبانیم و پلی‌استر به‌دست آمده را داخل نماد $[\ \ ]_n$ قرار می‌دهیم:



به مثال‌های زیر توجه کنید:

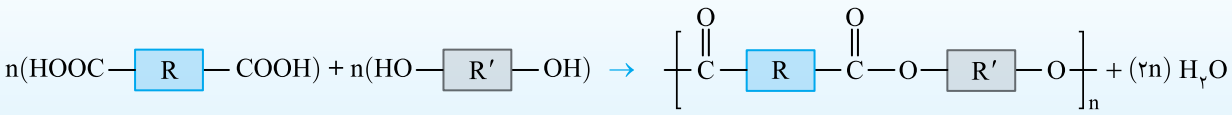




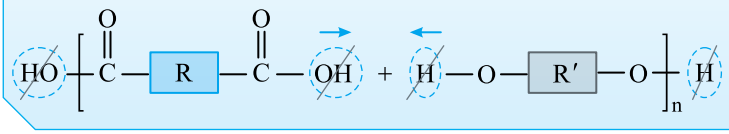


جمع‌بندی کلاس درس ۱۷

واکنش تولید پلی‌استر:



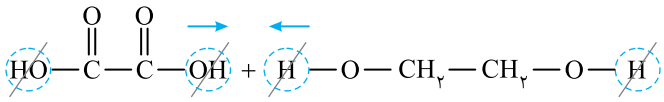
روش رسم ساختار پلی‌استر:



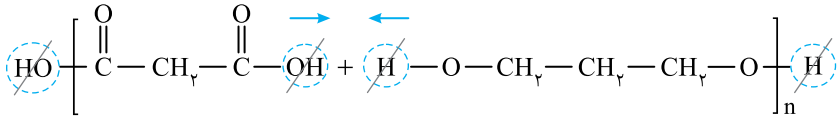
برای ایجاد پلی‌استرها، باید به واکنش‌دهنده‌های واکنش، **گرما** داد.

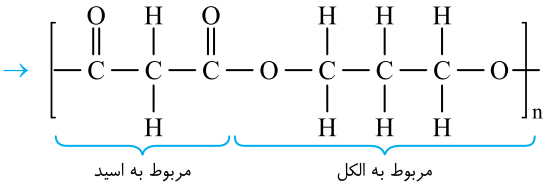
A ۱۶۰ ۲ واکنش‌دهنده‌های واکنش تولید پلی‌استرها، **الکل‌های دوعاملی** و **کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی** هستند پس در ساختار مولکول‌های اسیدی یا الکلی شرکت‌کننده در این واکنش، به‌ترتیب، باید ۲ گروه عاملی اسیدی و ۲ گروه عاملی الکلی وجود داشته باشد. از واکنش میان الکل‌ها و اسیدهای شرکت‌کننده در این واکنش، گروه عاملی **استری** با ساختار $(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-)$ در میان مولکول‌ها ایجاد می‌شود.

B ۱۶۱ ۳

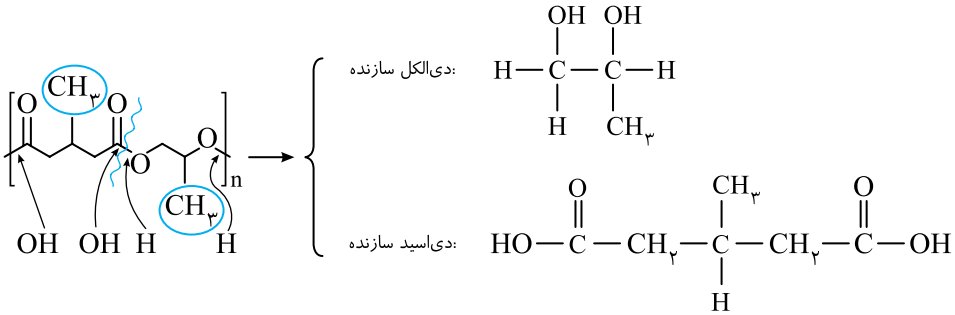


B ۱۶۲ ۴ به نحوهٔ رسم ساختار پلی‌استر توجه کنید:





B ۱۶۳ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. ابتدا مونومرهای سازندهٔ این پلی‌استر را به‌دست می‌آوریم:

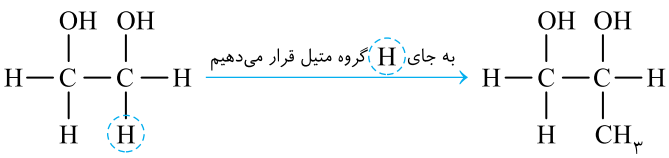


بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): فرمول مولکولی دی‌اسید سازندهٔ پلی‌استر داده شده، $(C_6H_{10}O_4)$ است که در ساختار آن ۲۱ پیوند اشتراکی وجود دارد.

توجه فرمول مولکولی دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر داده شده، $(C_3H_8O_2)$ است.

عبارت (ب): فرمول ساختاری اتیلن گلیکول به‌صورت زیر است:



عبارت (پ): تفاوت جرم مولی دی‌اسید و دی‌الکل سازنده این پلی‌استر برابر ۷۰ گرم است:

$$(C_6H_{10}O_4)-(C_3H_8O_2)=3C+2H+2O=(3\times12)+(2\times1)+(2\times16)=70$$

عبارت (ت): در ساختار واحد تکرارشونده این پلی‌استر دو شاخهٔ فرعی متیل $(-CH_3)$ و دو پیوند دوگانه وجود دارد.

B ۱۶۴ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

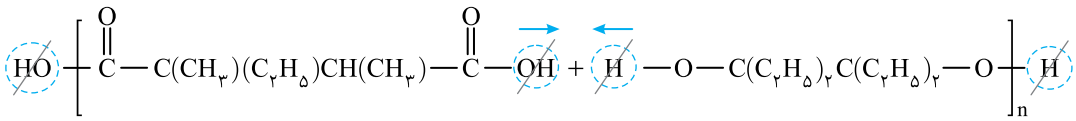
عبارت (الف): در واکنش یک دی‌الکل و یک دی‌اسید (مرحلهٔ اول واکنش پلی‌استری شدن) فقط یک مولکول آب آزاد می‌شود و در مرحله بعدی که دی‌الکل و دی‌اسید دوم به ساختار اضافه می‌شوند، دو مولکول آب آزاد خواهد شد. بنابراین در کل ۳ مولکول آب آزاد می‌شود.

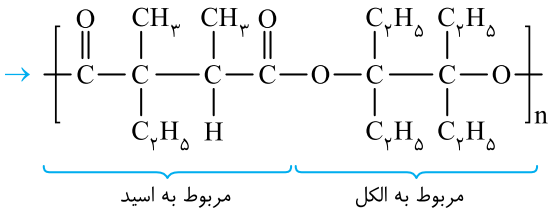
عبارت (پ): با استفاده از اسیدها و الکل‌های گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار متفاوت ایجاد می‌شوند.

عبارت (ت): اگر ۴ مونومر (۲ مولکول دی‌الکل و ۲ مولکول دی‌اسید) در واکنش تولید پلی‌استرها شرکت کنند، ۳ عامل استری ایجاد می‌شود.

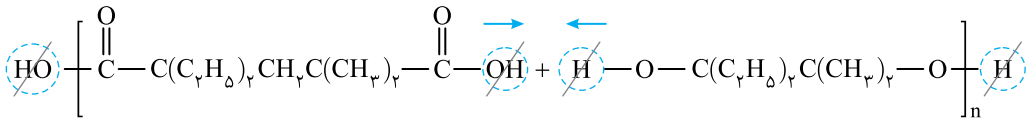
B ۱۶۵ ۲ موارد (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی سایر موارد:**

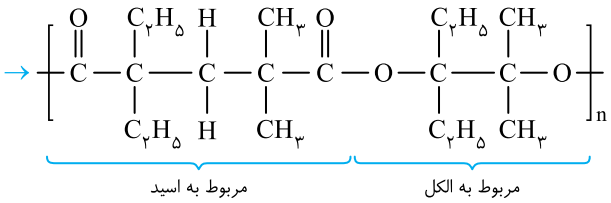
مورد (پ):





مورد (ت):





A ۱۶۶ ۲

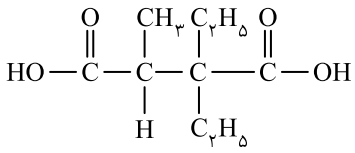
دی‌اسید اول + دی‌الکل اول → ساختار A + H_2O

دی‌اسید دوم + ساختار A + دی‌الکل دوم → ساختار B + $2H_2O$

دی‌اسید سوم + ساختار B + دی‌الکل سوم → ساختار C + $2H_2O$

در این واکنش در مجموع ۵ مولکول آب آزاد می‌شود که می‌توان گفت ۱۰ اتم هیدروژن از ساختار اسیدها و الکل‌ها جدا می‌شود. در ضمن در ساختار A یک گروه استری، در ساختار B سه گروه استری و در ساختار نهایی C، ۵ گروه استری وجود دارد.

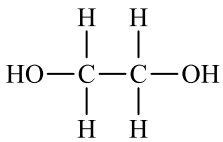
B ۱۶۷ ۲ اگر تعداد کل مونومرهای سازندهٔ این پلی‌استر برابر با n باشد، $\frac{n}{2}$ از این مونومرها را مولکول‌های اسید دوعاملی تشکیل می‌دهند که در هر کدام از آن‌ها ۲ گروه اتیل $(-C_2H_5)$ وجود دارد و ساختار آن‌ها به شکل روبه‌رو است:



تعداد گروه‌های اتیل = تعداد مونومرهای اسیدی × تعداد گروه اتیل در هر مولکول اسید $= \frac{n}{2} \times 2 = n$

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): ساختار الکل دوعاملی سازندهٔ این پلیمر به شکل مقابل است:



فرمول شیمیایی این الکل به‌صورت $(C_2H_6O_2)$ و جرم مولی آن $62g.mol^{-1}$ است.

گزینهٔ (۳): اگر تعداد کل مونومرهای سازندهٔ این ترکیب برابر با n باشد، $\frac{n}{2}$ مولکول اسید دوعاملی در ساختار این ماده وجود دارد که در هر کدام از آن‌ها ۲ پیوند دوگانه وجود دارد.

گزینهٔ (۴): فرمول شیمیایی اسید دوعاملی به‌صورت $C_9H_{16}O_4$ و جرم مولی آن برابر با $188g.mol^{-1}$ است.

C ۱۶۸ ۱ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (ب): واکنش تولید **پلی‌استرها** در نبود **کاتالیزگر** هم قابل انجام است.

عبارت (پ): در صورتی که n مول دی‌اسید و n مول دی‌الکل با هم ترکیب شوند، 2n مول مولکول آب حاصل می‌شود که جرمی معادل با 36n گرم دارد.

عبارت (ت): برای به‌دست آوردن فرمول شیمیایی پلی‌استر حاصل، باید اتم‌های موجود در مونومرها را با هم جمع کنیم و پس از آن به اندازهٔ ۴ اتم H و ۲ اتم O از آن کم کنیم که در این صورت فرمول مولکولی پلی‌استر به شکل $(C_{16}H_{28}O_4)$ درمی‌آید.

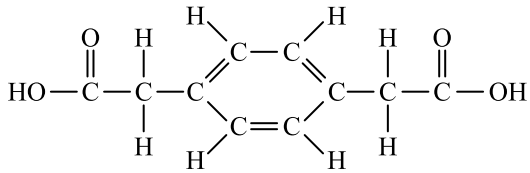
B ۱۶۹ ۴ برای به‌دست آوردن فرمول شیمیایی **واحد تکرارشونده** یک پلی‌استر، باید تعداد اتم‌های هر عنصر در فرمول شیمیایی **اسید** و **الکل** را با هم جمع کرد و از فرمول شیمیایی حاصل ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن را کم کرد. فرمول شیمیایی اسید دوعاملی موجود در صورت سؤال، $(C_5H_8O_4)$ است و فرمول شیمیایی واحد تکرار شوندهٔ پلی‌استر هم به‌صورت $(C_{13}H_{22}O_4)$ است. اگر فرمول شیمیایی الکل دوعاملی به‌صورت $C_xH_yO_z$ باشد، داریم:

تعداد کربن‌های الکل = تعداد کربن‌های واحد تکرارشونده − تعداد کربن‌های اسید $\Rightarrow 13=x+5 \Rightarrow x=8$

تعداد هیدروژن‌های الکل = تعداد هیدروژن‌های واحد تکرارشونده − تعداد هیدروژن‌های اسید + ۴ $\Rightarrow 22=y+8-4 \Rightarrow y=18$

تعداد اکسیژن‌های الکل = تعداد اکسیژن‌های واحد تکرارشونده − تعداد اکسیژن‌های اسید + ۲ $\Rightarrow 4=z+4-2 \Rightarrow z=2$

B ۱۷۰ ۱ از آن‌جا که در ساختار این پلی‌استر اتم‌های هیدروژن متصل به اکسیژن، فلوئور و یا نیتروژن وجود ندارد، میان مولکول‌های این ماده **پیوند هیدروژنی** برقرار نمی‌شود و نیروی بین مولکولی غالب میان مولکول‌های این پلی‌استر از نوع **نیروی وان‌درواسی** است. ساختار اسید سازندهٔ این پلی‌استر به شکل زیر است:



فرمول شیمیایی این اسید دوعاملی به‌صورت $(C_{10}H_{10}O_4)$ است.

B ۱۷۱ ۲ می‌دانیم تفاوت جرم پلی‌استر با مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها برابر جرم آب آزاد شده است. اگر دو مول دی‌اسید با دو مول دی‌الکل واکنش دهند، ۳ مول آب آزاد می‌شود:

$$3\,mol\,H_2O \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 54\,g\,H_2O$$

مجموع جرم واکنش‌دهنده نیز برابر ۳۰۴ گرم است:

$$2\underbrace{C_3H_4O_4}_{\text{دی‌اسید}} + 2\underbrace{CH_4O_2}_{\text{دی‌الکل}} = 208+96 = 304\,g$$

حال می‌توانیم جرم پلی‌استر را به‌دست آوریم:

جرم پلی‌استر = مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها − جرم آب $\Rightarrow$ جرم پلی‌استر $= 304-54 = 250\,g$

B ۱۷۲ ۱ با توجه به فرمول ساختاری دی‌اسید $(C_3H_4O_4)$ و دی‌الکل $(C_2H_6O_2)$، می‌توان گفت که از واکنش n مول از این دی‌اسید با n مول از این دی‌الکل، پلی‌استر $(C_5H_6O_4)_n$ تولید می‌شود. بنابراین داریم:

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,g\,B_{\text{الکل}} = 13\,g\,A_{\text{اسید}} \times \frac{1\,mol\,A_{\text{اسید}}}{104\,g\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{n\,mol\,B_{\text{الکل}}}{n\,mol\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{62\,g\,B_{\text{الکل}}}{1\,mol\,B_{\text{الکل}}} = 7/75\,g\,B_{\text{الکل}}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید A}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم الکل B}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{13}{n \times 104} = \frac{m}{n \times 62} \Rightarrow m = 7/75\,g$$

C ۱۷۳ ۱ ابتدا فرمول مولکولی و جرم مولی پلی‌استر را به‌دست می‌آوریم:

$$\underbrace{C_5H_8O_4}_{\text{دی‌اسید A}} + \underbrace{C_3H_8O_2}_{\text{دی‌الکل B}} \xrightarrow{\text{مجموع شمار اتم‌ها}} C_8H_{16}O_6 \xrightarrow[\text{کم می‌کنیم}]{\text{۲ گروه OH و ۲ اتم H}} \underbrace{C_8H_{12}O_4}_{\text{فرمول واحد تکرارشونده}}$$

بنابراین فرمول مولکولی پلی‌استر $(C_8H_{12}O_4)_n$ و جرم مولی آن ۱۷۲n می‌باشد، بنابراین داریم:

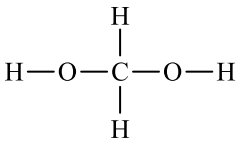
$$?\,g_{\text{پلی‌استر}} = 115/5\,g\,A_{\text{اسید}} \times \frac{1\,mol\,A_{\text{اسید}}}{132\,g\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{1\,mol_{\text{پلی‌استر}}}{n\,mol\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{172n\,g_{\text{پلی‌استر}}}{1\,mol_{\text{پلی‌استر}}} = 150/5\,g_{\text{پلی‌استر}}$$

$$?\,g\,B_{\text{الکل}} = 115/5\,g\,A_{\text{اسید}} \times \frac{1\,mol\,A_{\text{اسید}}}{132\,g\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{n\,mol\,B_{\text{الکل}}}{n\,mol\,A_{\text{اسید}}} \times \frac{76\,g\,B_{\text{الکل}}}{1\,mol\,B_{\text{الکل}}} = 66/5\,g\,B_{\text{الکل}}$$

B ۱۷۴ ۴ **پاسخ درست پرسش‌ها:**

پرسش (الف): عنصرهای هیدروژن، کربن و اکسیژن در ساخت **پلی‌استرها** شرکت دارند.

پرسش (ب): ساختار مولکولی ساده‌ترین الکل دوعاملی به شکل روبه‌رو است:



فرمول شیمیایی این الکل به‌صورت (CH_4O_2) و جرم مولی آن $48\,g.mol^{-1}$ است.

پرسش (پ): تعداد کربن‌های پلی‌استر، **برابر** مجموع تعداد کربن‌های دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر است.

۱۷۵ C **۴** ابتدا فرمول مولکولی و جرم مولی پلی‌استر را به‌دست می‌آوریم:

$$\underbrace{C_4H_6O_4}_{\text{اسید A}} + \underbrace{C_2H_6O_2}_{\text{الکل B}} \xrightarrow{\text{مجموع شمار اتم‌های هر عنصر}} C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{H کم می‌کنیم}]{\text{۲ گروه OH و ۲ اتم}} \underbrace{C_6H_8O_4}_{\text{فرمول واحد تکرارشونده}}$$

بنابراین فرمول مولکولی پلی‌استر $(C_6H_8O_4)_n$ و جرم مولی آن ۱۴۴n می‌باشد، بنابراین در قدم اول، جرم الکل مورد نیاز برای تولید ۷۲ گرم از پلی‌استر را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{الکل B} = 72g\ \text{پلی‌استر} \times \frac{1\,mol\ \text{پلی استر}}{144n\ g\ \text{پلی‌استر}} \times \frac{n\ mol\ B\ \text{الکل}}{1\,mol\ \text{پلی‌استر}} \times \frac{62g\ B\ \text{الکل}}{1\,mol\ B\ \text{الکل}} = 31\,g\ B\ \text{الکل}$$

برای تولید این مقدار از پلی‌استر، به ۳۱ گرم الکل خالص نیاز است. به کمک جرم الکل خالص، می‌توان درصد خلوص الکل مصرف شده را به‌دست آورد.

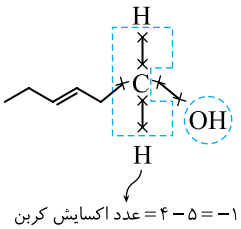
$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم الکل خالص}}{\text{جرم الکل ناخالص}} \times 100 = \frac{31}{62} \times 100 = 50\%$$

۱۷۶ B **۱** ترکیب (آ) یک الکل یک‌عاملی و ترکیب (ب) یک کتون است. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): ترکیب (آ) دارای H متصل به اکسیژن است، بنابراین می‌تواند با مولکول‌های خود و مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی تشکیل دهد.

گزینهٔ (۲): با توجه به ساختار روبه‌رو، عدد اکسایش کربن متصل به اکسیژن در ساختار (آ) برابر (−۱) و در ساختار (ب) برابر (+۲) است.

گزینهٔ (۳): مونومرهای استفاده شده در تهیهٔ پلی‌استر، الکل دوعاملی (دی‌الکل) و اسیدهای دوعاملی (دی‌اسید) هستند. بنابراین از ترکیب (آ) که یک الکل یک‌عاملی است، نمی‌توان برای تهیهٔ پلی‌استرها استفاده کرد.



گزینهٔ (۴): فرمول مولکولی ترکیب (آ) به‌صورت $(C_6H_{11}OH)$ است که دارای ۶ اتم کربن است و با تعداد اتم‌های کربن در حلقهٔ آروماتیک مولکول (ب) (که همان حلقهٔ بنزن است) برابر است.

۱۷۷ B **۴** ویتامین «آ» یک الکل یک‌عاملی بوده و در اثر واکنش با اتانوئیک اسید، به استر و آب تبدیل می‌شود:

$$\underbrace{C_{20}H_{30}O}_{\text{الکل (ویتامین آ)}} + \underbrace{C_2H_4O_2}_{\text{اسید (اتانوییک اسید)}} \rightarrow \underbrace{C_{22}H_{32}O_2}_{\text{استر}} + \underbrace{H_2O}_{\text{آب}}$$

بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): فراوردهٔ واکنش یک استر است. پلی‌استر از واکنش دی‌الکل با دی‌اسید تشکیل می‌شود.

گزینه‌های (۲) و (۳): ویتامین «آ» به دلیل داشتن H متصل به اکسیژن، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب را دارد، در حالی که استر حاصل، توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب را ندارد؛ به همین دلیل، انحلال‌پذیری ویتامین «آ» از استر تولید شده بیشتر است. البته می‌توان این گونه نیز گفت که تعداد کربن در استر حاصل بیشتر از تعداد کربن در ویتامین «آ» است، بنابراین خاصیت آب‌گریزی استر، بیشتر از ویتامین «آ» است.

گزینهٔ (۴): جرم فراوردهٔ آلی (استر) به دلیل خروج مولکول آب، کمتر از مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها است. در واقع جرم استر حاصل به اندازهٔ جرم مولی آب $(18g.mol^{-1})$ از مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.

۱۷۸ B **۳** در مولکول‌های هگزانول، همانند مولکول‌های بوتانول، گروه **هیدروکسیل** (OH —) وجود دارد و هر دو الکل مورد نظر از سمت همین گروه عاملی می‌توانند با مولکول‌های آب، **پیوند هیدروژنی** برقرار کنند.

۱۷۹ B **۲** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (ب): بو و طعم **آناناس**، ناشی از **اتیل بوتانوات** است که فرمول مولکولی آن به‌صورت $(C_6H_{12}O_2)$ است و درصد جرمی کربن در آن تقریباً برابر با ۶۲ درصد است.

عبارت (ت): در ویتامین «ث»، علاوه بر گروه عاملی هیدروکسیل، یک گروه عاملی استری هم وجود دارد اما در ویتامین «کا»، گروه عاملی هیدروکسیل دیده نمی‌شود و فقط دو گروه عاملی کربونیل وجود دارد.

۱۸۰ B **۴** استر موجود در **آناناس**، **اتیل بوتانوات** و استر موجود در **سیب**، **متیل بوتانوات** است. کربوکسیلیک اسید مورد نیاز برای تولید این دو استر، بوتانوئیک اسید است و برای تولید این استرها از H_2SO_4 به‌عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.

۱۸۱ B **۱** فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): طبق قانون پایستگی جرم، داریم: جرم الکل = جرم اسید + جرم آب + جرم استر

عبارت (ب): استر حاصل از واکنش اتانول با اتانوئیک اسید، یک استر ۴ کربنه به نام اتیل‌اتانوات با فرمول مولکولی $(C_4H_8O_2)$ است.

عبارت (ت): به ازای تولید هر مول ترکیب استری از اسید و الکل سازنده، یک مول آب تولید می‌شود.

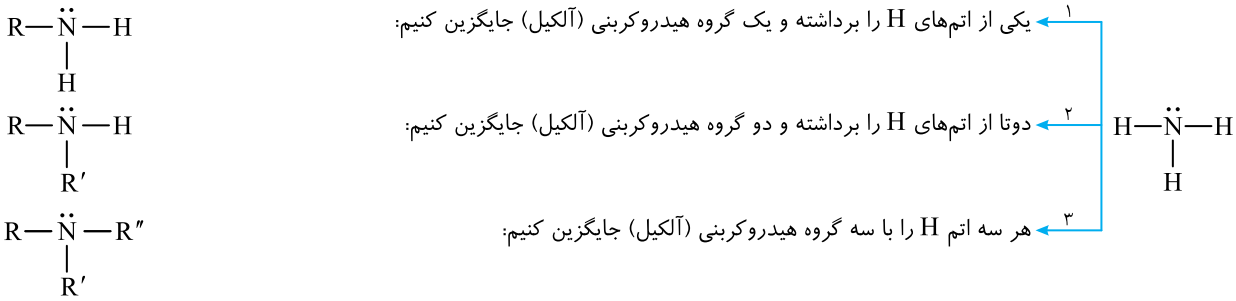
۱۸ کلاس درس آمین‌ها و آمیدها

کدام‌یک از ساختارهای زیر مربوط به یک آمین و کدام ساختار مربوط به یک آمید است؟

(الف) (ب)

آمین‌ها

۱- **آمین‌ها** ترکیب‌هایی هستند که در ساختار آن‌ها اتم‌های **نیتروژن** (N)، **کربن** (C) و **هیدروژن** (H) وجود دارد. برای تشکیل آمین کافی است هیدروژن یا هیدروژن‌های مولکول آمونیاک (NH_3) را با گروه‌های هیدروکربنی جایگزین کنیم. بنابراین سه نوع آمین خواهیم داشت:



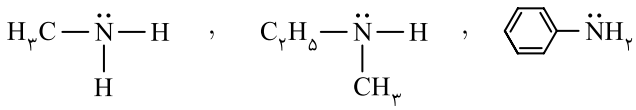
۲- بین مولکول‌های آمین با یک و دو گروه آلکیل (حالت‌های یک و دو) **پیوندهای هیدروژنی** تشکیل می‌شود. در ضمن مولکول‌های آمین، می‌توانند با مولکول‌های آب **پیوند قوی هیدروژنی** تشکیل دهند، که باعث می‌شود **انحلال‌پذیری زیادی** در آب داشته باشند، البته به شرط این‌که کربن‌های گروه آلکیل آن‌ها کم باشد.

۳- **گروه عاملی** آمین‌ها ($-\ddot{N}-$) است و فرمول عمومی آن‌ها به‌صورت ($R\ddot{N}H_2$ یا $R-\ddot{N}H-R'$ یا $R-\ddot{N}(R'')-R'$) است که در آن R، R′ و R″ گروه‌های آلکیل هستند.

۴- آمین‌ها همانند آمونیاک، ترکیب‌های **قطبی** هستند. علت قطبی بودن آمین‌ها وجود **زوج ناپیوندی** اتم نیتروژن است.

۵- **فرمول عمومی** آمین‌هایی که فقط یک گروه آلکیل ($-C_nH_{2n+1}$) در آن‌ها به اتم نیتروژن متصل است و سیرشده هستند، به‌صورت ($C_nH_{2n+1}NH_2$) یا ($C_nH_{2n+3}N$) می‌باشد.

۶- ساختارهای زیر همگی آمین هستند:



آشنایی با متیل آمین

۱- متیل آمین (CH_3NH_2) **ساده‌ترین آمین** است.

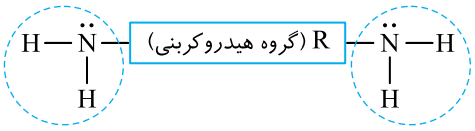
۲- ساختار لوویس، مدل گلوله - میله و مدل فضا پرکن متیل آمین به‌صورت زیر است:

توجه در ساختار لوویس متیل آمین، تنها **یک زوج ناپیوندی** وجود دارد. شمار پیوندها و شمار جفت الکترون‌های پیوندی، ۶ می‌باشد.

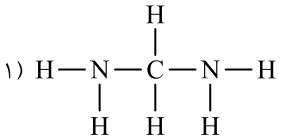
۳- وجود اتم **نیتروژن**، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی به آمین‌ها داده است. مثلاً **بوی بد ماهی** به دلیل **وجود متیل آمین** و برخی آمین‌های دیگر است.

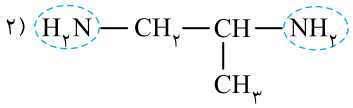
آمین‌های دوعاملی

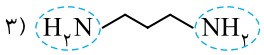
۱- می‌دانیم که گروه عاملی آمینی ($-NH_2$) می‌باشد. برخی از آمین‌ها در ساختار خود **دو گروه عاملی آمینی** دارند. فرم کلی این آمین‌ها به‌صورت مقابل است:



۲- در زیر فرمول ساختاری ساده‌ترین آمین دوعاملی (ساختار ۱) و دو آمین دوعاملی دیگر را مشاهده می‌کنید:

۱) 

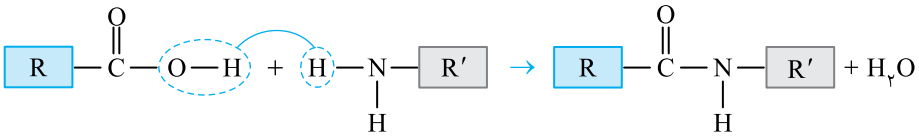
۲) 

۳) 

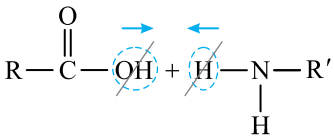
آمیدها

۱- **پلیمرهای طبیعی** زیادی شناسایی شده‌اند که در ساختار آن‌ها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما و همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند، نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند. در این دسته از پلیمرها **گروه عاملی آمید** $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{|}{N}-)$ در طول زنجیر کربنی تکرار شده است.

۲- عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به‌دست می‌آید:



بنابراین برای رسم ساختار آمید با استفاده از ساختار آمین و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ آن، کافی است گروه $(-OH)$ در کربوکسیلیک اسید و یکی از اتم‌های H در آمین را حذف و دو بخش باقی‌مانده را به هم متصل کنیم:

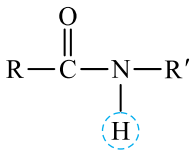


نکته

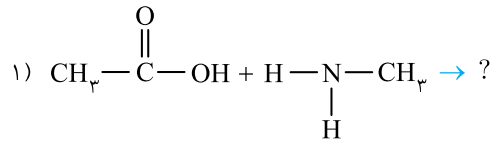
فرمول ساختاری آمیدها به‌طور کلی به‌صورت $(R_1-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{R_2}{\overset{|}{N}}-R_3)$ نمایش داده می‌شود. R_1، R_2 و R_3 می‌توانند هیدروژن یا گروه‌های هیدروکربنی (آلکیل) باشند.

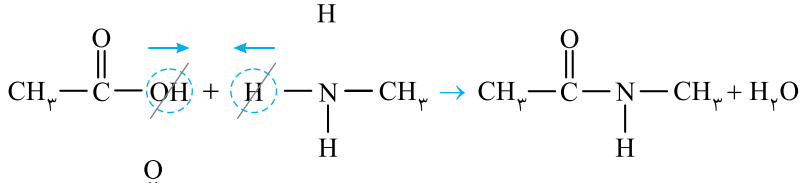
۳- **ساده‌ترین آمید** ساختاری به‌صورت $(H-\overset{\ddot{O}:}{\overset{\|}{C}}-\ddot{N}H_2)$ دارد.

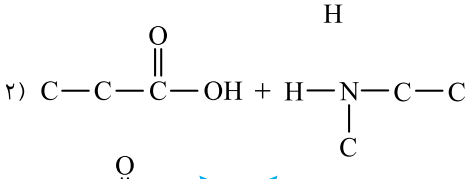
۴- آمیدهایی که دارای H متصل به N باشند، نیروی جاذبه بین مولکولی از نوع **پیوند هیدروژنی** تشکیل خواهند داد. بنابراین فرمول ساختاری آمیدهایی که **پیوند هیدروژنی دارند**، به‌طور کلی به‌صورت مقابل است:

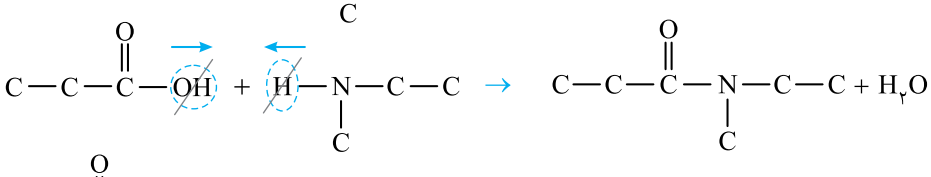


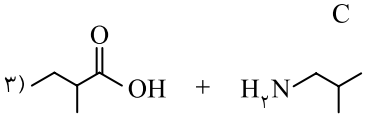
به مثال‌های زیر توجه کنید:

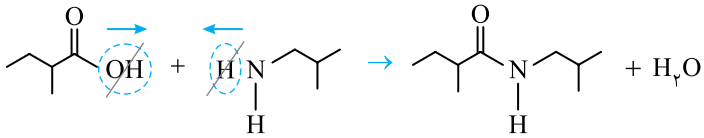
۱) 



۲) 

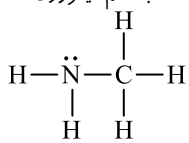


۳) 



در ساختار گروه عاملی آمینی یک اتم نیتروژن وجود دارد که از سه جهت می‌تواند به اتم‌های هیدروژن یا زنجیره‌های هیدروکربنی متصل باشد. در ساختار گروه عاملی آمیدی هم اتم کربنی وجود دارد که از یک طرف، با پیوند دوگانه به اکسیژن و از طرف دیگر با پیوند یگانه به اتم نیتروژن متصل است.

A ۱۸۳ ۲ ساختار لوویس متیل آمین به شکل مقابل است:



در این مولکول، یک جفت الکترون ناپیوندی و ۶ جفت الکترون پیوندی وجود دارد.

B ۱۸۴ ۲ در آمیدها گروه عاملی آمیدی به شکل $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N-)$ وجود دارد و در آمین‌ها گروه عاملی آمینی به شکل $(-\overset{|}{N}-)$ وجود دارد. توجه کنید که در گزینهٔ (۴) ترکیب سمت راست یک آمین و ترکیب سمت چپ یک آمید است.

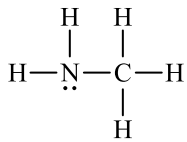
A ۱۸۵ ۲ برای تولید آمیدها، باید آمین‌ها را با کربوکسیلیک اسیدها واکنش داد که در این واکنش، یک مولکول آمیدی و یک مولکول آب تولید می‌شود.

B ۱۸۶ ۱ فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): آمین‌ها ترکیب‌های **آلی** هستند و در ساختار آن‌ها اتم‌های N، C و H وجود دارند.

عبارت (ب): ساده‌ترین آمین، متیل آمین است.

عبارت (پ): ترکیب نشان داده شده، متیل آمین است که ساختار لوویس آن به شکل مقابل است:



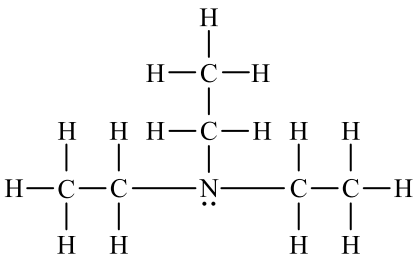
در ساختار این مولکول یک جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

B ۱۸۷ ۳ **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): فرمول مولکولی تری‌اتیل آمین به‌صورت $C_6H_{15}N$ است.

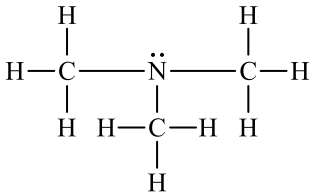
پرسش (ب): چون در مولکول‌های این آمین هیچ اتم هیدورژن متصل به عنصرهای F، O یا N وجود ندارد، امکان برقراری پیوند هیدروژنی میان این مولکول‌ها وجود ندارد.

پرسش (پ): با توجه به ساختار روبه‌رو، در هر یک از این مولکول‌ها ۲۱ پیوند اشتراکی وجود دارد.



C ۱۸۸ ۲ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

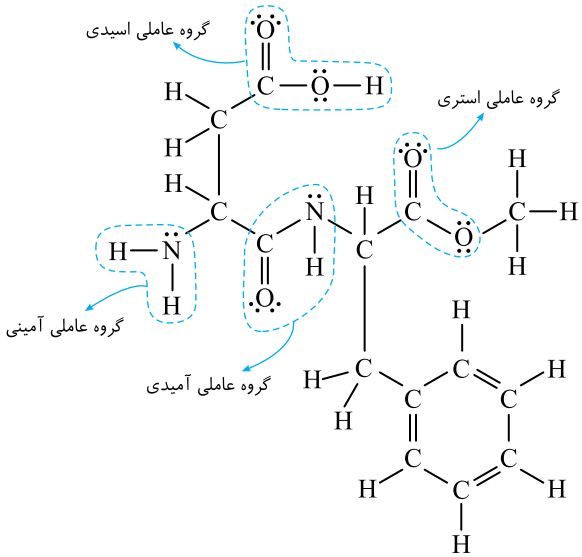
عبارت (الف): مو، ناخن و پوست بدن ما و همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی هستند که در ساختار آن‌ها گروه عاملی آمید $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N-)$ در طول زنجیر کربنی آن‌ها تکرار شده است.



عبارت (ب): گروه عاملی آمینی به‌صورت $(-\overset{|}{N}-)$ است که در ساختار آن فقط اتم نیتروژن وجود دارد.

عبارت (پ): در ساختار آسپارتام گروه عاملی استری، آمیدی، آمینی و اسیدی (کربوکسیل) وجود دارد.

عبارت (ت): فرمول مولکولی تری‌متیل آمین به‌صورت C_3H_9N و فرمول ساختاری این ترکیب به‌صورت مقابل است:



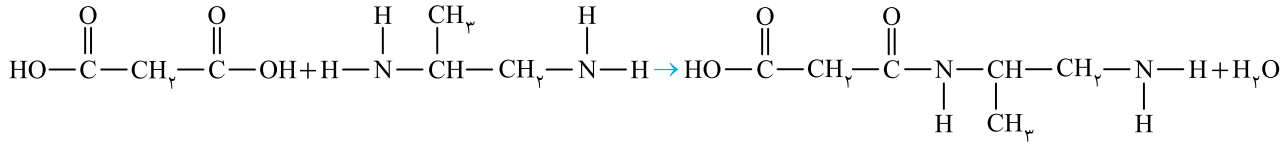
B ۱۸۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (ب): در ساختار نشان داده شده، گروه عاملی آمیدی وجود دارد.

عبارت (پ): بوی بد ماهی ناشی از وجود **متیل آمین** و برخی آمین‌های دیگر است و متیل آمین به تنهایی عامل ایجادکنندهٔ آن نیست.

B ۱۹۰ ۳ اگر ساختار آمین‌ها را مطابق شکل روبه‌رو در نظر بگیریم، برای این‌که یک مولکول آمین بتواند در واکنش تشکیل آمیدها شرکت کند، باید حداقل یکی از گروه‌های R، R′ و یا R″ اتم **هیدروژن** باشند.

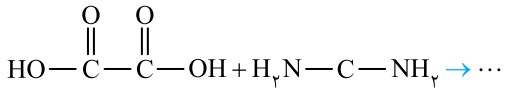
B ۱۹۱ ۳ واکنش مورد نظر به شکل زیر خواهد بود:



A ۱۹۲ ۳

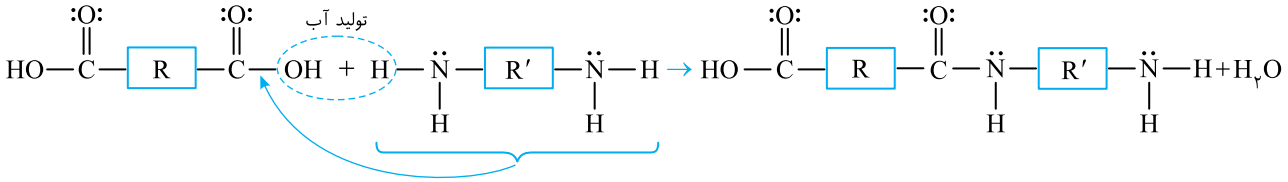
۱۹ کلاس درس واکنش تولید پلی‌آمید

واکنش تهیهٔ آمید چه تفاوتی با واکنش تهیهٔ پلی‌آمید دارد؟ ساختار پلی‌آمید حاصل از واکنش زیر به چه صورت است؟

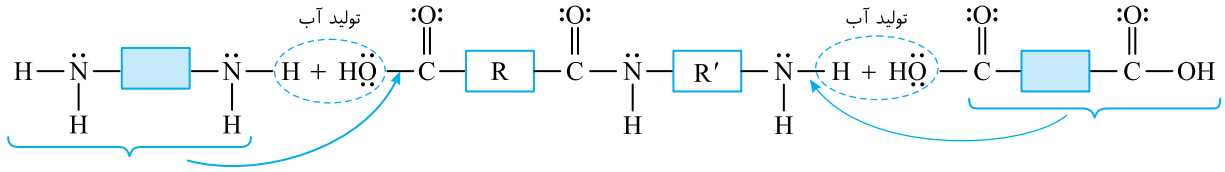


تولید پلی‌آمید

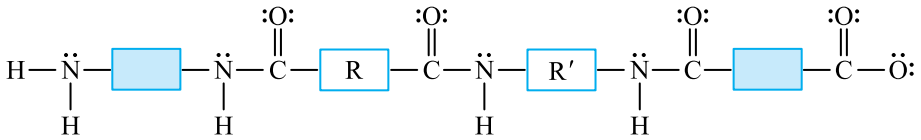
۱- واکنش تولید **پلی‌آمید**، مانند واکنش تولید پلی‌استر است، با این **تفاوت** که به جای گروه عاملی الکل، گروه عاملی **آمین** با عامل کربوکسیلیک اسید یعنی گروه کربوکسیل (COOH—) واکنش می‌دهد. به بیان دیگر ترکیب یک **آمین دوعاملی** (دی‌آمین) با **یک اسید دوعاملی** (دی‌اسید) تولید پلی‌آمید می‌کند.
در زیر الگویی از واکنش تشکیل پیوند آمیدی را مشاهده می‌کنید:



۲- در ساختار فراوردهٔ آمیدی بالا، همچنان گروه آمینی (NH_2—) و گروه اسیدی (COOH—) وجود دارد، بنابراین این ترکیب می‌تواند از سمت گروه (NH_2—) با یک اسید دوعاملی و از سمت گروه (COOH—) با یک آمین دوعاملی دیگر واکنش دهد، به واکنش زیر توجه نمایید:

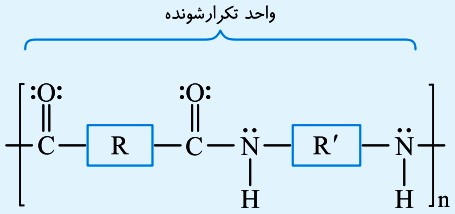


در این مرحله پس از آزاد شدن آب ترکیب آمیدی جدیدی به‌دست می‌آید که باز هم توانایی واکنش با اسید دوعاملی و آمین دوعاملی را دارد. با ادامهٔ واکنش بالا، **پیوندهای آمیدی بیشتری تشکیل شده** و در نهایت پلی‌آمید تولید می‌شود.
در زیر ساختار جدید تشکیل شده را مشاهده می‌کنید:



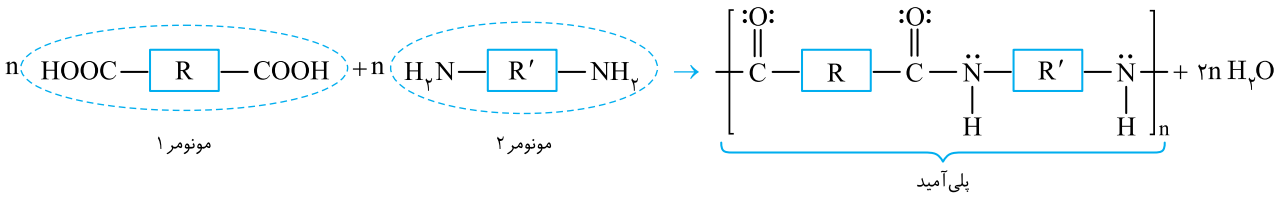
نکته

فرم کلی پلی‌آمید به‌صورت روبه‌رو است:



در ضمن می‌توان گفت که **مونومرها** در واکنش تولید پلی‌آمید، **کربوکسیلیک اسید دوعاملی** و **آمین دوعاملی** هستند، بنابراین **این واکنش دو مونومر دارد**.

۳- **واکنش کلی** تولید پلی‌آمید را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:



توجه اگر تعداد مونومرها خیلی زیاد باشد، ضریب H_2O در واکنش تولید پلی‌آمید، وابسته به مکانیزم انجام واکنش است که در کتاب درسی بحثی در مورد آن نشده است، فقط اگر n مول دی‌اسید با n مول دی‌آمین واکنش دهد، ضریب آب را ۲n در نظر بگیرید.

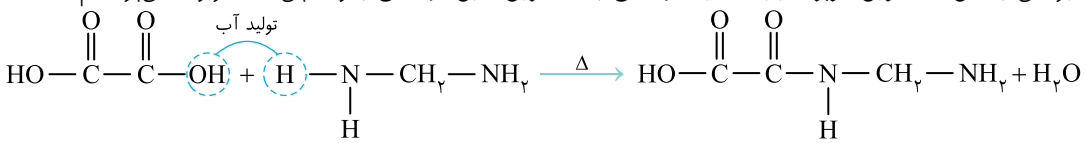
۴- برای تشخیص تعداد مول آب تولید شده، اگر تعداد مونومرها محدود باشد، می‌گوییم در مرحلهٔ اول (واکنش اولین دی‌آمین با اولین دی‌اسید) **فقط یک مولکول** H_2O تولید شده و یک ساختار آمیدی تشکیل می‌شود، در حالی که در مراحل بعدی، در هر مرحله از واکنش ساختار آمیدی تشکیل شده با آمین و اسید دوعاملی جدید، **دو مولکول** H_2O تولید می‌شود، به‌عنوان مثال اگر ۲ مولکول دی‌آمین با ۲ مولکول دی‌اسید واکنش دهد، داریم:

مرحله (۱): دی‌آمین اول + دی‌اسید اول → ساختار آمیدی A + H_2O

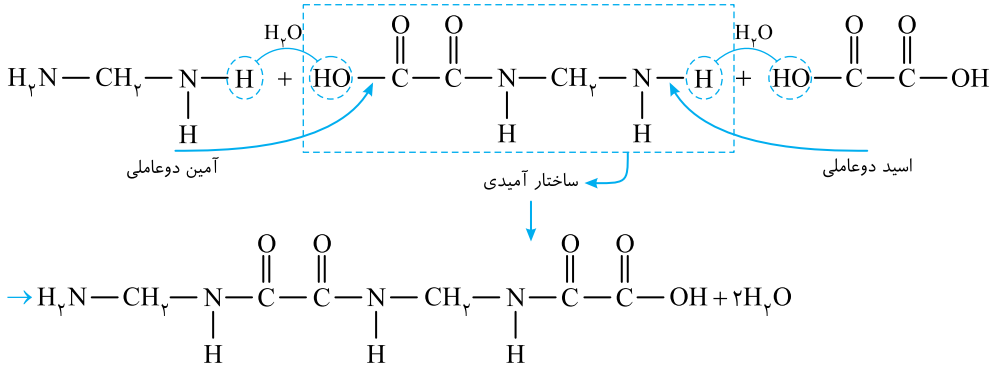
مرحله (۲): دی‌آمین دوم + ساختار A + دی‌اسید دوم → ساختار آمیدی B + $2H_2O$

بنابراین در کل ۳ مولکول آب تولید می‌شود.

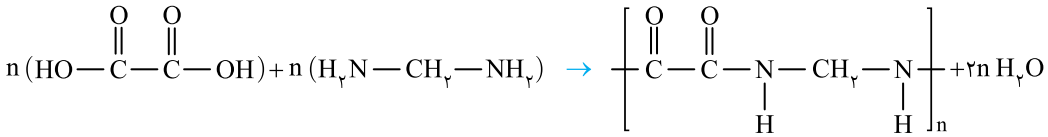
۵- در زیر به بررسی واکنش **ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید دوعاملی** و **ساده‌ترین آمین دوعاملی** و تولید پلی‌آمید مربوطه می‌پردازیم:



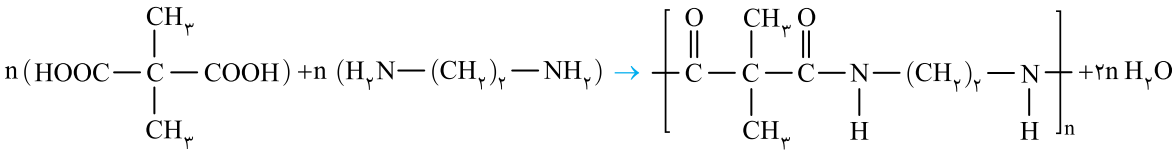
حال ساختار آمیدی به وجود آمده، توانایی واکنش با یک اسید دوعاملی و آمین دوعاملی را دارد:



در ساختار آمیدی جدید، دو گروه آمیدی وجود دارد و این ساختار همچنان قابلیت واکنش با یک اسید دوعاملی دیگر و یک آمین دوعاملی دیگر را دارد. با ادامهٔ این واکنش به ساختار یک **پلی‌آمید** خواهیم رسید:



۶- به مثال زیر توجه کنید:



کولار، یک پلی‌آمید ساختگی

۱- پلی‌آمیدهای **ساختگی** را در صنایع **پتروشیمی** از واکنش **دی‌آمین‌ها با دی‌اسیدها** تولید می‌کنند. **کولار** یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدها است.

۲- کولار دارای ویژگی‌ها و کاربردهایی است که در زیر اشاره‌ای به آن‌ها خواهیم داشت:

الف) این پلیمر از فولاد هم‌جرم خود **پنج برابر مقاوم‌تر** است.

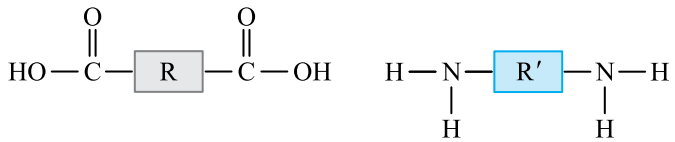
ب) از کولار در **تهیهٔ تایر اتومبیل**، **قایق بادبانی**، **لباس‌های مخصوص** مسابقهٔ موتورسواری و **جلیقه‌های ضدگلوله** استفاده می‌شود.

پ) پوشاک دوخته شده از کولار **سبک و بسیار محکم بوده** و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. این پلیمر تاکنون میلیون‌ها انسان را از حوادث گوناگون نجات داده است.

روش نوشتن ساختار پلی‌آمید با استفاده از اسید و آمین دوعاملی

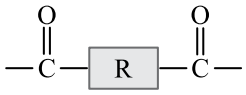
برای **نوشتن فرم ساختاری** یک پلی‌آمید با استفاده از کربوکسیلیک اسید دوعاملی و آمین دوعاملی سازندهٔ آن به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱- ابتدا فرمول ساختاری کربوکسیلیک اسید دوعاملی و آمین دوعاملی را **در کنار هم** می‌نویسیم:

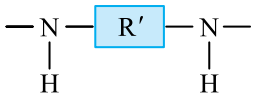


توجه حتماً هر دو گروه $(-NH_2)$ موجود در آمین را به‌صورت $(-\underset{H}{N}-H)$ و هر دو گروه $(-COOH)$ موجود در اسید دوعاملی را به‌صورت $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ نمایش دهید. به بیان دیگر فرم ساختاری این دو گروه را بنویسید.

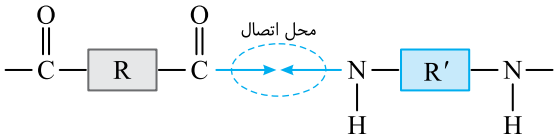
۲- در مرحلهٔ بعد **هر دو گروه OH** موجود در $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ را از اسید دوعاملی **جدا کرده و حذف کنید**.



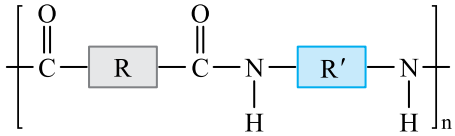
۳- سپس از **هر دو گروه** $(-NH_2)$ موجود در ساختار آمین دوعاملی، H موجود در راستای زنجیر اصلی $(-\underset{H}{N}-H)$ را **حذف کنید**:



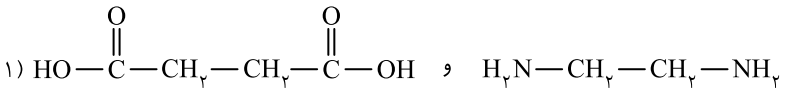
۴- پس از این تغییرات، ساختارهای به‌دست آمده که در کنار هم و در یک ردیف قرار دارند را **به هم متصل** می‌کنیم:

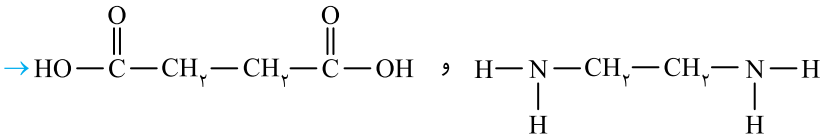


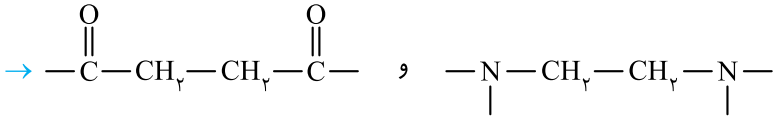
۵- در مرحلهٔ آخر ساختار به‌دست آمده را داخل نماد $[\quad]_n$ یا $(\quad)_n$ قرار می‌دهیم تا ساختار پلی‌آمید مربوطه به‌دست آید:

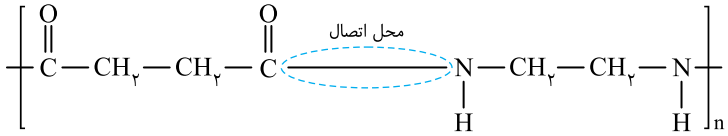


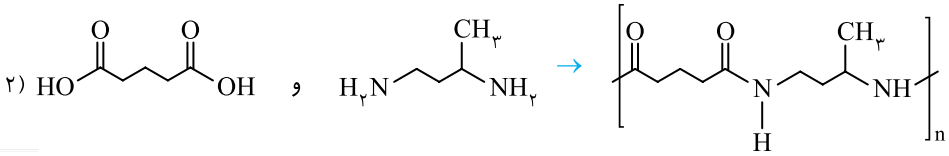
به‌عنوان مثال، ساختار کلی پلی‌آمید حاصل از واکنش اسید دوعاملی و آمین دوعاملی داده شده را رسم می‌کنیم:

۱)  و

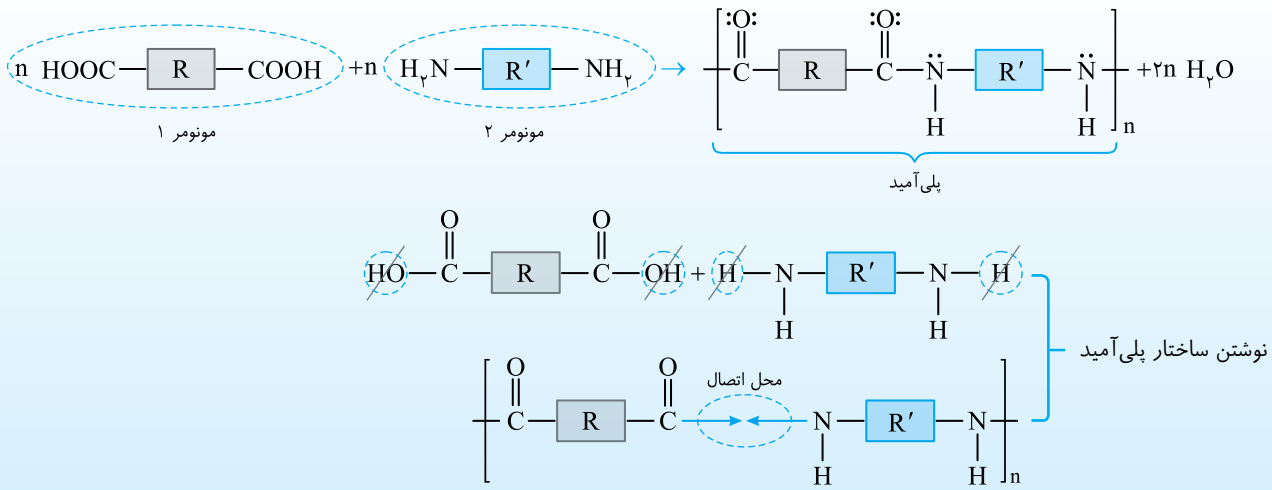
→  و

→  و

→ 

۲) 

جمع‌بندی کلاس درس ۱۹



طی واکنش تولید **پلی‌آمیدها**، مولکول‌های **اسـید دوعاملی** با مولکول‌های **آمین دوعاملی**، با دادن گرما وارد واکنش می‌شـوند و پلی‌آمیدها را تولید می‌کنند که شبیه به واکنش تولید **پلی‌استرها** است.

۱۹۳ B **۱** برای رسـم سـاختار پلی‌آمید حاصل از واکنش یک دی‌اسـید و یک دی‌آمین کافی است یکی از اتم‌های H گروه عاملی آمینی $(-NH_2)$ و OH موجود در گروه عاملی اسیدی $(-COOH)$ را حذف کرده و در انتها، قسمت‌های باقی‌مانده را به هم متصل کنیم.

بررسی گزینهٔ (۳): پلی‌آمیدهای **طبیعی** در مو، ناخن، شاخ حیوانات و ... وجود دارند. از پلی‌آمیدهای **مصنوعی** هم می‌توان به کولار اشاره کرد.

۱۹۴ B **۴** از **کولار**، برای ساخت قایق‌های بادبانی و جلیقه‌های ضد گلوله استفاده می‌شود. این ماده پنج برابر از فولاد **هم‌جرم** خود مقاوم‌تر است.

۱۹۵ A **۳** اگر ۴ مولکول آمین دوعاملی با ۴ مولکول اسید دوعاملی وارد واکنش شوند، در مرحلهٔ اول (واکنش یک آمین با یک اسید) یک گروه آمیدی و یک مولکول آب تولید می‌شود، درحالی که در مراحل بعدی در هر مرحله دو گروه آمیدی و دو مولکول آب آزاد خواهد شد، یعنی در مجموع ۷ گروه آمیدی و ۷ مولکول آب تولید خواهد شد.

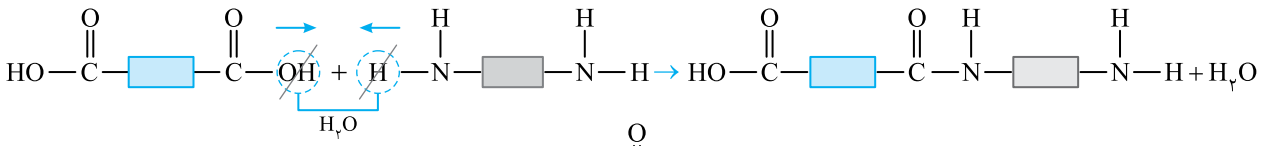
۱۹۶ B **۴** ساده‌ترین آمین، **متیل آمین** است که فرمول مولکولی آن به‌صورت (CH_3NH_2) است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): از **کولار**، در تهیهٔ **تایر اتومبیل‌ها** استفاده می‌شود و این ترکیب ۵ برابر از فولاد هم‌جرم خود **مقاوم‌تر** است.

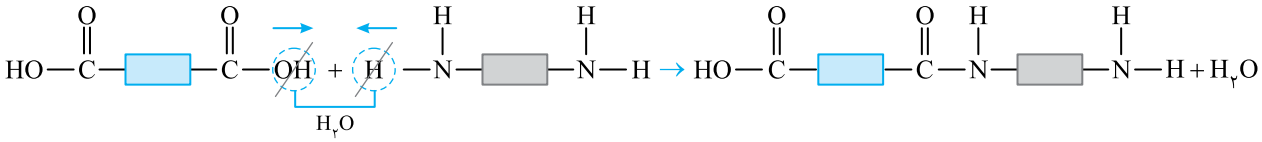
گزینهٔ (۲): لباس‌های دوخته شده از کولار **سبک** هستند.

گزینهٔ (۳): در ساختار ترکیب‌های آمیدی، علاوه بر کربن، اکسیژن و نیتروژن، اتم‌های هیدروژن هم وجود دارند.

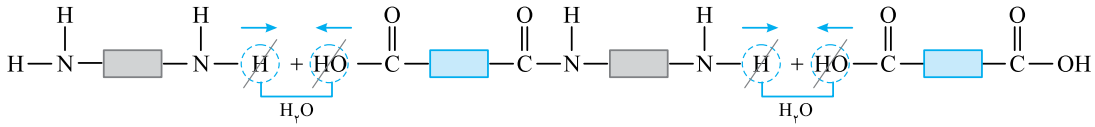
۱۹۷ A **۳**

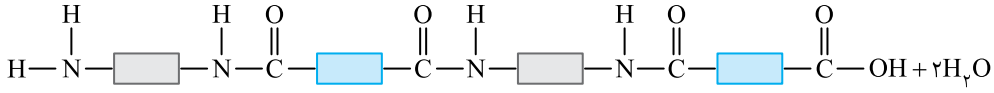


۱۹۸ A **۲** با انجام شدن این واکنش، ۳ گروه **آمیدی** با ساختار $(-C(=O)-N(H)-)$ ایجاد می‌شود و مونومرهای اسیدی و آمینی به‌صورت یکی در میان پشت سر هم قرار می‌گیرند. واکنش اولین دی‌آمین با اولین دی‌اسید به‌صورت زیر است:

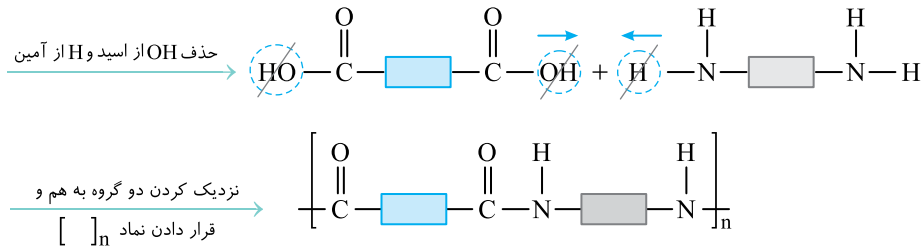


در مرحلهٔ بعدی دی‌آمین و دی‌اسید دوم، با ساختار آمیدی تولید شده واکنش می‌دهند:





A ۱۹۹ ۴ به مراحل رسم ساختار پلی‌آمید دقت نمایید:



A ۲۰۰ ۲

H_2O + ساختار A با یک گروه آمیدی ← اسید دوعاملی اول + آمین دوعاملی اول

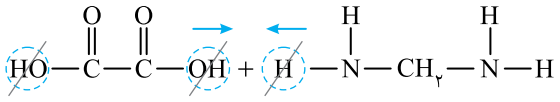
$2H_2O$ + ساختار B با سه گروه آمیدی ← اسید دوعاملی دوم + ساختار A + آمین دوعاملی دوم

$2H_2O$ + ساختار C با پنج گروه آمیدی ← اسید دوعاملی سوم + ساختار B + آمین دوعاملی سوم

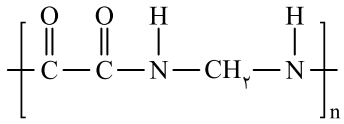
بنابراین در کل ۵ گروه آمیدی تشکیل و ۵ مولکول آب و ۱۰ اتم هیدروژن آزاد می‌شود.

B ۲۰۱ ۲ به مراحل رسم ساختار پلی‌آمید مطرح شده، توجه نمایید:

ابتدا دو گروه OH اسید و دو اتم H از آمین را حذف می‌کنیم.

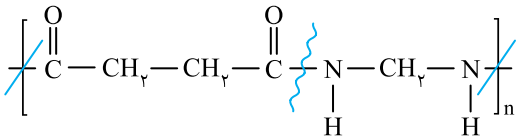


سپس دو بخش باقی‌مانده را به هم متصل کرده و داخل نماد [ ]n می‌گذاریم:

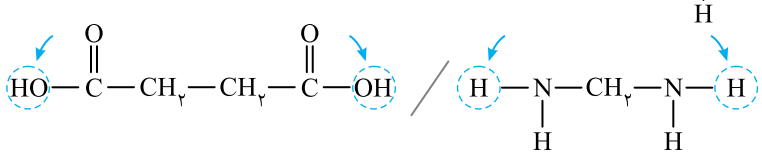


B ۲۰۲ ۱ برای تشخیص اسید و آمین سازندهٔ یک پلی‌آمید، دقیقاً برعکس واکنش تولید پلی‌آمید عمل می‌کنیم:

ابتدا نماد [ ]n را حذف کرده و پیوند C—N (C—N) را می‌شکنیم:

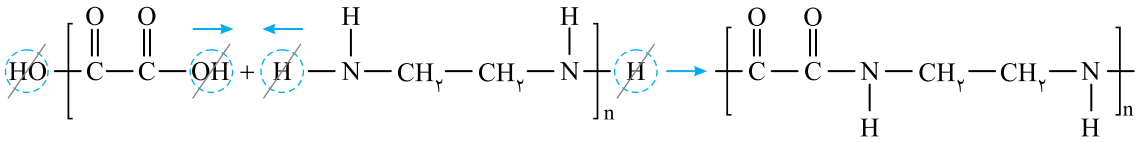


سپس به هر دو گروه (C—O) یک گروه (OH) و به هر دو گروه (N—H) یک اتم H متصل می‌کنیم:

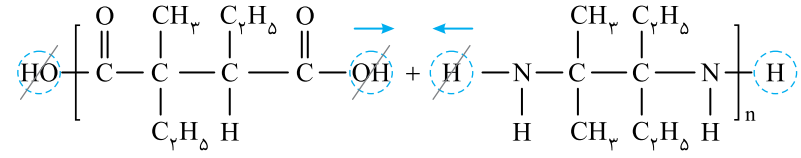


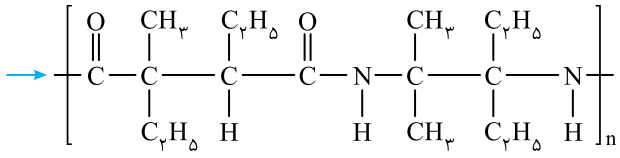
C ۲۰۳ ۲ پلی‌آمید حاصل از واکنش‌های (ب) و (ت) به‌صورت نادرست رسم شده‌اند. **بررسی واکنش‌های نادرست:**

واکنش (ب):



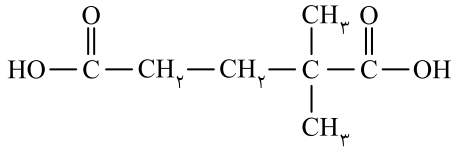
واکنش (ت):





۲۰۴ (B) **۲** مورد (ب) نادرست است. برای تولید پلی‌آمیدها پیوند $(O—H)$ شکسته نمی‌شود بلکه پیوند $(C—O)$ در مولکول‌های اسید شکسته می‌شود و گروه $(—OH)$ از مولکول اسید جدا می‌شود. ساختار آمین و اسید سازندهٔ این پلیمر، به شکل زیر است:

اسید:



آمین:

بررسی سایر عبارت‌ها:

عبارت (الف): ساده‌ترین آمین **دوعاملی**، آمین موجود در ساختار این پلیمر است که در آن یک گروه (CH_2) بین گروه‌های آمینی قرار گرفته است.

عبارت (پ): از هر مولکول آمین دوعاملی، ۲ اتم هیدروژن جدا می‌شوند.

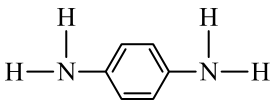
عبارت (ت): جرم مولی اسید سازندهٔ پلی‌آمید، برابر $160g.mol^{-1}$ و جرم مولی آمین سازندهٔ آن، برابر با $46g.mol^{-1}$ است.

۲۰۵ (B) **۱** برای به‌دست آوردن فرمول مولکولی یک **پلی‌آمید**، باید فرمول شیمیایی **آمین** و **اسید** سازنده را با هم جمع کرد و به اندازهٔ ۴ اتم H و ۲ اتم O را از فرمول مولکولی حاصل کم کرد تا فرمول شیمیایی واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمید به‌دست بیاید. فرمول مولکولی آمین نشان داده شده به‌صورت $(C_4H_{12}N_2)$ است و فرمول شیمیایی واحد تکرارشوندهٔ پلی‌آمید به‌صورت $(C_{12}H_{22}O_2N_2)$ است. در این حالت، فرمول شیمیایی اسید دوعاملی معادل با $(C_8H_{14}O_4)$ می‌شود.

۲۰۶ (B) **۳** **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): از آن‌جا که در ساختار مولکول‌های این پلیمر اتم‌های هیدروژن متصل به اتم نیتروژن وجود دارد، بین مولکول‌های این پلی‌آمید **پیوند هیدروژنی** برقرار می‌شود.

پرسش (ب): ساختار هر یک از دی‌آمین‌های سازندهٔ این پلیمر به‌صورت زیر است:



در ساختار این آمین دوعاملی ۳ پیوند دوگانه وجود دارد.

پرسش (پ): ساختار گروه عاملی پیونددهندهٔ مونومرهای این مولکول به‌صورت $(—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—N—)$ است که نشان‌دهندهٔ گروه عاملی آمیدی است.

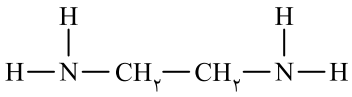
۲۰۷ (B) **۲** در ساختار هر یک از واحدهای تکرارشوندهٔ این پلیمر، ۲ پیوند $(C=O)$ وجود دارد که مربوط به **دی‌اسید** (اسید دوعاملی) سازندهٔ این پلیمر است.

بررسی گزینهٔ (۴): فرمول شیمیایی آمین دوعاملی سازندهٔ این پلیمر به‌صورت $(C_6H_8N_2)$ است که در ساختار آن ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

۲۰۸ (B) **۲** به خاطر وجود اتم‌های H متصل به نیتروژن، میان مولکول‌های این پلی‌آمید، **پیوند هیدروژنی** برقرار می‌شود. در هر یک از مولکول‌های دی‌اسید سازندهٔ این پلیمر، ۹ اتم کربن و در هر یک از مولکول‌های دی‌آمین سازندهٔ این پلیمر، ۶ اتم کربن وجود دارد.

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های کربن در دی‌اسید}}{\text{تعداد اتم‌های کربن در دی‌آمین}}=\frac{9}{6}=1/5$$

۲۰۹ (B) **۲** ساختار مولکولی آمین دوعاملی سازندهٔ این پلیمر به شکل مقابل است:



فرمول مولکولی این دی‌آمین به‌صورت $(C_2H_8N_2)$ است که در ساختار هر یک از مولکول‌های آن ۲ اتم کربن و ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

۲۱۰ (B) **۴** مونومرهای این واکنش $(C_2H_8N_2)$ و $(C_4H_6O_4)$ است، بنابراین:

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\text{اسید دوعاملی } ?g=90g\text{ آمین دوعاملی}\times\frac{1mol\text{ آمین دوعاملی}}{60g\text{ آمین دوعاملی}}\times\frac{n\ mol\text{ اسید دوعاملی}}{n\ mol\text{ آمین دوعاملی}}\times\frac{118g\text{ اسید دوعاملی}}{1mol\text{ اسید دوعاملی}}=177g\text{ اسید دوعاملی}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آمین دوعاملی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم اسید دوعاملی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{90}{n\times60}=\frac{m}{n\times118}\Rightarrow m=177g\text{ اسید دوعاملی}$$

۲۱۱ (C) **۴** در این سؤال ما نیاز به جرم مولی پلی‌آمید داریم، بنابراین ابتدا فرمول مولکولی پلی‌آمید را به‌دست می‌آوریم، که البته برای این منظور نیاز نیست که ساختار پلی‌آمید را رسم کنیم:

$$\underbrace{C_2H_8N_2}_{\text{دی‌آمین}}+\underbrace{C_5H_8O_4}_{\text{دی‌اسید}}\xrightarrow{\text{مجموع شمار اتم‌های هر عنصر}}C_7H_{16}N_2O_4\xrightarrow[\text{کم می‌کنیم}]{\text{۲ گروه OH و ۲ اتم H}}\underbrace{C_7H_{12}N_2O_2}_{\text{فرمول مولکولی واحد تکرارشونده}}$$

بنابراین فرمول مولکولی پلی‌آمید $(C_7H_{12}N_2O_2)_n$ و جرم مولی آن $156n$ می‌باشد. برای محاسبهٔ جرم آمین مورد نیاز، در قدم اول، باید مقدار نظری پلی‌آمید تولید شده را محاسبه کنیم:

$$\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=(R)\text{ بازده}\Rightarrow\frac{26g}{xg}\times100=40\Rightarrow x=65g$$

$$\text{دی‌آمین } ?g=65g\text{ پلی‌آمید}\times\frac{1mol\text{ پلی‌آمید}}{156ng\text{ پلی‌آمید}}\times\frac{n\ mol\text{ دی‌آمین}}{1mol\text{ پلی‌آمید}}\times\frac{60g\text{ دی‌آمین}}{1mol\text{ دی‌آمین}}=25g\text{ دی‌آمین}$$

۲۱۲ (C) **۲** ابتدا فرمول مولکولی و جرم پلی‌آمید را به‌دست می‌آوریم:

$$\underbrace{C_3H_{10}N_2}_{\text{دی‌آمین}}+\underbrace{C_3H_4O_4}_{\text{دی‌اسید}} \xrightarrow{\text{مجموع شمار اتم‌ها}} C_6H_{14}N_2O_4 \xrightarrow[\text{کم می‌کنیم}]{\text{۲ گروه OH و ۲ اتم H}} \underbrace{C_6H_{10}N_2O_2}_{\text{واحد تکرارشونده}}$$

بنابراین فرمول مولکولی پلی‌آمید به‌صورت $(C_6H_{10}N_2O_2)_n$ و جرم مولی آن، ۱۴۲n است، بنابراین:

$$\text{پلی‌آمید ناخالص } ?g = \text{دی‌آمین } 37g \times \frac{1\,mol \text{ دی‌آمین}}{74g \text{ دی‌آمین}} \times \frac{1\,mol \text{ پلی‌آمید خالص}}{n\,mol \text{ دی‌آمین}} \times \frac{142n\,g \text{ پلی‌آمید خالص}}{1\,mol \text{ پلی‌آمید خالص}} \times \frac{100g \text{ پلی‌آمید ناخالص}}{35/5g \text{ پلی‌آمید خالص}} = 200g$$

۲۱۳ (B) **۲** عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): ترکیب ارائه شده دارای یک گروه آمیدی و یک گروه آمینی است.

عبارت (ب): در ساختار این ترکیب ۱۴ اتم کربن و ۱۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

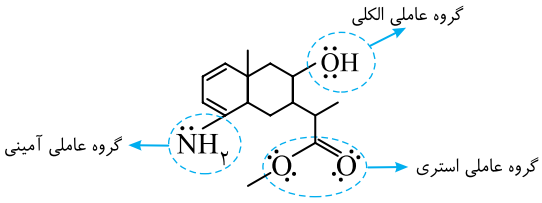
۲۱۴ (A) **۴** برای این‌که میان مولکول‌های ترکیبی پیوند هیدروژنی وجود داشته باشد، باید در مولکول آن ترکیب اتم هیدروژن متصل به نیتروژن یا اکسیژن و یا فلوئور وجود داشته باشد که تری‌متیل آمین $((CH_3)_3N)$ فاقد این ویژگی است بنابراین پیوند هیدروژنی ندارد.

۲۱۵ (C) **۲** موارد (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): با توجه به ساختار داده شده، این ترکیب دارای ۱۵ اتم کربن و ۲۳ اتم هیدروژن، ۳ اتم اکسیژن و یک اتم نیتروژن است، بنابراین فرمول مولکولی آن به‌صورت $(C_{15}H_{23}O_3N)$ می‌باشد.

عبارت (ب): این ترکیب آروماتیک نیست، زیرا حلقهٔ بنزن ندارد.

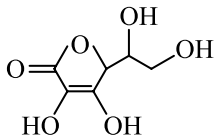
عبارت (پ): در این ساختار گروه‌های عاملی آمینی، استری و الکلی وجود دارد. به ساختار روبه‌رو توجه کنید:



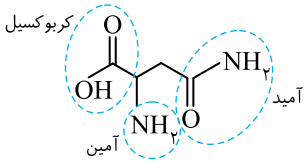
عبارت (ت): در این ساختار سه اتم اکسیژن وجود دارد که هر کدام، ۲ جفت الکترون ناپیوندی دارند، از طرفی یک اتم نیتروژن هم داریم که یک جفت الکترون ناپیوندی دارد.

توجه در ترکیب‌های آلی، اتم‌های کربن فاقد جفت الکترون‌های ناپیوندی هستند. از طرفی هر اتم اکسیژن و هر اتم نیتروژن به‌ترتیب دارای ۲ و ۱ جفت الکترون ناپیوندی خواهد بود.

توجه ساختار ویتامین «ث» به‌صورت روبه‌رو است:



۲۱۶ (B) **۳** عبارت‌های (آ)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**



عبارت (الف): این ترکیب به دلیل داشتن H متصل به O و H متصل به N توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را دارد.

عبارت (ب): این ترکیب یک آمین دوعاملی است (دو گروه عاملی آمینی دارد) بنابراین می‌توان از آن در تهیهٔ پلی‌آمیدها استفاده کرد.

عبارت (پ): در ساختار این ترکیب گروه‌های عاملی آمیدی، آمینی و اسیدی (کربوکسیل) وجود دارد.

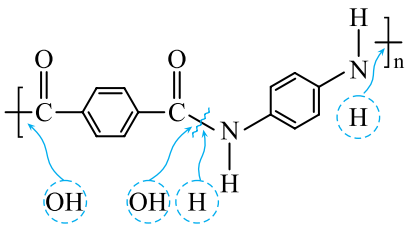
عبارت (ت): ترکیب داده شده دارای ۴ اتم کربن است، در حالی که مولکول هگزان دارای ۶ اتم کربن است.

۲۱۷ (B) **۲** از واکنش n مول دی‌اسید و n مول دی‌آمین، یک مول پلی‌آمید و ۲n مول آب تولید می‌شود. اگر در این واکنش n=۱۰ باشد، مقدار مول آب تشکیل شده برابر ۲۰ می‌شود.

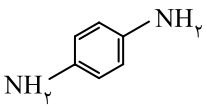
۲۱۸ (B) **۲** پلی‌آمیدها را در صنعت، یا از واکنش دی‌اسیدها با دی‌آمین‌ها تولید می‌کنند و یا از واکنش میان ترکیب‌هایی که هر دو گروه عاملی آمینی و اسیدی را داشته باشند. در واقع ترکیب‌هایی که برای تولید پلی‌آمیدها به‌کار می‌روند، باید از دو جهت بتوانند وارد واکنش شوند و گروه عاملی آمیدی را تولید کنند. بنابراین ترکیب‌های اول و سوم می‌توانند وارد واکنش تولید پلی‌آمید شوند.

H_2N-CH_2-COOH و $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$

۲۱۹ (B) **۲** برای تشخیص دی‌آمین و دی‌اسید سازنده این پلیمر باید پیوند C-N را جدا کنیم:

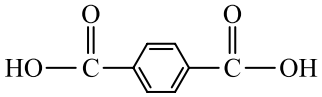


آمین دوعاملی (دی‌آمین):



$(C_6H_8N_2)$ → جرم مولی = $108g.mol^{-1}$

اسید دوعاملی (دی‌اسید):



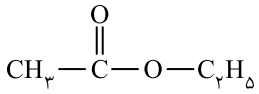
$(C_8H_6O_4)$ → جرم مولی = $166g.mol^{-1}$

بنابراین اختلاف جرم مولی این دو ترکیب برابر ۵۸ گرم است.

B ۲۲۰ ۳

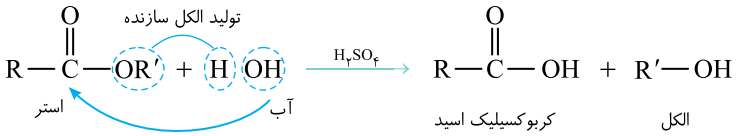
۲۰ کلاس درس آبکافت استر

ساختار اسید و الکل سازندهٔ استر روبه‌رو به چه صورت است؟



واکنش استرها با آب

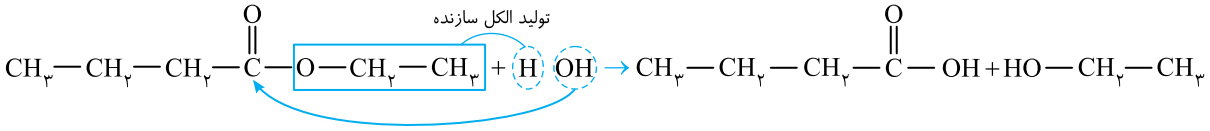
۱- استرها در شرایط مناسب با **آب** واکنش داده و به الکل و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ خود تبدیل می‌شوند. این واکنش به **آبکافت استر** معروف است.
آبکافت شدن استر یعنی شکافته شدن یا تجزیه شدن استر به وسیلهٔ مولکول‌های آب.



در واقع این واکنش **عکس واکنش استری شدن** است.

توجه سرعت واکنش آبکافت استرها، مانند واکنش استری شدن کم است، به همین دلیل این واکنش را در حضور مقداری از یک اسید قوی مانند H_2SO_4 انجام می‌دهند.

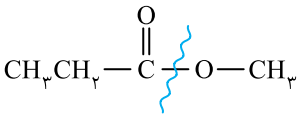
۲- در زیر معادلهٔ تجزیهٔ اتیل‌بوتانوات به اتانول و بوتانوئیک اسید را مشاهده می‌کنید:



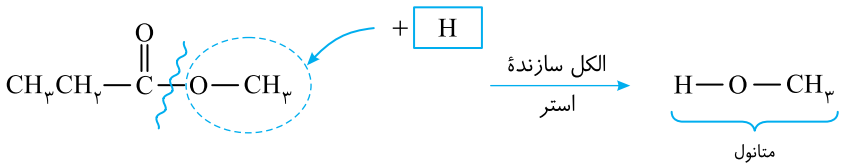
تشخیص اسید و الکل سازندهٔ استر

۱- برای **تشخیص اسید و الکل** سازندهٔ یک استر، با استفاده از فرمول ساختاری استر به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:
(همراه با ارائهٔ توضیحات اسید و الکل سازندهٔ استر $(CH_3CH_2COOCH_3)$ را مشخص می‌کنیم.)

الف) **پیوند یگانه بین C و O** را **شکسته** فرض کنید:

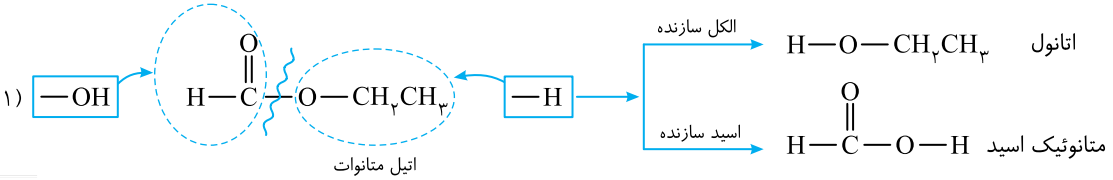


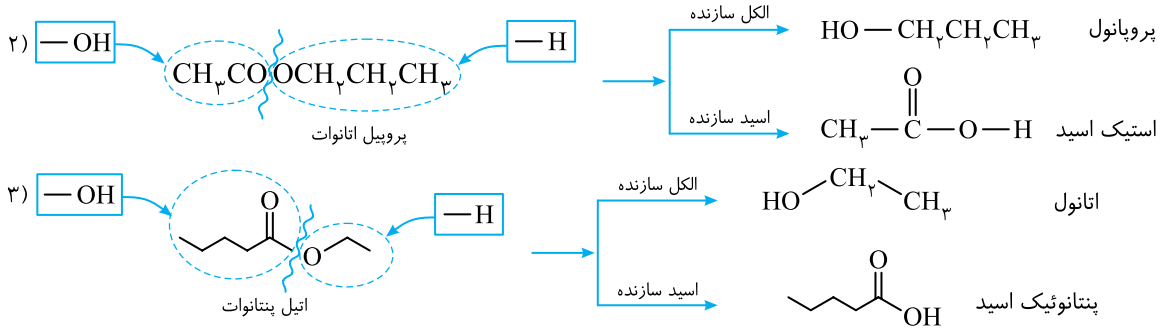
ب) **به اتم اکسیژن** (O) این پیوند، یک **اتم هیدروژن (H) اضافه می‌کنیم**، که در این صورت **الکل** سازندهٔ استر تولید می‌شود:



پ) به اتم کربن (C) از پیوند (C—O)، یک **گروه** (—OH) اضافه می‌کنیم، که در این صورت **کربوکسیلیک اسید** سازندهٔ استر تولید می‌شود:

۲- در زیر، با ارائهٔ چند مثال، روش تشخیص اسید و الکل سازندهٔ یک استر را بیشتر توضیح می‌دهیم:





۳- با استفاده از **نام استر** نیز می‌توان الکل و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ آن را مشخص کرد. می‌دانیم، استرها بر وزن «**آلکیل آلکانوات**» نام‌گذاری می‌شوند، **در واقع «آلکیل» از نام الکل** و **«آلکانوات» از نام کربوکسیلیک اسید سازندهٔ** استر گرفته شده است. برای تشخیص اسید و الکل سازندهٔ استر با استفاده از نام استر به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

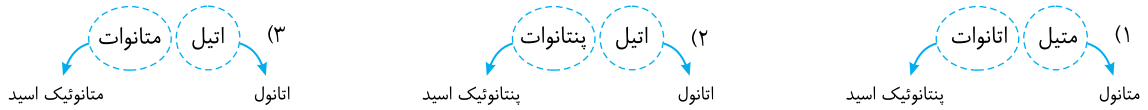
الف) ابتدا آلکیل آلکانوات را به **دو بخش** تقسیم می‌کنیم یعنی **آلکیل** + **آلکانوات**.

ب) بخش **آلکیل** در واقع مربوط به الکل سازندهٔ استر است، بنابراین این بخش را باید بر وزن **آلکانول** بنویسیم: **آلکیل** ← (تبدیل شود به وزن) **آلکانول**

پ) بخش **آلکانوات** در واقع مربوط به اسید سازندهٔ استر است به همین دلیل این بخش را باید بر وزن **آلکانوئیک اسید** بنویسیم:

آلکانوات ← (تبدیل شود به وزن) **آلکانوئیک اسید**

به مثال زیر توجه نمایید:



واکنش نشاسته با آب

۱- می‌دانیم که **نان و سیب‌زمینی** غنی از **نشاسته** هستند. نشاسته نیز **پلی‌ساکاریدی** است که از اتصال مولکول‌های **گلوکز** به یکدیگر تشکیل شده است. در واقع نشاسته پلیمری طبیعی است که **مونومر آن مولکول‌های گلوکز** است.

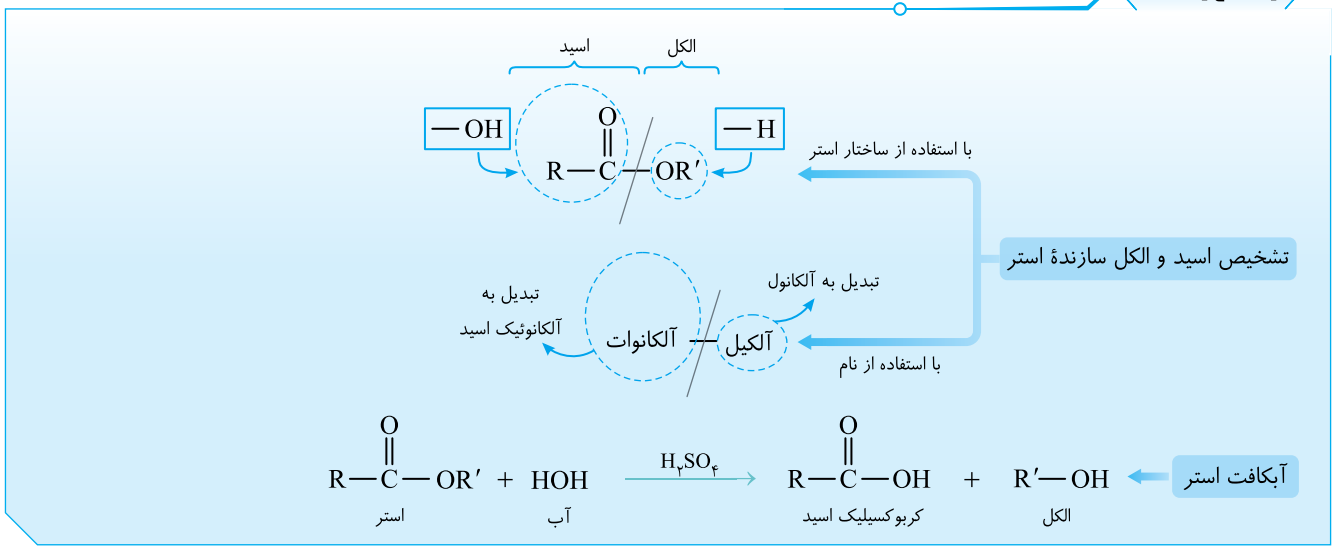
نشاسته + آب ← $n\,C_6H_{12}O_6$

سؤال مفهومی **اگر نان یا سیب‌زمینی پخته شده را اندکی در دهان بجویم، مزه‌ای شیرین حس می‌کنیم، این مزهٔ شیرین ناشی از چیست؟**

توضیح: بررسی‌های شیمی‌دان‌ها نشان می‌دهد که مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب، مانند **محیط مرطوب** و حضور **کاتالیزگر** و یا **محیط گرم و مرطوب به آرامی** به مونومرهای سازنده، یعنی گلوکز تجزیه می‌شوند و مزهٔ شیرین تولید می‌کنند.

۲- نشاسته در اثر عمل هضم که از **دهان** شروع می‌شود، به گلوکز تبدیل می‌گردد، در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی **تجزیهٔ آن** است که **به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود.**

جمع‌بندی کلاس درس ۲۰



واکنش تجزیهٔ نشاسته به گلوکز در شرایط مناسب، **به آرامی** انجام می‌شود.

بررسی گزینهٔ (۱): نان و سیب زمینی غنی از **نشاسته**اند که این پلیمر، از واحدهای **گلوکز** ساخته شده است.

۲۲۱ (A) **۲** استرها در شرایط مناسب و در حضور H_2SO_4، به اسید و الکل سازندهٔ خود تجزیه می‌شوند. طی این واکنش، مولکول **آب** مصرف می‌شود.

۲۲۲ (B) **۱** فقط عبارت (الف) نادرست است. این شکل مربوط به واکنش تجزیهٔ نشاسته و تبدیل آن به مونومرهای سازنده است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): گوارش نشاسته از **دهان** آغاز می‌شود و طی آن نشاسته به گلوکز تبدیل می‌شود.

عبارت (ب): در گوارش نشاسته، نشاسته به گلوکز تبدیل می‌شود. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تجزیهٔ آن است که به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود.

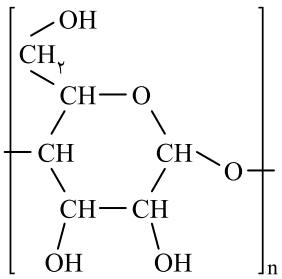
عبارت (پ): نشاسته یک پلیمر طبیعی است که مونومر آن مولکول‌های گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ است، در فرمول مولکولی گلوکز ۲۴ اتم وجود دارد.

عبارت (ت): **نشاسته** می‌تواند در محیط **گرم و مرطوب** بدون کاتالیزگر تجزیه شود.

۲۲۳ (C) **۲** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): با کامل کردن ساختار داده شده، فرمول همگانی این پلی‌ساکارید را به‌دست می‌آوریم:

بنابراین فرمول این پلی‌ساکارید به‌صورت $(C_6H_{10}O_5)_n$ می‌باشد.



عبارت (ب): با توجه به فرمول همگانی این پلی‌ساکارید می‌توان درصد جرمی کربن را در واحد تکرارشوندهٔ آن محاسبه کرد:

$$\text{درصد جرمی کربن}=\frac{6\times12}{(6\times12)+10+(5\times16)}\times100=\frac{72}{162}\times100=\%44/4$$

عبارت (پ): واکنش سوختن این پلی‌ساکارید به‌صورت زیر است:

$$(C_6H_{10}O_5)_n+6nO_2\rightarrow6nCO_2+5nH_2O$$

حال باید از شمار مول پلی‌ساکارید و گرم آب به مقدار n برسیم:

$$0/01\,\text{mol پلی‌ساکارید}\times\frac{5n\,\text{mol}\,H_2O}{1\,\text{mol پلی‌ساکارید}}\times\frac{18\,\text{g}\,H_2O}{1\,\text{mol}\,H_2O}=45\,\text{g}\,H_2O\Rightarrow n=50$$

می‌دانیم جرم مولی گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ برابر ۱۸۰ گرم است، بنابراین:

$$\frac{\text{جرم مولی پلی‌ساکارید}}{\text{جرم مولی گلوکز}}=\frac{162\times50}{180}=45$$

عبارت (ت): نشاسته پلی‌ساکاریدی است که از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر تشکیل شده است. پلی‌ساکارید داده شده این ویژگی را دارد.

۲۲۴ (B) **۳** **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف): در نان، **نشاسته** وجود دارد که هضم آن از **دهان** آغاز می‌شود.

پرسش (ب): از آبکافت متیل بوتانوات، بوتانوئیک اسید و متانول تولید می‌شود.

پرسش (پ): کاتالیزگر مورد استفاده برای **آبکافت** استرها، همانند کاتالیزگر مورد استفاده برای **تولید** آن‌ها، H_2SO_4 است.

۲۲۵ (A) **۲** پلیمرهای **طبیعی** مثل پشم و ... به مدت طولانی در طبیعت باقی نمی‌مانند و به سرعت، توسط جانداران ذره‌بینی به مولکول‌های ساده‌تر تبدیل می‌شوند. به این مواد، **زیست‌تخریب‌پذیر** گفته می‌شود.

۲۲۶ (B) **۳** پلیمرهای **طبیعی** زیست‌تخریب‌پذیر هستند اما پلیمرهای حاصل از نفت زیست‌تخریب‌پذیر نیستند. از تجزیهٔ پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، مولکول‌های ساده و کوچک مانند **متان**، **آب** و **کربن دی اکسید** تولید می‌شوند.

۲۲۷ (B) **۲** عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (ب): از تجزیهٔ آمیدها، آمین‌ها و کربوکسیلیک اسیدها تولید می‌شوند.

عبارت (ت): از آبکافت اتیل بوتانوات، اتانول و بوتانوئیک اسید تولید می‌شوند.

۲۲۸ (B) **۳** آنزیم‌ها در نقش **کاتالیزگر** واکنش‌ها، سرعت انجام شدن واکنش را افزایش می‌دهند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): مولکول‌های **نشاسته** مزهٔ شیرین ندارند بلکه مولکول‌های **گلوکز** حاصل از تجزیهٔ نشاسته عامل ایجاد مزهٔ شیرین در دهان است.

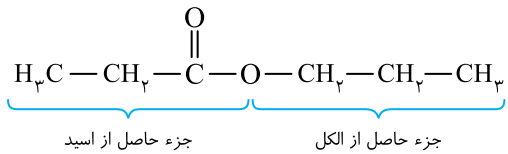
گزینهٔ (۲): از آبکافت متیل اتانوات، متانول و اتانوئیک اسید حاصل می‌شوند.

گزینهٔ (۴): اتانوئیک اسید، یک اسید یک‌عاملی است در حالی که اسید موجود در پلی‌استرها باید دوعاملی باشد.

۲۲۹ (A) **۱** واکنش مورد نظر، به‌صورت مقابل است:

$$C_6H_{12}O_2+H_2O\rightarrow\text{کربوکسیلیک اسید}+C_3H_7OH$$

طبق **قانون پایستگی جرم**، تعداد اتم‌های هر عنصر در میان فراورده‌ها باید برابر با تعداد اتم‌های آن عنصر در میان واکنش‌دهنده‌ها باشد. بر اساس این قانون، فرمول شیمیایی کربوکسیلیک اسیدِ حاصل از تجزیهٔ این استر، به‌صورت $(C_3H_6O_2)$ است. با توجه به فرمول شیمیایی کربوکسیلیک اسید، ساختار استر به شکل زیر است:



۲۳۰ (B) **۲** موارد (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی سایر واکنش‌ها:**

واکنش (ب): $HCOOCH_3+H_2O\rightarrow HCOOH+CH_3OH$

واکنش (پ): $CH_3(CH_2)_2COOCH_2CH_3+H_2O\rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH+C_2H_5OH$

B ۲۳۱ ۴

$$H_3C-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3 + H_2O \rightarrow H_3C-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H_3C-OH$$

متیل بوتانوات — بوتانوئیک اسید — متانول

B ۲۳۲ ۲

$$CH_3-(CH_2)_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-(CH_2)_4-CH_3 + H_2O \rightarrow CH_3-(CH_2)_4-OH + CH_3-(CH_2)_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

پنتیل بوتانوات — پنتانول — بوتانوئیک اسید

B ۲۳۳ ۴ موارد (ب)، (پ) و (ت) به‌درستی نوشته شده‌اند. **بررسی واکنش (الف):**

$$H_3C-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3 + H_2O \rightarrow H_3C-OH + H_3C-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

B ۲۳۴ ۲

۲۱ کلاس درس آبکافت پلی‌استر

ساختار دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر روبه‌رو به چه صورت است؟

$$\left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-O\right]_n$$

واکنش پلی‌استرها با آب

۱- **پلی‌استرها** در شرایط مناسب **با مقدار کافی آب واکنش داده** و به مونومرهای سازندهٔ خود یعنی الکل‌های دوعاملی و کربوکسیلیک اسیدهای دوعاملی تبدیل می‌شوند. به واکنش پلی‌استرها با آب توجه نمایید:

$$\left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\boxed{R}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\boxed{R'}-O\right]_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n\ HOOC-\boxed{R}-COOH + n\ HO-\boxed{R'}-OH$$

به‌عنوان مثال به واکنش پلی‌استر زیر با آب توجه نمایید:

$$\left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2C(CH_3)_2CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-(CH_2)_2-O\right]_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}}$$

$$n\left(HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH\right) + n\left(HO-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-OH\right)$$

توجه معادلهٔ نوشتاری آبکافت پلی‌استرها به‌صورت زیر است:

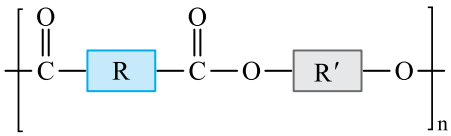
الکل دوعاملی + کربوکسیلیک‌اسید دوعاملی ← آب + پلی‌استر

۲- در واقع در ساختار پلی‌استر پیوند $(C-O)$ شکسته و پلی‌استر به دو بخش تقسیم می‌شود، بخشی که شامل دو گروه $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ است، مربوط به کربوکسیلیک اسید دوعاملی و بخش دیگر، مربوط به الکل دوعاملی سازندهٔ پلی‌استر است.

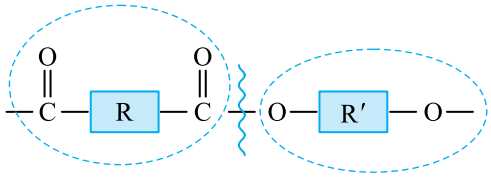
در ادامه با روش تشخیص اسید و الکل سازندهٔ یک پلی‌استر آشنا خواهیم شد.

روش تشخیص دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر

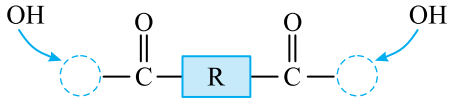
اگر ساختار پلی‌استر را داشته باشیم و با استفاده از این ساختار، اسید و الکل سازنده را بخواهیم، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:



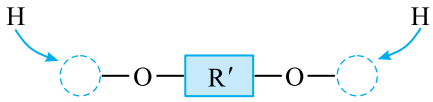
۱- ابتدا نماد $]\ \ [_n$ یا $(\ \ )_n$ را حذف می‌کنیم و سپس O و C را در پیوند یگانه $(C-O)$ از هم جدا می‌کنیم، که در این صورت ساختار پلی‌استر به دو بخش جدا از هم تبدیل خواهد شد:



۲- با اضافه کردن دو **گروه** $(-OH)$ به دو سر آزادِ بخشی که دو گروه $(\overset{O}{\overset{\|}{C}})$ دارد، به فرمول ساختاری کربوکسیلیک اسید دوعاملی سازندهٔ پلی‌استر می‌رسیم:

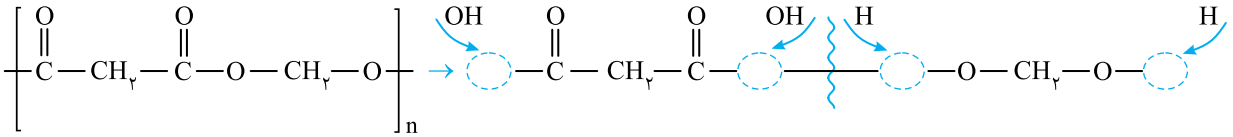


۳- با اضافه کردن **دو اتم هیدروژن (H)** به دو سر آزاد بخشی که در آن اکسیژن با پیوند یگانه به گروه هیدروکربنی متصل است، به فرمول ساختاری الکل دوعاملی سازندهٔ پلی‌استر می‌رسیم:

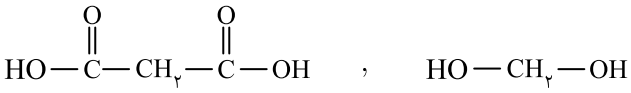


به‌عنوان مثال، در هر یک از پلی‌استرهای زیر اسید و الکل سازندهٔ پلی‌استر را مشخص می‌کنیم:

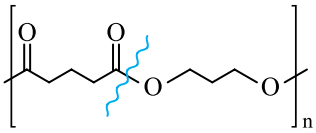
۱)

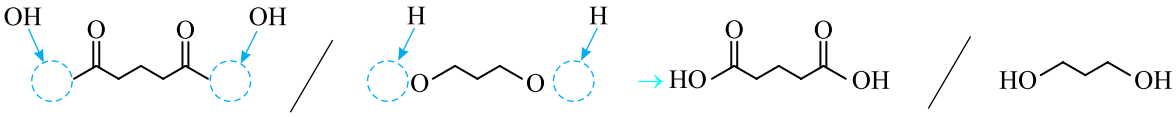


بنابراین اسید و الکل سازندهٔ پلی‌استر بالا به‌صورت زیر هستند:

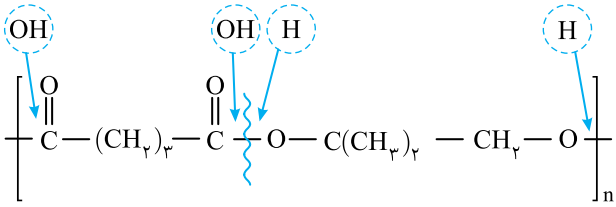


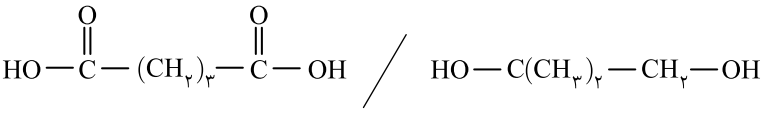
۲)





۳)

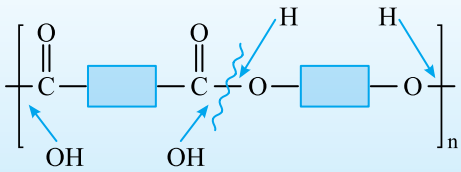




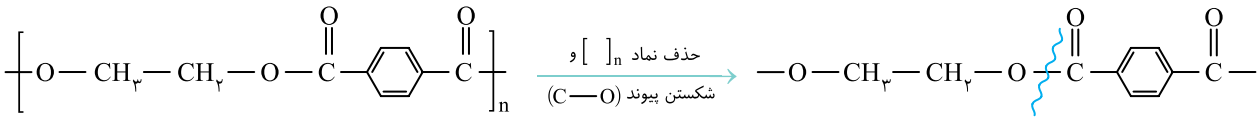
جمع‌بندی کلاس درس ۲۱

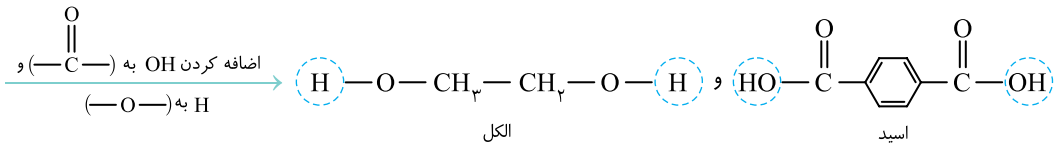
آبکافت پلی‌استر ← الکل دوعاملی + کربوکسیلیک اسید دوعاملی ← آب + پلی‌استر

تشخیص دی‌اسید و دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر



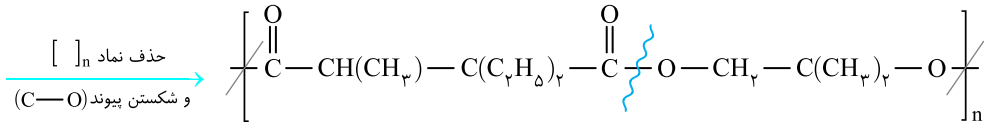
برای به‌دست آوردن اسید و الکل حاصل از آبکافت پلی‌استر داده شده، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

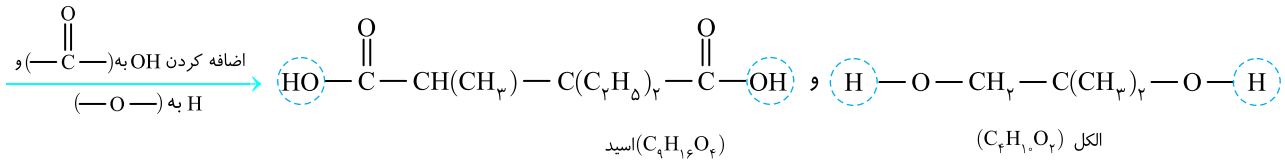




$$\frac{\text{تعداد هیدروژن‌های الکل}}{\text{تعداد کربن‌های اسید}} = \frac{۶}{۸} = \frac{۳}{۴}$$

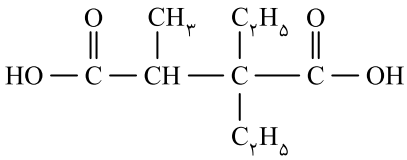
۲۳۵ C ۲ عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. ابتدا فراورده‌های حاصل از آبکافت پلی‌استر داده شده را به‌دست می‌آوریم:



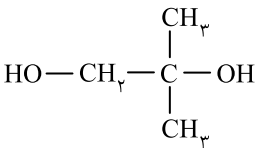


بنابراین فرمول ساختاری اسید و الکل سازندهٔ این پلی‌استر به‌صورت زیر است:

اسید:



الکل:

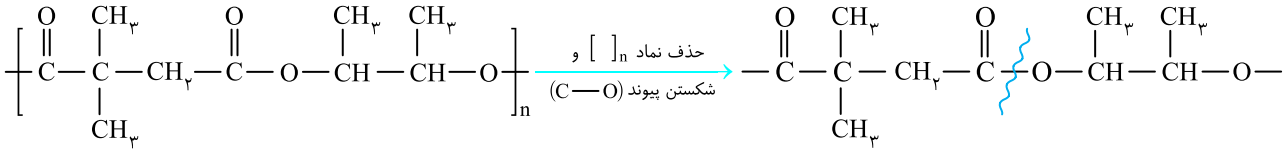


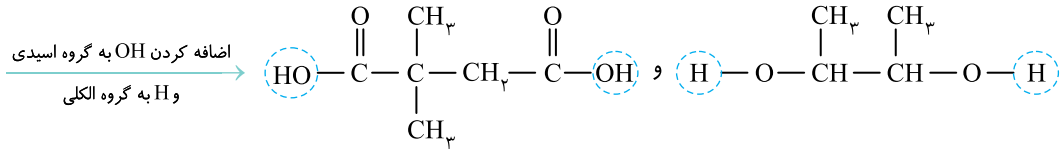
بررسی عبارت‌ها:

عبارت (ب): فرمول شیمیایی کربوکسیلیک اسید حاصل، به‌صورت $(C_9H_{16}O_4)$ است.

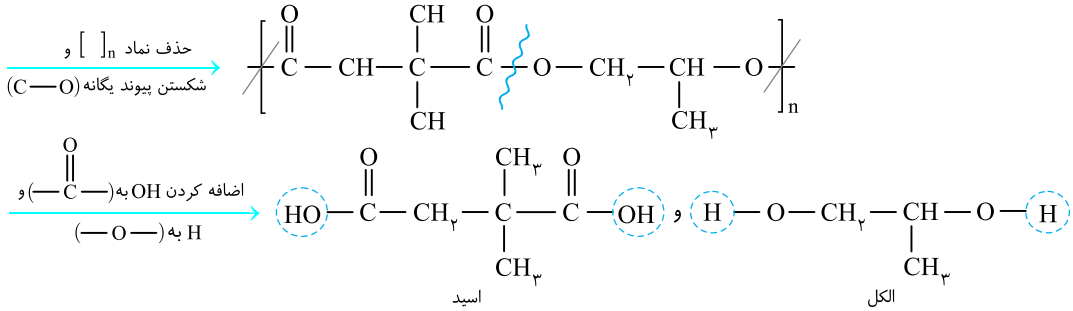
عبارت (پ): دو گروه متیل در الکل حاصل و یک گروه متیل در اسید حاصل از این واکنش وجود دارد.

۲۳۶ B ۱ کربوکسیلیک اسید دوعاملی و الکل دوعاملی حاصل از آبکافت پلی‌استر داده شده را به‌دست می‌آوریم:





B ۲۳۷ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست‌اند. با توجه به فرمول ساختاری پلی‌استر داده شده، فرمول ساختاری اسید و الکل سازنده این پلی‌استر به‌صورت زیر است:

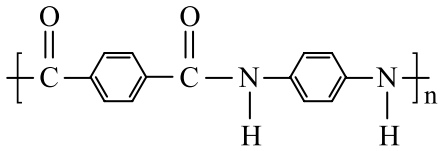


فرمول مولکولی الکل حاصل به‌صورت $(C_3H_8O_2)$ و فرمول مولکولی اسید حاصل به‌صورت $(C_6H_{10}O_4)$ است.

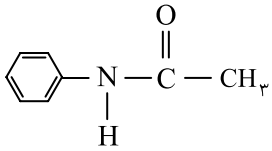
A ۲۳۸ ۳

۲۲ کلاس درس آبکافت آمید و پلی‌آمید

کدام‌یک از ساختارهای زیر مربوط به یک پلی‌آمید و کدام ساختار مربوط به یک آمید است؟ ساختار فراورده‌های حاصل از واکنش آبکافت این ترکیب‌ها به چه صورت است؟



(الف)

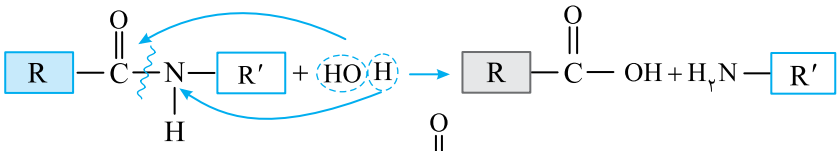


(ب)

پس از مطالعهٔ این کلاس درس انتظار داریم پاسخ سؤالات بالا را بیابید.

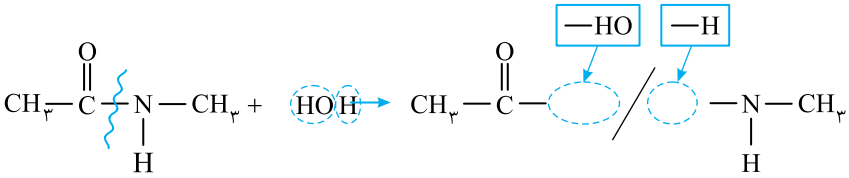
واکنش آبکافت آمیدها

آمیدها در شرایط مناسب با **آب** واکنش می‌دهند و به اسید و آمین سازندهٔ خود تبدیل می‌شوند:



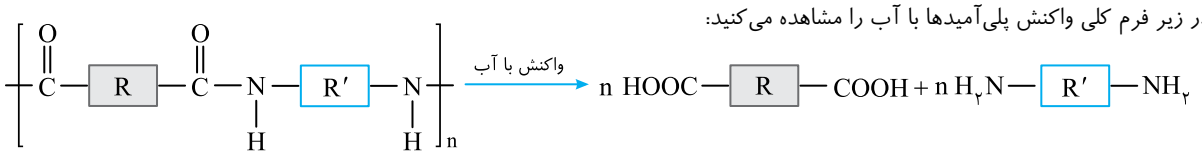
در واقع ابتدا پیوند بین C و N در (C—N) شکسته می‌شود، سپس (OH) از آب به کربن در (—C—) متصل شده و H آب نیز به N متصل می‌شود. در این صورت کربوکسیلیک اسید و آمین سازندهٔ آمید به‌دست می‌آید.

به مثال زیر توجه نمایید:



واکنش آبکافت پلی‌آمیدها

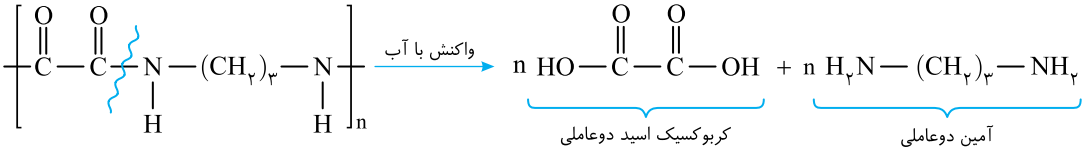
پلی‌آمیدها نیز در شرایط مناسب، با مقدار کافی آب واکنش داده و به مونومرهای سازندهٔ خود یعنی آمین دوعاملی و کربوکسیلیک اسید دوعاملی تبدیل می‌شوند، در زیر فرم کلی واکنش پلی‌آمیدها با آب را مشاهده می‌کنید:



توجه معادله نوشتاری آبکافت پلی‌آمیدها به‌صورت روبه‌رو است:

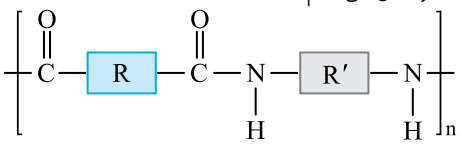
آمین دوعاملی سازنده + کربوکسیلیک اسید دوعاملی سازنده ← آب + پلی‌آمید

به‌عنوان مثال به واکنش پلی‌آمید زیر با آب توجه کنید:

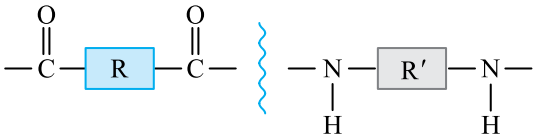


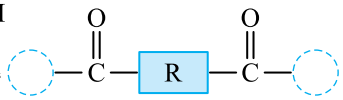
روش تشخیص اسید و آمین سازندهٔ پلی‌آمید

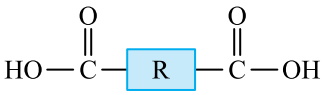
اگر **ساختار پلی‌آمید** را داشته باشیم و با استفاده از این ساختار اسید و آمین آن را بخواهیم، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

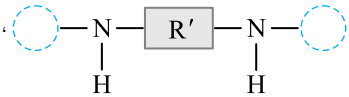


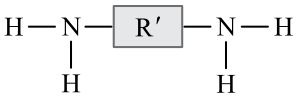
۱- ابتدا نماد $]\ \ [_n$ یا $(\ \ )_n$ را **حذف** می‌کنیم و سپس **C و N را در پیوند** $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-N)$ **از هم جدا کرده** و ساختار پلی‌آمید را به دو بخش جدا از هم تبدیل می‌کنیم:



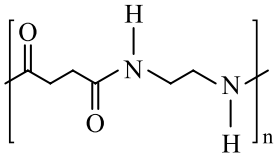
۲- با اضافه کردن **دو گروه** $(-OH)$ به دو سر آزاد  ، فرم ساختاری کربوکسیلیک اسید دوعاملی سازندهٔ پلی‌آمید به‌دست می‌آید:



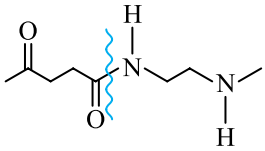
۳- با اضافه کردن **دو اتم هیدروژن (H)** به دو سر آزاد  ، فرم ساختاری آمین دوعاملی سازندهٔ پلی‌آمید به‌دست می‌آید:



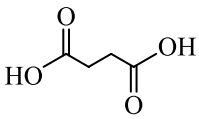
مثال: با استفاده از ساختار پلی‌آمید زیر، اسید و آمین سازندهٔ آن را تشخیص می‌دهیم:



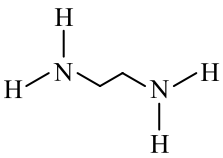
۱- حذف $]\ \ [_n$ و جدا کردن N از C در $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-N)$:

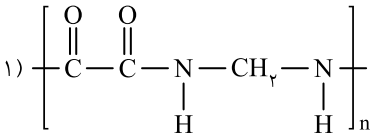


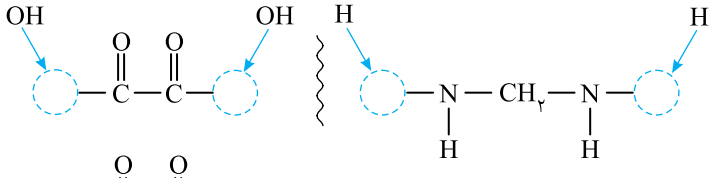
۲- اضافه کردن دو گروه $(-OH)$ به ترکیبی که در آن ساختار $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ وجود دارد:
این ساختار مربوط به کربوکسیلیک اسید دوعاملی سازندهٔ پلی‌آمید بالا است.

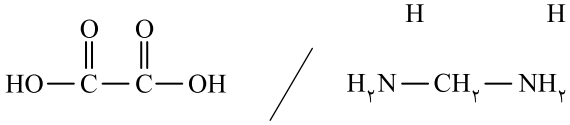


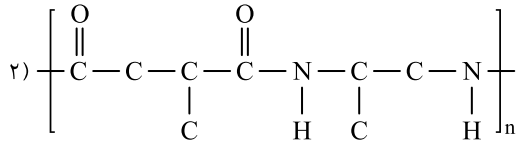
۳- اضافه کردن دو اتم H به ترکیبی که در ساختار آن N وجود دارد:
این ساختار مربوط به آمین دوعاملی سازندهٔ پلی‌آمید است.
با استفاده از روش بیان شده اسید و آمین سازندهٔ هر پلی‌آمید را مشخص می‌کنیم:

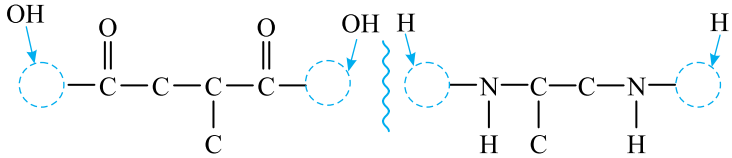


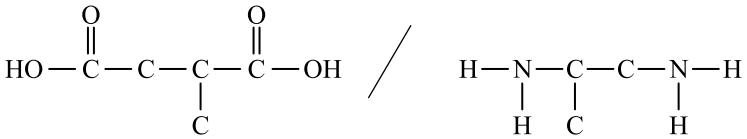
۱) 





۲) 

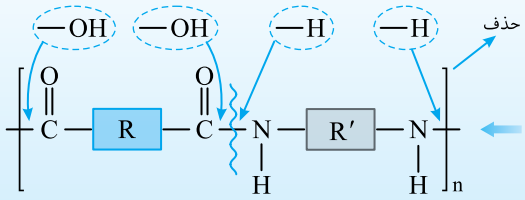




جمع‌بندی کلاس درس ۲۲

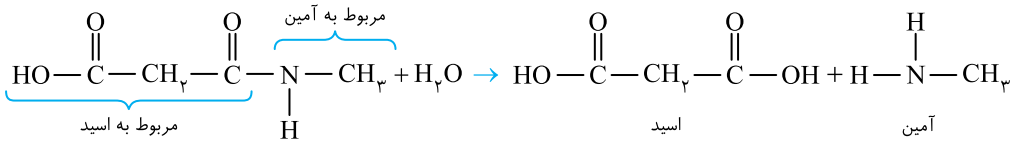
واکنش آبکافت پلی‌آمید ← آمین دوعاملی + کربوکسیلیک اسید دوعاملی → آب + پلی‌آمید

تشخیص دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ پلی‌آمید

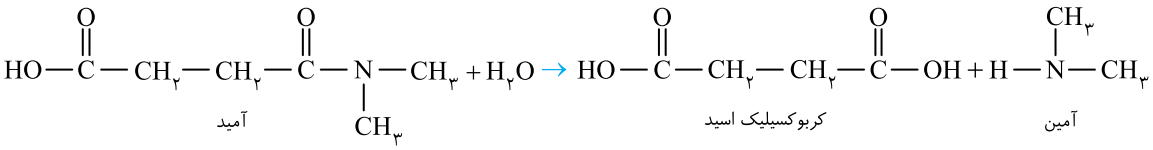


طی واکنش آمیدها با آب، پیوندهای آمیدی شکسته می‌شوند و مولکول‌های آمین و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شوند.

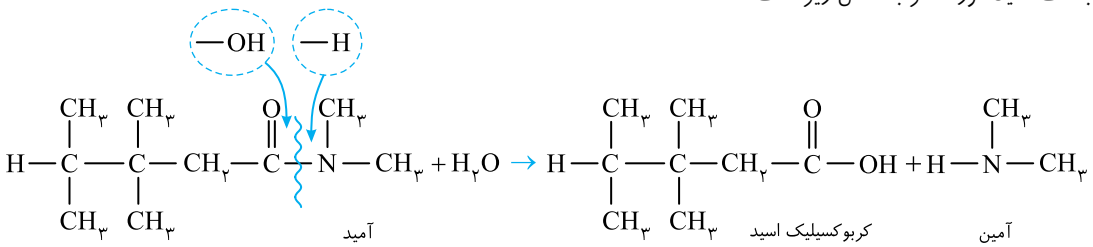
B ۲۳۹ ۴ آمید مورد نظر، طبق واکنش زیر آبکافت می‌شود:



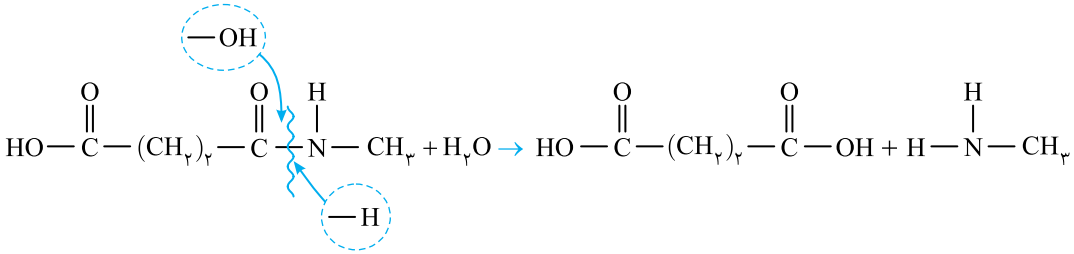
B ۲۴۰ ۱ واکنش آبکافت آمید داده شده به‌صورت زیر است:



B ۲۴۱ ۲ واکنش آبکافت آمید مورد نظر به شکل زیر است:

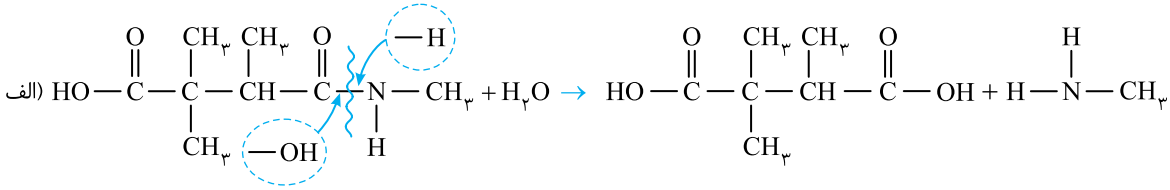


B ۲۴۲ ۲ ساختار آمین تولید شده در واکنش گزینهٔ (۲)، به‌صورت نادرست رسم شده است:

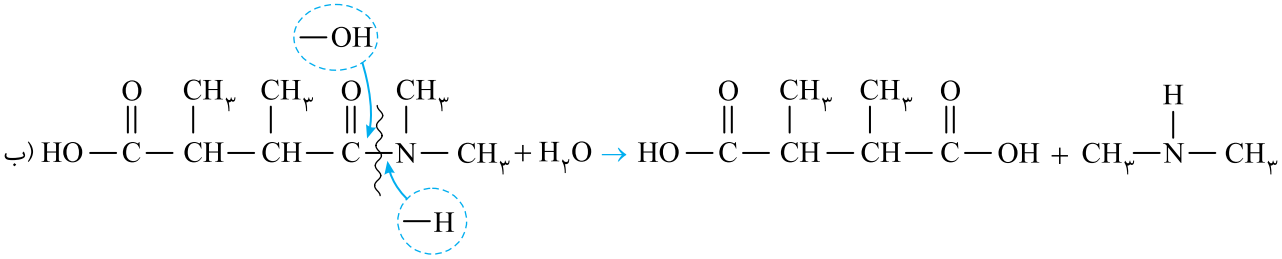


B ۲۴۳ ۱ معادلهٔ صحیح واکنش‌های داده شده به شکل زیر است:

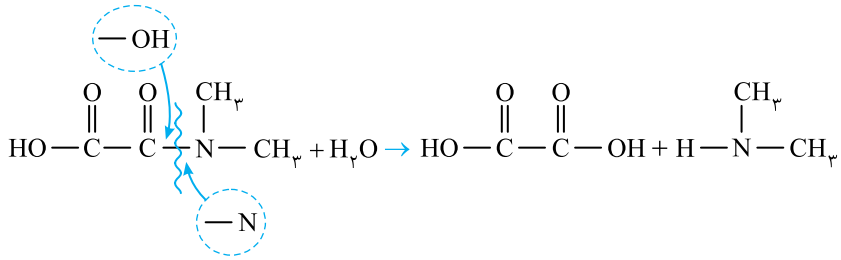
الف)

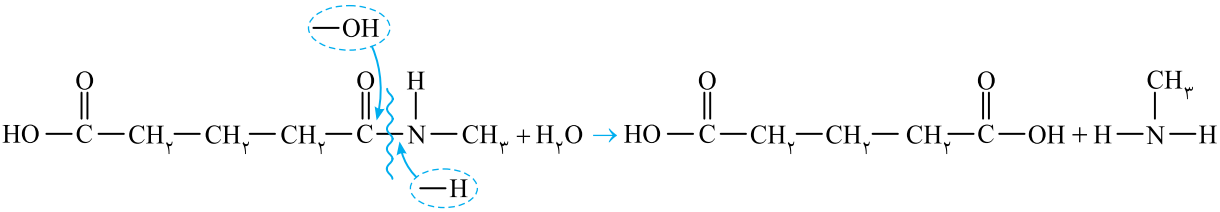


ب)

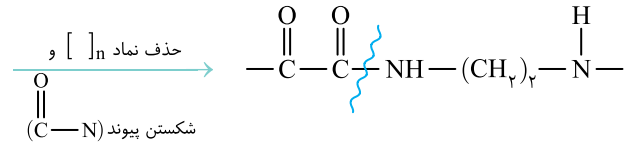


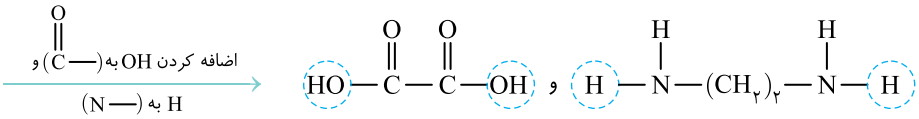
C ۲۴۴ ۲ موارد (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی موارد نادرست:**

الف)


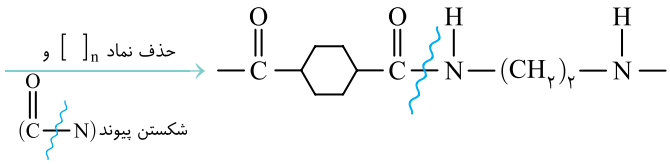
ب)


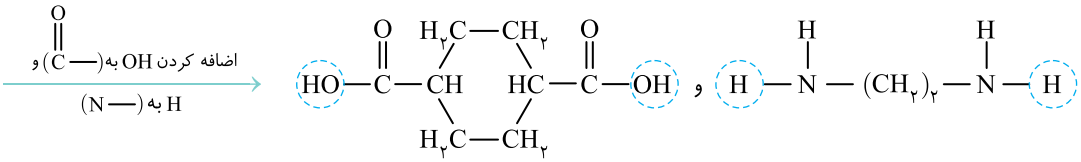
B ۲۴۵ ۳ فراورده‌های حاصل از واکنش آبکافت پلی‌آمید داده شده را به‌دست می‌آوریم:





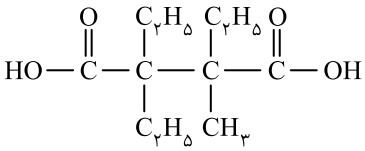
B ۲۴۶ ۴ اسید دوعاملی و آمین دوعاملی حاصل از آبکافت پلی‌آمید داده شده را به‌دست می‌آوریم:

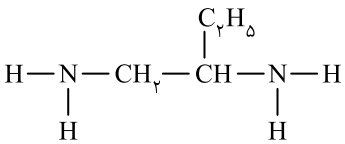




بنابراین فرمول مولکولی اسید دوعاملی به‌صورت $C_8H_{12}O_4$ است.

B ۲۴۷ ۲ موارد (الف) و (ت) نادرست هستند. با استفاده از روش بیان شده فرمول ساختاری دی‌اسید و دی‌آمین سازندهٔ پلی‌آمید داده شده به‌صورت زیر است:

دی‌اسید:


دی‌آمین:


بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): در ساختار کربوکسیلیک اسید تولید شده، ۳ گروه اتیل وجود دارد.

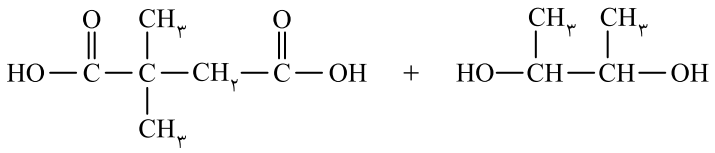
عبارت (ب): در واکنش آبکافت پلی‌آمیدها، پیوند کربن با نیتروژن (C—N) شکسته می‌شود و سپس به اتم کربن، گروه هیدروکسیل (—OH) و به اتم نیتروژن، H متصل می‌شود.

عبارت (پ): فرمول شیمیایی آمین تولید شده به‌صورت $(C_4H_{12}N_2)$ است که در آن تعداد اتم‌های هیدروژن ۳ برابر تعداد اتم‌های کربن است.

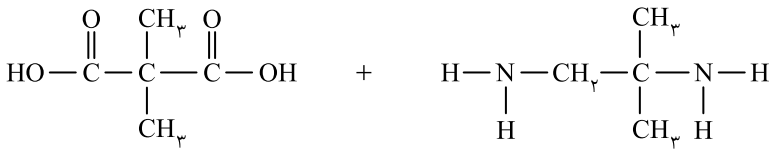
عبارت (ت): فرمول شیمیایی زنجیرهٔ هیدروکربنی در دی‌آمین سازندهٔ این پلی‌آمید، به‌صورت (C_4H_8) است.

C ۲۴۸ ۴ موارد (الف) و (ب) درست هستند. فراورده‌های واکنش‌های (پ) و (ت) به‌صورت زیر هستند:

واکنش (پ):

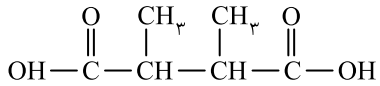


واکنش (ت):



B ۲۴۹ ۱ فقط عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (ب): ساختار کربوکسیلیک اسید حاصل از این واکنش به شکل مقابل است:



در ساختار هر یک از مولکول‌های این اسید دوعاملی، ۲ گروه متیل وجود دارد.

عبارت (پ): فرمول شیمیایی اسید حاصل، به‌صورت ($C_6H_{10}O_4$) است و جرم مولی آن، برابر با ۱۴۶ گرم بر مول است.

عبارت (ت): طی این واکنش، $2n$ مونومر حاصل می‌شود.

B ۲۵۰ ۳

۳۳ کلاس درس پلیمرها ماندگار یا زیست‌تخریب‌پذیر

چرا تولید و استفاده از پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده از نگاه توسعهٔ پایدار مطلوب نیست؟

پلیمرها، ماندگار یا تخریب‌پذیر؟

۱- هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد، زیرا پس از مدتی، مولکول‌های پلیمر سازندهٔ آن‌ها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آن‌ها، مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته شده و استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی گسسته می‌شود.

۲- به‌طور کلی می‌توان گفت، هر چه آهنگ شکسته شدن پیوندهای موجود در ساختار پلیمرها **سریع‌تر** باشد، فرایند پوسیده شدن پارچه سریع‌تر رخ می‌دهد.

۳- هر چند پلی‌استرها و پلی‌آمیدها تجزیه می‌شوند، اما **آهنگ تجزیهٔ** آن‌ها به **ساختار مونومرهای سازنده** بستگی دارد. به‌طور کلی **تجزیهٔ** پلی‌استرها و پلی‌آمیدها **بسیار کند** است. بنابراین لباس‌های تهیه شده از این نوع پارچه‌ها برای مدتی طولانی قابل استفاده است زیرا استحکام خود را حفظ می‌کند.

۴- در زیر به چند نکته در رابطه با پوسیده شدن لباس‌ها اشاره می‌کنیم:

الف) سرعت پوسیده شدن لباس‌های نخی در محیط گرم و مرطوب **بیشتر** است، زیرا در محیط گرم، سرعت واکنش‌های شیمیایی بیشتر است. در ضمن **فضای مرطوب** نیز باعث رشد باکتری‌ها می‌شود.

ب) استفادهٔ بی‌رویه از شوینده‌ها در شستن لباس‌ها، سبب پوسیده شدن سریع‌تر آن‌ها می‌شود. به دلیل ساختار پلیمری لباس‌ها، مواد شوینده روزنه‌های آن‌ها را مسدود کرده و در نتیجه آب اضافی، همواره در میان بافت‌ها می‌ماند. این موضوع باعث می‌شود که سرعت پوسیده شدن لباس **بیشتر** شود.

پ) از طرفی اگر لباس‌ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و نافذی پیدا می‌کند، زیرا در اثر آبکافت پلیمر سازنده الیاف پارچه، آمید و آمین تولید می‌شود که بوی نامطبوعی دارند.

۵- پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های **سیرنشده**، ساختاری شبیه آلکان‌ها دارند، به همین دلیل به انجام واکنش تمایلی ندارند. لباس‌های ساخته شده از این پلیمرها در طبیعت **تجزیه نمی‌شوند** و در واقع **ماندگار هستند**.

اشتباه نکنید هرچند سرعت تجزیهٔ پلیمرها بسیار ناچیز است و این موضوع باعث می‌شود که لباس‌های ساخته شده از آن‌ها برای مدت طولانی قابل استفاده باشد، ولی **ماندگاری این پلیمرها** در طبیعت از نگاه پیشرفت پایدار **مطلوب نیست** و می‌تواند سبب مشکلات فراوانی از جمله تبدیل محیط زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهرهٔ شهرها و محیط زیست و آسیب زدن به زندگی جانداران شود. این موارد هزینه‌های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد.

۶- موارد زیر می‌تواند راه‌کارهایی برای حل مشکل ماندگاری پلیمرها در طبیعت باشد:

الف) **بازیافت مواد پلیمری** یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع منجر خواهد شد.

ب) **جایگزینی** پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر

پلیمر سبز

۱- شیمی‌دان‌ها با انجام پژوهش‌های گسترده، موفق به ساخت دسته‌ای از پلیمرها شدند که پس از مدت کوتاهی که در طبیعت رها می‌شوند، توسط جانداران ذره‌بینی تجزیه شده و به مولکول‌های ساده‌تر، مانند آب، متان و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند؛ به همین دلیل به پلیمرهای دوستدار محیط زیست یا **پلیمرهای سبز** معروف هستند.

۲- پلیمرهای سبز را از **فراورده‌های کشاورزی**، مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند. به‌طوری که نخست نشاسته موجود در این مواد را به **لاکتیک اسید** تبدیل کرده و سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب، **پلی‌لاکتیک اسید** تولید می‌کنند.

توجه شیر ترش نیز دارای لاکتیک اسید است.

۳- از پلی‌لاکتیک اسید انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف، مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسهٔ پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آن‌ها رو به گسترش است.

۴- پلاستیک‌های ساخته شده از پلی‌لاکتیک اسید، امکان تبدیل شدن به **کود** را دارند به همین دلیل رد پای کوچکی در محیط زیست بر جای می‌گذارند.

در محیط **گرم و مرطوب**، سرعت تجزیهٔ پلیمرهای سازندهٔ لباس‌های نخی افزایش می‌یابد و به همین دلیل، این لباس‌ها در محیط گرم و مرطوب زودتر پوسیده می‌شوند.

A ۲۵۱ **۲** شوینده‌های موجود موجب شکستن پیوندهای **آمیدی** می‌شوند و آمین‌ها و اسیدها را تولید می‌کنند. **آمین‌های** حاصل از این واکنش بوی نافذ و زننده‌ای دارند.

B ۲۵۲ **۳** عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): افزایش دما موجب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود.

عبارت (ب): اگر شوینده **مستقیماً** بر روی لباس ریخته شود، رنگ لباس در محل مورد نظر **به سرعت** از بین می‌رود.

عبارت (پ): می‌دانیم واکنش‌های آبکافت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها در حضور کاتالیزگر اسیدی (H_2SO_4) با سرعت مناسبی انجام می‌شود.

عبارت (ت): اگر سفیدکننده‌ها را در آب حل کنیم، با کاهش **غلظت** آن‌ها می‌توان از رفتن رنگ لباس‌ها جلوگیری کرد.

B ۲۵۳ **۴** **پاسخ صحیح پرسش‌ها:**

پرسش (الف):

$$\bar{R}(0-30(s))=\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t(s)}=\frac{-(0/31-0/55)mol.L^{-1}}{30(s)}=0/008mol.L^{-1}.s^{-1}$$

پرسش (ب):

$$\frac{\bar{R}(0-45(s))}{\bar{R}(0-30(s))}=\frac{\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t}}{\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t}}=\frac{\frac{0/32}{45}}{\frac{0/24}{30}}=\frac{8}{9}$$

پرسش (پ): سرعت واکنش‌های شیمیایی با گذشتن زمان کاهش پیدا می‌کند؛ پس سرعت متوسط واکنش، در بازهٔ زمانی ۶۰ تا ۹۰ ثانیه کمتر از سرعت واکنش در بازهٔ صفر تا ۲۰ ثانیه است.

B ۲۵۴ **۲** با توجه به غلظت استر، سرعت متوسط واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(0-50(s))=\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t}=\frac{-(0/66-1/41)mol.L^{-1}}{50s\times\frac{1min}{60s}}=0/9mol.L^{-1}.min^{-1}$$

۲۵ ثانیهٔ اول واکنش عبارت است از بازهٔ زمانی ۰ تا ۲۵ ثانیه و ۲۵ ثانیهٔ سوم واکنش نیز عبارت است از بازهٔ زمانی ۵۰ تا ۷۵ ثانیه:

$$\frac{\bar{R}(0-25(s))}{\bar{R}(50-75(s))}=\frac{\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t}}{\frac{-\Delta[\text{استر}]}{\Delta t}}=\frac{\frac{-(0/96-1/41)mol}{25s}}{\frac{-(0/46-0/66)mol}{25s}}=2/25$$

B ۲۵۵ **۴** واکنش تجزیهٔ آمید به‌صورت روبه‌رو است:

کربوکسیلیک اسید + آمین → آب + آمید

$$\bar{R}(0-40(s))=\frac{-\Delta n_{\text{آمید}}}{\Delta t}=\frac{-(2/8-6/4)mol}{40s}=\frac{3/6}{40}=0/09mol.s^{-1}$$

$$?g\ \text{آب}=3/6mol\ \text{آمید}\times\frac{1mol\ \text{آب}}{1mol\ \text{آمید}}\times\frac{18g\ \text{آب}}{1mol\ \text{آب}}=64/8g\ \text{آب}$$

B ۲۵۶ **۴** زنجیرهٔ کربنی پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، سیرشده است و به همین دلیل، این پلیمرها تمایل زیادی به انجام واکنش با دیگر مواد ندارند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): با توجه به ترکیب و ساختار متفاوت پلی‌استرها و پلی‌آمیدها، سرعت تجزیهٔ آن‌ها با هم فرق می‌کند.

گزینهٔ (۲): سرعت تجزیهٔ پلی‌استرها و پلی‌آمیدها، **بسیار کند** است.

گزینهٔ (۳): لباس‌های تهیه شده از پارچه‌های پلی‌استری و پلی‌آمیدی برای مدت طولانی قابل استفاده هستند، زیرا از استحکام بالایی برخوردار هستند.

B ۲۵۷ **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده مانند اتن، ساختاری شبیه به آلکان‌ها داشته و سیرشده هستند به همین دلیل تمایلی برای انجام واکنش ندارند.

عبارت (ب): جانداران ذره‌بینی توانایی تجزیهٔ پلیمرهای مصنوعی حاصل از مواد نفتی را ندارند.

عبارت‌های (پ) و (ت): استفاده از این پلیمرها، هر چند که صرفهٔ اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، الگوی مطلوبی نیست چرا که این پلیمرها برای مدت درازی در طبیعت باقی می‌مانند و سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شوند.

۲۵۸ (B) **۴** همهٔ عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

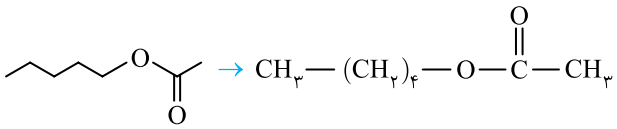
عبارت (پ): پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، با سایر مواد واکنش نمی‌دهند و برای مدت طولانی در طبیعت می‌مانند.

عبارت (ت): جانداران ذره‌بینی پلیمرهای طبیعی را به مواد ساده‌تر تجزیه می‌کنند و از آلودگی محیط زیست می‌کاهند.

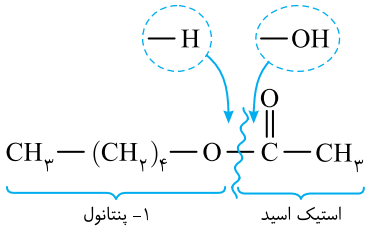
۲۵۹ (A) **۱** در پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به اتم‌های اطراف خود متصل است و این پلیمرها ساختاری شبیه به آلکان‌ها دارند و می‌توان گفت که زنجیرهٔ کربنی این پلیمرها سیرشده است.

۲۶۰ (A) **۳** نشانهٔ حک شده بر روی کالاها، شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد.

۲۶۱ (A) **۱** ابتدا فرمول نقطه - خط داده شده را به فرم ساختاری تبدیل می‌کنیم:



حال پیوند یگانهٔ (C—O) را شکسته و به (—C—)، گروه (OH) و به (—O—)، اتم H را متصل می‌کنیم:

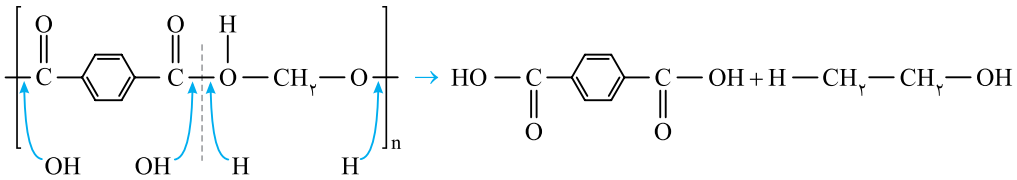


۲۶۲ (A) **۱** عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (آ): به‌طور معمول، بیشتر پلاستیک‌ها زیست‌تخریب‌پذیر نیستند.

عبارت (ت): چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، از ویژگی‌های پلاستیک‌ها است.

۲۶۳ (A) **۳** برای تجزیه و یا آبکافت پلی‌استرها به مونومرهای سازنده، پیوند یگانهٔ کربن - اکسیژن (C—O) در گروه عاملی استر شکسته می‌شود.



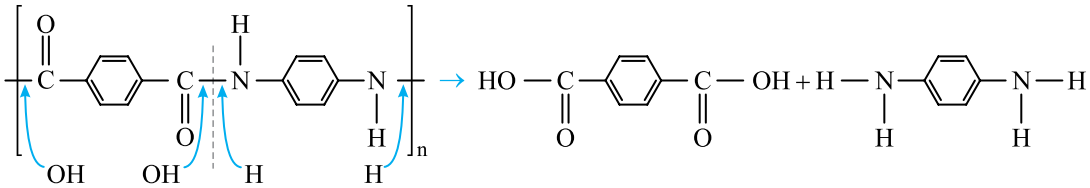
۲۶۴ (A) **۲** عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: ساختار داده شده یک پلی‌آمید است، زیرا در ساختار آن گروه عاملی آمیدی وجود دارد.

عبارت دوم: این پلیمر زیست‌تخریب‌ناپذیر است. زیرا برخلاف پلیمرهای طبیعی، در طبیعت توسط جانداران ذره‌بینی به مولکول‌های ساده و کوچک تبدیل نمی‌شود.

عبارت سوم: فرمول این پلیمر به‌صورت $\left[C_{14}H_{10}N_2O_2\right]_n$ است.

عبارت چهارم: آمین و اسید سازندهٔ این پلی‌آمید، هر دو آروماتیک هستند زیرا حلقهٔ بنزن دارند.



۲۶۵ (A) **۲** واکنش آبکافت استرها به شکل مقابل است:

استر + آب → کربوکسیلیک اسید + الکل

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,mol\ \text{الکل} = 18g\ \text{آب} \times \frac{1\,mol\ \text{آب}}{18g\ \text{آب}} \times \frac{1\,mol\ \text{الکل}}{1\,mol\ \text{آب}} = 1\,mol\ \text{الکل}$$

$$?\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید} = 18g\ \text{آب} \times \frac{1\,mol\ \text{آب}}{18g\ \text{آب}} \times \frac{1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید}}{1\,mol\ \text{آب}} = 1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول الکل}}{\text{ضریب مولی}} \Rightarrow \frac{18}{1\times 18} = \frac{n\,mol}{1} \Rightarrow n = 1\,mol\ \text{الکل}$$

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مول کربوکسیلیک اسید}}{\text{ضریب مولی}} \Rightarrow \frac{18}{1\times 18} = \frac{n\,mol}{1} \Rightarrow n = 1\,mol\ \text{کربوکسیلیک اسید}$$

B ۲۶۶ ۳ واکنش آبکافت اتیل اتانوات $(C_4H_8O_2)$ به‌صورت زیر است:

$$C_4H_8O_2+H_2O \rightarrow CH_3COOH+C_2H_5OH$$

$$\text{اتانول } ۳۴/۵g = \frac{\text{اتانول } ۴۶g}{\text{اتانول } ۱mol} \times \frac{\text{اتانول } ۱mol}{\text{اتیل اتانوات } ۱mol} \times \frac{\text{اتیل اتانوات } ۱mol}{\text{اتیل اتانوات } ۸۸g} \times \text{اتیل اتانوات } ۶۶g = \text{اتانول } ?g$$

B ۲۶۷ ۱ واکنش آبکافت متیل اتانوات $(C_3H_6O_2)$ در حضور مولکول آب به شکل زیر است:

$$C_3H_6O_2+H_2O \rightarrow CH_3OH+CH_3COOH$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\text{اتانوئیک اسید } ۳۰g = \frac{\text{اتانوئیک اسید } ۶۰g}{\text{اتانوئیک اسید } ۱mol} \times \frac{\text{اتانوئیک اسید } ۱mol}{\text{متیل اتانوات } ۱mol} \times \frac{\text{متیل اتانوات } ۱mol}{\text{متیل اتانوات } ۷۴g} \times \text{متیل اتانوات } ۳۷g = \text{اتانوئیک اسید } ?g$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم متیل اتانوات}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اتانوئیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۳۷}{۱ \times ۷۴} = \frac{m}{۱ \times ۶۰} \Rightarrow m = ۳۰g \text{ اتانوئیک اسید}$$

B ۲۶۸ ۴ واکنش تولید متانول و بوتانوئیک اسید از آبکافت متیل بوتانوات به شکل زیر است:

$$C_5H_{10}O_2+H_2O \rightarrow CH_3OH+C_3H_7COOH$$

$$\text{بوتانوئیک اسید } ۷۷g = \frac{\text{بوتانوئیک اسید } ۸۸g}{\text{بوتانوئیک اسید } ۱mol} \times \frac{\text{بوتانوئیک اسید } ۱mol}{\text{متانول } ۱mol} \times \frac{\text{متانول } ۱mol}{\text{متانول } ۳۲g} \times \text{متانول } ۲۸g = \text{بوتانوئیک اسید } ?g$$

C ۲۶۹ ۲ واکنش آبکافت اتیل پروپانوات به شکل زیر است:

$$C_2H_5COOC_2H_5+H_2O \rightarrow C_2H_5COOH+C_2H_5OH$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$\frac{\text{پروپانوئیک اسید } ۱mol}{\text{اتیل پروپانوات } ۱mol} \times \frac{\text{اتیل پروپانوات } ۱mol}{\text{اتیل پروپانوات } ۱۰۲g} \times \frac{\text{اتیل پروپانوات } ۵۱g}{\text{اتیل پروپانوات ناخالص } ۱۰۰g} \times \text{اتیل پروپانوات ناخالص } ۴۲g = \text{پروپانوئیک اسید } ?g$$

$$\times \frac{\text{پروپانوئیک اسید } ۷۴g}{\text{پروپانوئیک اسید } ۱mol} = ۱۵/۵۴g \text{ پروپانوئیک اسید}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتیل پروپانوات} \times \frac{\text{درصد خلوص}}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم پروپانوئیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۴۲ \times \frac{۵۱}{۱۰۰}}{۱ \times ۱۰۲} = \frac{m}{۱ \times ۷۴} \Rightarrow m = ۱۵/۵۴g \text{ پروپانوئیک اسید}$$

C ۲۷۰ ۲ واکنش آبکافت استر مورد نظر به شکل زیر است:

$$HCOOC_5H_{11}+H_2O \rightarrow HCOOH+C_5H_{11}OH$$

$$\text{پنتانول } ۶۶g = \frac{\text{الکل } ۸۸g}{\text{الکل } ۱mol} \times \frac{\text{الکل } ۱mol}{\text{پنتیل متانوات } ۱mol} \times \frac{\text{پنتیل متانوات } ۱mol}{\text{پنتیل متانوات } ۱۱۶g} \times \text{پنتیل متانوات } ۸۷g = \text{الکل } ?g$$

$$\text{الکل } ۴۹/۵g = \frac{۷۵}{۱۰۰} \times ۶۶g = \text{مقدار عملی فراورده} \Rightarrow \text{مقدار نظری فراورده} \times \frac{\text{بازدهٔ درصدی } (R)}{۱۰۰} = \text{مقدار عملی فراورده}$$

B ۲۷۱ ۴ واکنش آبکافت متیل اتانوات به شکل زیر است:

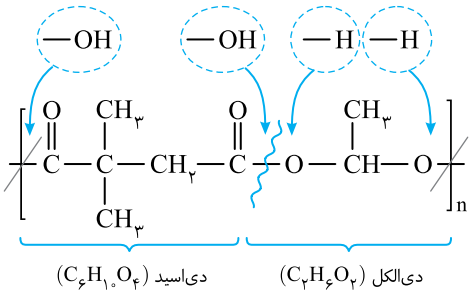
$$CH_3COOCH_3+H_2O \rightarrow CH_3COOH+CH_3OH$$

از تجزیهٔ هر مول متیل اتانوات، ۱مول اتانوئیک اسید که جرمی برابر با ۶۰ گرم دارد و ۱ مول متانول که جرمی برابر با ۳۲ گرم دارد، حاصل می‌شود. به عبارتی می‌توان گفت که از تجزیهٔ هر مول متیل اتانوات، ۹۲ گرم فراورده حاصل می‌شود که ۳۲ گرم از آن را متانول تشکیل می‌دهد.

$$\text{متانول } ۱۶g = \frac{\text{متانول } ۳۲g}{\text{فراورده } ۹۲g} \times ۴۶g = \text{جرم متانول در مخلوط فراورده‌ها}$$

$$\text{متانول } ۱۶g \times \frac{\text{متانول } ۱mol}{\text{متانول } ۳۲g} \times \frac{۱mol\ H_2O}{\text{متانول } ۱mol} \times \frac{۱۸g\ H_2O}{۱mol\ H_2O} = ۹g\ H_2O = ?g\ H_2O$$

۲۷۲ B **۳** ابتدا باید فرمول مولکولی دی‌الکل سازندهٔ پلی‌استر را به‌دست آوریم:



بنابراین فرمول مولکولی دی‌الکل سازندهٔ این پلی‌استر، $(C_2H_6O_2)$ و جرم مولی آن ۶۲ گرم است.

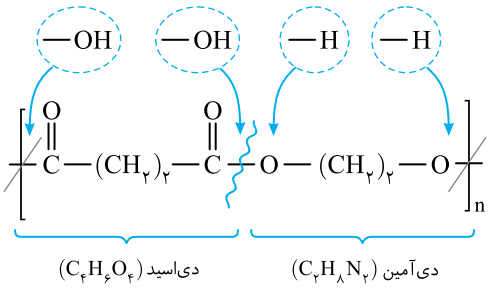
$$(C_8H_{12}O_4)_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n(C_6H_{10}O_4)+n(C_2H_6O_2)$$

با استفاده از ضرایب تبدیل، داریم:

$$?\,g\ \text{پلی‌استر} = 49/6g\ \text{دی‌الکل} \times \frac{1\,mol\ \text{دی‌الکل}}{62g\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{1\,mol\ \text{پلی‌استر}}{n\,mol\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{172n\,g\ \text{پلی‌استر}}{1\,mol\ \text{پلی‌استر}} = 137/6g\ \text{پلی‌استر}$$

۲۷۳ C **۴** با توجه به فرمول ساختاری پلی‌استر داده شده، می‌توان نتیجه گرفت که فرمول مولکولی پلی‌استر به‌صورت $(C_6H_8O_4)_n$ و جرم مولی آن، $144n$ می‌باشد.

حال باید دی‌الکل سازنده این پلی‌استر و جرم مولی آن را تشخیص دهیم:



بنابراین فرمول مولکولی دی‌الکل سازندهٔ این پلی‌استر $(C_2H_6O_2)$ و جرم مولی آن ۶۲ گرم است.

$$(C_6H_8O_4)_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n(C_4H_6O_4)+n(C_2H_6O_2)$$

با استفاده از کسرهای تبدیل، داریم:

$$?\,g\ \text{دی‌الکل ناخالص} = 96g\ \text{پلی‌استر} \times \frac{1\,mol\ \text{پلی‌استر}}{144n\,g\ \text{پلی‌استر}} \times \frac{n\,mol\ \text{دی‌الکل}}{1\,mol\ \text{پلی‌استر}} \times \frac{62g\ \text{دی‌الکل}}{1\,mol\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{100g\ \text{دی‌الکل ناخالص}}{33/33g\ \text{دی‌الکل}} = 124g$$

۲۷۴ B **۲** واکنش آبکافت استرها به‌صورت مقابل است:

کربوکسیلیک اسید + الکل ← آب + استر

$$?\,mol\ \text{الکل} = 18g\ \text{آب} \times \frac{1mol\ \text{آب}}{18g\ \text{آب}} \times \frac{1mol\ \text{الکل}}{1mol\ \text{آب}} = 1mol\ \text{الکل} \quad , \quad \bar{R}_{\text{الکل}} = \frac{\Delta n_{\text{الکل}}}{\Delta t} \Rightarrow \bar{R}_{\text{الکل}} = \frac{1mol}{20\,min} = 0/05\ mol.min^{-1}$$

۲۷۵ A **۴** واکنش تجزیهٔ آمیدها به شکل مقابل است:

اسید + آمین ← آب + آمید

$$?\,mol\ \text{آمین} = 36g\ \text{آب} \times \frac{1mol\ \text{آب}}{18g\ \text{آب}} \times \frac{1mol\ \text{آمین}}{1mol\ \text{آب}} = 2mol\ \text{آمین} \quad , \quad ?\,mol\ \text{اسید} = 36g\ \text{آب} \times \frac{1mol\ \text{آب}}{18g\ \text{آب}} \times \frac{1mol\ \text{اسید}}{1mol\ \text{آب}} = 2mol\ \text{اسید}$$

۲۷۶ B **۱** واکنش آبکافت آمید مورد نظر به شکل مقابل است:

$$C_6H_{13}ON+H_2O \rightarrow C_2H_7N+C_4H_8O_2$$

روش اول (ضریب تبدیل):

$$?\,g\ \text{آب} = 345g\ \text{آمید} \times \frac{1mol\ \text{آمید}}{115g\ \text{آمید}} \times \frac{1mol\ \text{آب}}{1mol\ \text{آمید}} \times \frac{18g\ \text{آب}}{1mol\ \text{آب}} = 54g\ \text{آب}$$

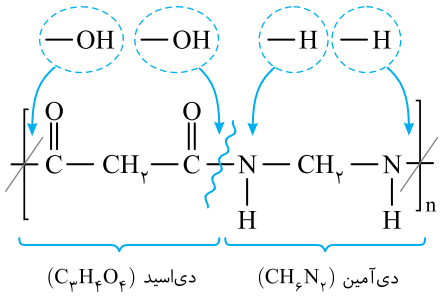
$$?\,g\ \text{آمین} = 345g\ \text{آمید} \times \frac{1mol\ \text{آمید}}{115g\ \text{آمید}} \times \frac{1mol\ \text{آمین}}{1mol\ \text{آمید}} \times \frac{45g\ \text{آمین}}{1mol\ \text{آمین}} = 135g\ \text{آمین}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آمید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{345g}{1\times115} = \frac{m}{1\times18} \Rightarrow m=54g\ \text{آب}$$

$$\frac{\text{جرم آمید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم آمین}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{345g}{1\times115} = \frac{m}{1\times45} \Rightarrow m=135g\ \text{آمین}$$

B ۲۷۷ ۳ با توجه به فرمول ساختاری پلی‌آمید، می‌توان نتیجه گرفت که فرمول مولکولی پلی‌آمید به‌صورت $(C_4H_6O_2N_2)_n$ و جرم مولی آن ۱۱۴n می‌باشد؛ حال باید دی‌اسید سازندهٔ این پلی‌آمید و جرم مولی آن را تشخیص دهیم:



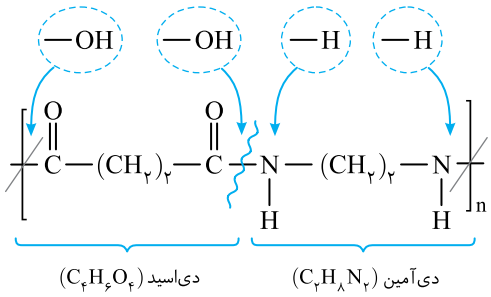
بنابراین فرمول مولکولی دی‌اسید به‌صورت $(C_4H_6O_4)$ و جرم مولی آن ۱۰۴ گرم است.

$$(C_4H_6O_2N_2)_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n(C_4H_6O_4)+n(CH_6N_2)$$

حال با استفاده از کسرهای تبدیل، داریم:

$$?g\ \text{اسید} = ۲۲۸g\ \text{پلی‌آمید} \times \frac{۱mol\ \text{پلی‌آمید}}{۱۱۴n\ g\ \text{پلی‌آمید}} \times \frac{n\ mol\ \text{اسید}}{۱mol\ \text{پلی‌آمید}} \times \frac{۱۰۴g\ \text{اسید}}{۱mol\ \text{اسید}} = ۲۰۸g\ \text{اسید}$$

B ۲۷۸ ۲ با توجه به فرمول ساختاری پلی‌آمید، فرمول مولکولی آن به‌صورت $(C_6H_{10}O_2N_2)_n$ و جرم مولی آن ۱۴۲n می‌باشد. حال باید فرمول مولکولی و جرم مولیِ دی‌آمین سازندهٔ این پلی‌آمید را تشخیص دهیم:



بنابراین فرمول مولکولی دی‌آمین سازندهٔ این پلی‌آمید به‌صورت $(C_2H_8N_2)$ و جرم مولی آن ۶۰ گرم است.

$$(C_6H_{10}O_2N_2)_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n(C_4H_6O_4)+n(C_2H_8N_2)$$

حال با استفاده از کسرهای تبدیل، داریم:

$$?g\ \text{پلی‌آمید} = ۴۵g\ \text{آمین} \times \frac{۱mol\ \text{آمین}}{۶۰g\ \text{آمین}} \times \frac{۱mol\ \text{پلی‌آمید}}{n\ mol\ \text{آمین}} \times \frac{۱۴۲n\ g\ \text{پلی‌آمید}}{۱mol\ \text{پلی‌آمید}} = ۱۰۶/۵g\ \text{پلی‌آمید}$$

C ۲۷۹ ۳ واکنش آبکافت پلی‌آمید مورد نظر به شکل زیر است:

$$(C_6H_{10}O_2N_2)_n \xrightarrow{\text{واکنش با آب}} n(C_2H_8N_2)+n(C_4H_6O_4)$$

به ازای آبکافت هر مول از این پلی‌آمید، ۸n مول اتم هیدروژن در مولکول‌های اسید دوعاملی تولید شده مشاهده می‌شود و ۶n مول اتم هیدروژن در مولکول‌های آمین دوعاملی تولید شده، مشاهده می‌شود.

$$?mol\ H = ۲۵۵/۶g\ \text{پلی‌آمید} \times \frac{۱mol\ \text{پلی‌آمید}}{۱۴۲n\ g\ \text{پلی‌آمید}} \times \frac{۱۴n\ mol\ H}{۱mol\ \text{پلی‌آمید}} = ۲۵/۲mol\ H$$

B ۲۸۰ ۲ واکنش پلی‌آمیدها با آب به‌صورت مقابل است:

دی‌اسید + دی‌آمین → آب + پلی‌آمید

$$?mol\ \text{دی‌اسید} = ۲\ mol\ \text{دی‌آمین} \times \frac{۱mol\ \text{دی‌اسید}}{۱mol\ \text{دی‌آمین}} = ۲mol\ \text{دی‌اسید}$$

$$\bar{R}_{\text{اسید}} = \frac{\Delta n_{\text{اسید}}}{\Delta t} = \frac{۲mol}{۲۵\,min} = ۰/۰۸mol.min^{-۱}$$

A ۲۸۱ ۲ پلیمرهای سبز را از **نشاستهٔ** موجود در **فراورده‌های کشاورزی** می‌سازند. برای این منظور، ابتدا نشاسته را به **لاکتیک اسید** تبدیل می‌کنند و پس از آن، لاکتیک اسید را به پلی‌لاکتیک اسید تبدیل می‌کنند.

A ۲۸۲ ۳ پلیمرهای سبز از **نشاسته** تولید می‌شوند و نشاسته هم از مولکول‌های **گلوکز** ساخته شده است که فرمول شیمیایی آن، به‌صورت $(C_6H_{12}O_6)$ است، پس عنصرهای موجود در گلوکز، در پلیمرهای سبز نیز وجود دارند. از این پلیمرها برای تولید انواع وسایل پلاستیکی مانند سطل زباله استفاده می‌شود.

B ۲۸۳ ۲ در ذرت، نیشکر و سیب‌زمینی **نشاسته** وجود دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): **پلی‌لاکتیک اسید**، در دستهٔ پلیمرهای سبز قرار دارد و در طبیعت تجزیه می‌شود.

گزینهٔ (۳): پلیمرهای سبز پس از گذشتن یک مدت کوتاه تجزیه می‌شوند.

گزینهٔ (۴): برای تولید **پلی‌لاکتیک اسید**، ابتدا باید نشاسته را به **لاکتیک اسید** تبدیل کرد.

B ۲۸۴ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (پ): **پلاستیک‌های** حاصل از پلیمرهای سبز، امکان تبدیل شدن به کود را دارند و به همین دلیل، ردپای **کوچک‌تری** از آن‌ها در محیط زیست می‌ماند.

۲۸۵ (B) **۲** عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): طی ۳۰ سال گذشته تولید الیاف **پشمی** افزایش پیدا نکرده اما تولید الیاف پلی‌استری و نخی افزایش پیدا کرده است.

عبارت (پ): الیاف سلولزی، طی عمل **ریسندگی** به نخ تبدیل می‌شوند.

۲۸۶ (B) **۳** اتیل استات یا اتیل اتانوات را می‌توان از واکنش بین اتانول و اتانوئیک اسید تولید کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): در ساختار پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده، در زنجیرهٔ کربنی پیوند دوگانه وجود ندارد و این پلیمرها تمایل کمی برای انجام واکنش‌های شیمیایی دارند.

گزینهٔ (۲): کولار از فولاد هم‌جرم خود ۵ برابر مقاوم‌تر است و گروه‌های **آمیدی** موجود در آن، از واکنش **آمین‌ها** و **کربوکسیلیک اسیدها** حاصل می‌شوند.

گزینهٔ (۴): برای تولید پلی‌استرها باید از اسیدهای دوعاملی استفاده کرد.

۲۸۷ (B) **۲** عنصرهای O ، N ، C و H در **پلی‌آمیدها** حضور دارند و عنصرهای C و H در ساختار **پلی‌استیرن** وجود دارند. از میان این عنصرها، نیتروژن و اکسیژن در ساختار پلی‌آمیدها حضور دارند اما در پلی‌استیرن وجود ندارند.

۲۸۸ (A) **۳** فرمول شیمیایی آمین حاصل به‌صورت (C_2H_7N) و فرمول شیمیایی اسید حاصل به‌صورت ($C_4H_8O_2$) است. ساختار این مولکول‌ها به شکل زیر است:

آمین: $H-N(CH_3)-CH_3$ جرم مولی: $45g.mol^{-1}$

اسید: $H_3C-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$ جرم مولی: $88g.mol^{-1}$

تفاوت جرم مولی اسید و آمین $=88-45=43g.mol^{-1}$

۲۸۹ (B) **۳** عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): حضور شوینده باعث تولید **آمین‌ها** می‌شود که وجود اتم‌های **نیتروژن**، خواص ویژه‌ای به این دسته از ترکیب‌ها می‌دهد.

عبارت (ب): فرمول شیمیایی سیانو اتن، به‌صورت (C_3H_3N) است.

عبارت (پ): در پلی‌آمیدها H متصل به N وجود دارد ($-C(=O)-N(H)-$) بنابراین می‌توانند پیوند هیدروژنی هم تشکیل دهند.

عبارت (ت): استرها در گروه مواد **آلی** قرار دارند.

۲۹۰ (B) **۱** اولین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها، متانوئیک اسید و ساده‌ترین آمین، متیل آمین است.

متانوئیک اسید: $H-C(=O)-O-H$

تعداد الکترون‌های ناپیوندی: ۸ عدد

متیل آمین: $H-N(H)-C(H)(H)-H$

تعداد الکترون‌های ناپیوندی: ۲ عدد

$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های ناپیوندی در متانوئیک اسید}}{\text{تعداد الکترون‌های ناپیوندی در متیل آمین}}=\frac{8}{2}=4$$

۲۹۱ (B) **۳** در مولکول‌های پلی‌اتن سنگین، همهٔ اتم‌های هیدروژن به اتم‌های کربن متصل هستند، پس امکان برقراری پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های این ماده وجود ندارد. مولکول‌های پلی‌اتن سنگین از یک سری زنجیرهٔ صاف و بدون شاخهٔ هیدروکربنی تشکیل شده‌اند که در آن‌ها هر اتم کربن با ۲ اتم هیدروژن پیوند اشتراکی دارد.

۲۹۲ (B) **۲** ویتامین «ث» و پلی‌استرها، هر دو از عنصرهای کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): پلی‌اتن سبک **شفاف** است و از مولکول‌های **شاخه‌دار** تشکیل شده است.

گزینهٔ (۳): از پلی‌پروپن برای ساختن سرنگ‌ها استفاده می‌شود که ساختار مونومر آن به‌صورت مقابل است:

$CH_2=C(H)(CH_3)$

گزینهٔ (۴): نیروی بین مولکولی غالب در میان الکل‌هایی که تعداد کربن‌های آن‌ها بیشتر از ۵ عدد است، از نوع **وان‌دروالسی** است.

۲۹۳ (B) **۴** همهٔ موارد درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): در سیانو اتن (C_3H_3N) و استیرن (C_8H_8) نسبت تعداد اتم‌های کربن به اتم‌های هیدروژن برابر با یک است.

عبارت (ب): در ساختار سیانو اتن یک پیوند سه‌گانه ($C\equiv N$) وجود دارد.

عبارت (پ): در ساختار هر مولکول استیرن، ۴ پیوند دوگانه وجود دارد و در ساختار هر مولکول تترافلوئورواتن هم ۴ اتم فلوئور وجود دارد.

عبارت (ت): ساختار پروپن و وینیل کلرید به شکل زیر است:

پروپن: $CH_2=C(CH_3)(H)$

وینیل کلرید: $CH_2=C(Cl)(H)$

سیانو اتن: $H_2C=C(H)(C\equiv N)$

۲۹۴ (C) **۱** در ساختار هر یک از واحدهای تکرار شوندهٔ پلی استیرن $(C_8H_8)_n$، ۳ پیوند دوگانه وجود دارد پس در ساختار یک مولکول پلی استیرن با n واحد تکرارشونده، ۳n پیوند دوگانه وجود دارد:

$$\text{پیوند دوگانه } ?\,mol = 8736g \text{ پلی استیرن} \times \frac{1\,mol \text{ پلی استیرن}}{104n\,g \text{ پلی استیرن}} \times \frac{3n\,mol \text{ پیوند دوگانه}}{1\,mol \text{ پلی استیرن}} = 252mol \text{ پیوند دوگانه}$$

واکنش تولید پلی وینیل کلرید به صورت زیر است:

$$n(H_2C{=}CHCl) \rightarrow (-CH_2-\overset{\overset{Cl}{|}}{CH}-)_n$$

به ازای مصرف شدن هر مول وینیل‌کلرید با جرم مولی ۶۲/۵ گرم بر مول، یک مول پیوند دوگانه شکسته می‌شود و ۶۲/۵ گرم پلیمر تولید می‌شود:

$$\text{پیوند دوگانه } ?\,mol = 1750g \text{ پلی وینیل کلرید} \times \frac{1mol \text{ پلی وینیل کلرید}}{62/5n\,g \text{ پلی وینیل کلرید}} \times \frac{n\,mol \text{ وینیل کلرید}}{1mol \text{ پلی وینیل کلرید}} \times \frac{1mol \text{ پیوند دوگانه}}{1mol \text{ وینیل کلرید}} = 28mol$$

$$\frac{\text{تعداد پیوندهای دوگانهٔ موجود در ۸۷۳۶ گرم پلی استیرن}}{\text{تعداد پیوندهای دوگانهٔ شکسته شده برای تولید ۱۷۵۰ گرم پلی وینیل کلرید}} = \frac{252mol}{28mol} = 9$$

۲۹۵ (C) **۳** واکنش تولید پلی متیل متااکریلات به شکل زیر است:

$$n\underbrace{(C_5H_8O_2)}_{\text{متیل متااکریلات}} \rightarrow \underbrace{(C_5H_8O_2)_n}_{\text{پلی‌متیل متااکریلات}}$$

$$\text{مولکول متیل متااکریلات } ? = 4/5kg \text{ پلی متیل متااکریلات} \times \frac{1000g \text{ پلی متیل متااکریلات}}{1kg \text{ پلی متیل متااکریلات}} \times \frac{1\,mol \text{ پلی متیل متااکریلات}}{100n\,g \text{ پلی متیل متااکریلات}} \times \frac{n\,mol \text{ متیل متااکریلات}}{1\,mol \text{ پلی متیل متااکریلات}}$$

$$\text{مولکول متیل متااکریلات } = 45 \times 6/02 \times 10^{23} = \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ مولکول متیل متااکریلات}}{1mol \text{ متیل متااکریلات}} \times$$

۲۹۶ (C) **۱** فرمول شیمیایی پلی‌پروپن به صورت $(C_3H_6)_n$ است. به ازای هر اتم کربن، ۲ اتم هیدروژن در ساختار این پلیمر وجود دارد:

$$?\,g\,C = 960g\,H \times \frac{1\,mol\,H}{1\,g\,H} \times \frac{1\,mol\,C}{2mol\,H} \times \frac{12g\,C}{1\,mol\,C} = 5760g\,C$$

فرمول شیمیایی پلی استیرن به صورت $(C_8H_8)_n$ است.

$$\text{پلی‌استیرن } ?\,g = 5760g\,C \times \frac{1\,mol\,C}{12g\,C} \times \frac{1\,mol \text{ پلی‌استیرن}}{8n\,mol\,C} \times \frac{104n\,g \text{ پلی‌استیرن}}{1\,mol \text{ پلی‌استیرن}} = 6240g \text{ پلی‌استیرن}$$

۲۹۷ (B) **۱** واکنش بوتانول با متانوئیک اسید، به شکل زیر است:

$$C_4H_9OH + HCOOH \rightarrow H_2O + HCOOC_4H_9$$

$$?\,g\,H_2O = 44/4g \text{ بوتانول} \times \frac{1mol \text{ بوتانول}}{74g \text{ بوتانول}} \times \frac{1mol\,H_2O}{1mol \text{ بوتانول}} \times \frac{18g\,H_2O}{1mol\,H_2O} = 10/8g\,H_2O$$

واکنش هگزانوئیک اسید با پروپانول به شکل زیر است:

$$C_5H_{11}COOH + C_3H_7OH \rightarrow H_2O + C_5H_{11}COOC_3H_7$$

در این مرحله باید جرم هگزانوئیک اسید مورد نیاز برای تولید $1/35g\,(10/8 \times \frac{1}{8})$ آب را به‌دست بیاوریم:

$$\text{هگزانوئیک اسید } ?\,g = 1/35g\,H_2O \times \frac{1mol\,H_2O}{18g\,H_2O} \times \frac{1mol \text{ هگزانوئیک اسید}}{1mol\,H_2O} \times \frac{116g \text{ هگزانوئیک اسید}}{1mol \text{ هگزانوئیک اسید}} = 8/7g \text{ هگزانوئیک اسید}$$

۲۹۸ (C) **۳** فرمول شیمیایی استرها به صورت $(C_nH_{2n}O_2)$ است؛ پس محاسبهٔ درصد جرمی کربن در آن‌ها به کمک رابطهٔ زیر، امکان‌پذیر است:

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{12n}{12n+2n+32} \times 100 \Rightarrow 66/67 = \frac{12n}{14n+32} \Rightarrow n = 8$$

واکنش تولید استر مورد نظر با فرمول $(C_8H_{16}O_2)$ به صورت زیر است:

$$C_5H_{11}OH + A \text{ کربوکسیلیک اسید} \rightarrow H_2O + C_8H_{16}O_2$$

طبق قانون پایستگی جرم، تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف واکنش باید با هم برابر باشد. با توجه به این قانون، فرمول شیمیایی اسید A باید به صورت $(C_3H_6O_2)$ باشد. فرمول شیمیایی نشان داده شده مربوط به پروپانوئیک اسید است:

$$\text{کربوکسیلیک اسید } ?\,g = 1/5\,mol \text{ کربوکسیلیک اسید} \times \frac{74g \text{ کربوکسیلیک اسید}}{1\,mol \text{ کربوکسیلیک اسید}} = 111g \text{ کربوکسیلیک اسید}$$

۲۹۹ C **۴** از میان استرهای داده شده، باید به دنبال استری باشیم که ۲ شرط را داشته باشد:

۱- تعداد اتم‌های کربن دو سمت گروه عاملی استری در آن با هم برابر باشد.

۲- طبق قانون پایستگی جرم، از ۰/۷ مول الکل و ۰/۷ مول اسید که مجموعاً ۱۳۳ گرم جرم دارند، ۰/۷ مول (۱۲/۶ گرم) آب و ۰/۷ مول استر که جرمی برابر با ۱۲۰/۴ گرم دارد تولید می‌شوند.

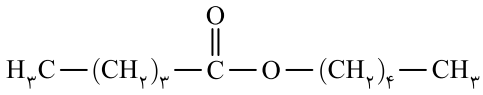
$$\text{جرم مولی استر} = \frac{\text{جرم نمونهٔ استر}}{\text{تعداد مول استر}} = \frac{۱۲۰/۴g}{۰/۷mol} = ۱۷۲\ g.mol^{-۱}$$

پس جرم مولی استر مورد نظر، باید برابر با ۱۷۲ گرم بر مول باشد. از طرفی، فرمول شیمیایی استرها به صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ است.

$$\text{جرم مولی استر} = ۱۷۲g.mol^{-۱} = ۱۲n+۲n+۳۲ \Rightarrow n=۱۰$$

پس فرمول شیمیایی باید به صورت $(C_{۱۰}H_{۲۰}O_۲)$ باشد.

تنها استر راست زنجیری که این دو شرط را به طورهمزمان دارد، پنتیل پنتانوات$(C_۴H_۹COOC_۵H_{۱۱})$ است که ساختار آن به صورت زیر است:



۳۰۰ C **۲** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): در ساختار ویتامین «آ» و «دی»، ساختارهای حلقوی از جنس اتم‌های کربن وجود دارد اما در ویتامین «ث»، حلقهٔ موجود از ۴ اتم کربن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است.

عبارت (ب): ویتامین «دی» در ساختار خود گروه عاملی استری ندارد.

۳۰۱ B **۱** فقط عبارت (ت) درست است. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): فرمول شیمیایی ویتامین «ث» به صورت $(C_۶H_۸O_۶)$ است و در ساختار هر مولکول این ویتامین، ۶ اتم اکسیژن وجود دارد.

عبارت (ب): در ساختار ویتامین «ث»، ۴ گروه عاملی الکلی وجود دارد که مولکول‌های این ویتامین از ناحیهٔ هر یک از این گروه‌های الکلی می‌توانند پیوند هیدروژنی برقرار کنند.

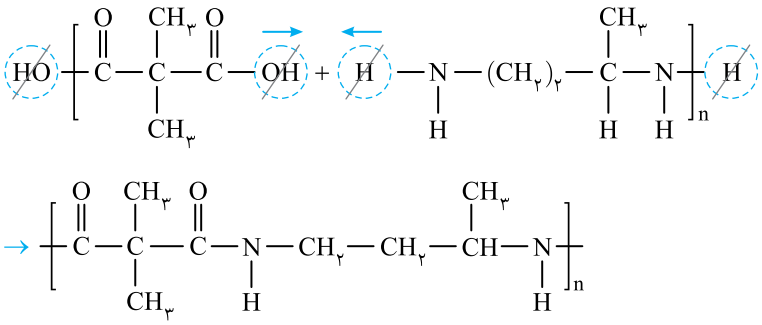
عبارت (پ): در مولکول‌های ویتامین «آ» یک گروه عاملی الکلی وجود دارد که از این ناحیه امکان برقراری پیوند هیدروژنی وجود دارد.

۳۰۲ B **۳** فراورده‌های اکسایش گلوکز، $CO_۲$ و $H_۲O$ هستند. با توجه به فرمول شیمیایی ویتامین «ث»، این ماده طی واکنش زیر، می‌سوزد:

$$C_۶H_۸O_۶(s)+۵O_۲(g) \rightarrow ۶CO_۲(g)+۴H_۲O(g)$$

$$?L\ CO_۲ = ۶۶g\ \text{ویتامین ث} \times \frac{۱mol\ \text{ویتامین ث}}{۱۷۶g\ \text{ویتامین ث}} \times \frac{۶mol\ CO_۲}{۱mol\ \text{ویتامین ث}} \times \frac{۲۲/۴\ L\ CO_۲}{۱mol\ CO_۲} = ۵۰/۴L\ CO_۲$$

۳۰۳ C **۳** ابتدا فرمول ساختاری پلی آمید را رسم می‌کنیم:



بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): فرمول شیمیایی واحد تکرارشونده در این پلیمر، به صورت $(C_۹H_{۱۶}N_۲O_۲)$ است.

گزینهٔ (۲): در فرمول ساختاری واحد تکرارشوندهٔ این پلیمر، ۲گروه $(CH_۲)$ میان دو اتم N وجود دارد.

گزینهٔ (۴): از آنجا که در این پلیمر اتم‌های هیدروژنی وجود دارند که به اتم‌های نیتروژن متصل هستند، امکان برقراری پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های این پلیمر وجود دارد.

۳۰۴ C **۲** فقط عبارت (الف) درست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): پلی سیانواتن از عناصر C، H و N تشکیل شده است که همهٔ این عناصر، در ساختار این پلی آمید وجود دارند.

عبارت (ب): این پلیمر از n واحد تکرارشونده تشکیل شده است که در هر یک از این واحدها، دو پیوند $(C=O)$ وجود دارد.

عبارت (پ): پلی آمیدها در اثر واکنش با مقدار کافی آب، به اسید دو عاملی و آمین دو عاملی سازنده خود تبدیل می‌شوند.

عبارت (ت): فرمول شیمیایی دی اسید حاصل به صورت $(C_۴H_۶O_۴)$ است.

۳۰۵ C **۲** تعداد اتم‌های هیدروژن در الکل برابر با ۸ اســت. با توجه به فرمول عمومی الکل‌ها که به صورت $(C_nH_{2n+2}O)$ اســت، فرمول شیمیایی الکل مورد نظر به شکل (C_3H_8O) می‌شود. واکنش تولید استر مورد نظر به شکل زیر است:

اسید+الکل (پروپانول)→آب+استر

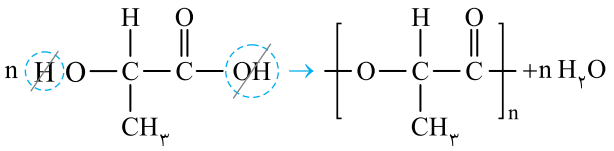
$$?\,g\ \text{پروپانول} = 32/4\,g\ H_2O \times \frac{1\,mol\ H_2O}{18\,g\ H_2O} \times \frac{1\,mol\ \text{پروپانول}}{1\,mol\ H_2O} \times \frac{60\,g\ \text{پروپانول}}{1\,mol\ \text{پروپانول}} = 108\,g\ \text{پروپانول}$$

طبق قانون پایستگی جرم، جرم مواد واکنش دهنده باید با مجموع جرم مواد فراورده برابر باشد.

جرم اسید + جرم پروپانول ⇒ جرم آب + جرم استر = جرم اسید − جرم آب

⇒ جرم استر = ۱۰۸g − ۳۲/۴g = ۷۵/۶g

۳۰۶ C **۳** لاکتیک اســید هم گروه عاملی هیدروکســیل $(-OH)$ دارد و هم گروه عاملی کربوکسیل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$. هنگامی که تعداد زیادی لاکتیک اسید کنار هم قرار می‌گیرند، H موجود در هیدروکسیل با OH موجود در کربوکسیل واکنش داده و مولکول آب تولید می‌شود:



در ضمن فرمول مولکولی لاکتیک اسید به‌صورت $(C_3H_6O_3)$ و فرمول مولکولی پلی لاکتیک اسید به‌صورت $(C_3H_4O_2)_n$ می‌باشد.

توجه **پلی‌لاکتیک اسیدها** در دستهٔ **پلیمرهای سبز** قرار دارند و پس از رها شدن در طبیعت به مولکول‌های ساده‌تر تبدیل می‌شوند.