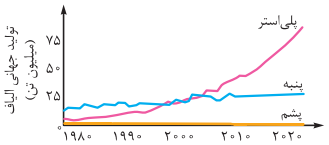


@DaneshSad

# فصل سوم: پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر

## مقدمه‌ای بر پوشاک و صنعت نساجی

- انسان، نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران و با گذشت زمان از بافت‌های گیاهی تهیه کرد.
- پوشاک علاوه بر پوشش بدن و محافظت بدن در برابر عوامل محیطی گوناگون مانند سرما و گرما، نور خورشید، باران، تگرگ، گزند حشرات و ...، نقش بزرگی در تمدن‌ها داشته است.
- رشد جمعیت جهان و افزایش مصرف پوشاک ← پدیدارشدن **صنعت نساجی** به شکل صنعتی ← **تأمین الیاف** (نیاز اصلی نساجی) ← محدودیت منابع طبیعی الیاف ← شناسایی و تولید **الیاف ساختگی** بر پایهٔ نفت



روند تولید الیاف پشمی، نخی و پلی‌استر در جهان (۲)



میزان نسبی الیاف تولیدشده در جهان (۱)

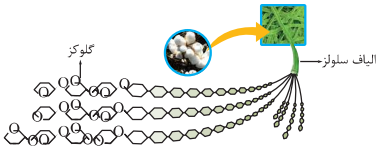
- امروزه بخش عمدهٔ پوشاک را الیاف ساختگی تشکیل می‌دهد. با توجه به نمودار (۲)، در دهه‌های اخیر، میزان تولید پلی‌استر که جزء الیاف ساختگی است، رشد سریع‌تری نسبت به میزان تولید نخ حاصل از الیاف پنبه (الیاف طبیعی) دارد.
- شکل زیر روند تهیهٔ پوشاک از الیاف طبیعی پنبه را نشان می‌دهد. *(هر مرحله و نام فرایندشو تو ذهنتون save کنین!)*




## الیاف و درشت‌مولکول‌ها

- **الیاف**
  - طبیعی (در طبیعت یافت می‌شود.) ← مانند پنبه ← حدود نیمی از لباس‌های تولیدی در جهان از پنبه تهیه می‌شود. علاوه بر پوشاک در تهیه رویهٔ مبل، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل و ... استفاده می‌شود.
  - ساختگی (در طبیعت یافت نشده و از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکت‌های پتروشیمی تولیدمی‌شود.) ← مانندپلی‌استر، نایلون،تفلون و ... ← تهیهٔ پارچه، پوشاک، انواع پوشش‌ها، ظروف نچسب، یک‌بارمصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و ...

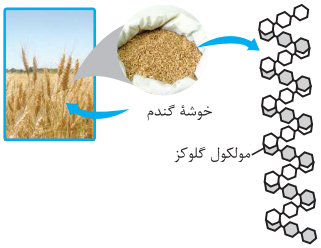
- پنبه از الیاف سلولز تشکیل شده است. هر یک از مولکول‌های سلولز زنجیره‌ای بسیار بلند است که از اتصال تعداد بسیاری گلوکز به یکدیگر ساخته می‌شود.
- همان‌طور که در شکل می‌بینید، در سلولز، مولکول‌های گلوکز توسط اتم‌های اکسیژن به هم وصل شده‌اند.



نمایی ساده از الیاف سلولز و مولکول‌های سازندهٔ آن در پنبه

- **مواد مولکولی**
  - مولکول‌های کوچک و متوسط (تعداد اتم‌ها و جرم مولی کم یا متوسط) ← مانند: $Br_2$ ، $CO_2$ ، $C_3H_8$ (پروپان)، $C_6H_{12}O_6$ (گلوکز)، $C_2H_4$ (اتن) و ...
  - درشت‌مولکول‌ها (تعداد اتم‌ها و جرم مولی زیاد)
    - فاقد واحد تکرارشونده ← مانند روغن زیتون
    - دارای واحد تکرارشونده ← پلیمر ← مانند سلولز، نشاسته، انسولین، پروتئین موجود در پشم، ابریشم (پلیمرهای طبیعی) و پلی‌اتن، تفلون، نایلون (پلیمرهای ساختگی)

- سلولز و نشاسته هر دو جزء درشت‌مولکول‌های طبیعی از نوع پلیمر هستند و از اتصال مولکول‌های گلوکز به یکدیگر ساخته شده‌اند؛ اما نحوهٔ اتصال آن‌ها متفاوت است.
***یه نگاه دیگه به ساختار سلولز که قبلاً براتون آوردیم بندازین و با ساختار نشاسته مقایسه‌ش کنید!***

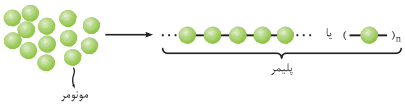


(نشاسته)

- با توجه به جرم زیاد درشت‌مولکول‌ها، در کل نیروهای بین مولکولی در آن‌ها نسبت به مولکول‌های کوچک، بیشتر است.

## پلیمری شدن (بسپارش)

واکنشی که در آن مولکول‌های کوچک (و خاص!) در شرایط مناسب به یکدیگر متصل شده و مولکول‌هایی با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد تولید می‌کنند. به واکنش‌دهنده‌ها (مولکول‌های کوچک) در واکنش بسپارش، مونومر (تک‌پار) می‌گویند.



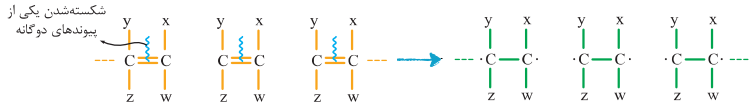

@DaneshSad

## – پلیمرهای افزایشی –

پلیمرهای هستند که در واکنش مربوط به تهیهٔ آن‌ها، تعداد زیادی مونومر به یکدیگر متصل شده و پلیمری به دست می‌آید که جرم مولی آن با مجموع جرم مولی مونومرهای سازنده، برابر است.

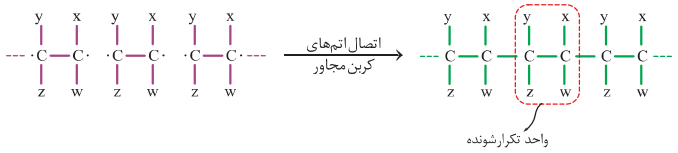
در ساختار مونومرهای سازندهٔ این پلیمرها، باید پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن ( $C=C$ ) وجود داشته باشد.

در واکنش تهیهٔ پلیمرهای افزایشی: ۱) یکی از پیوندهای دوگانهٔ کربن ـ کربن در مونومرها، شکسته می‌شود.



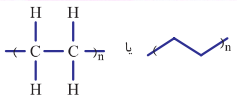
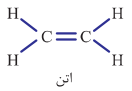
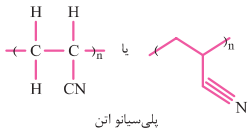
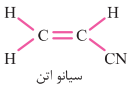
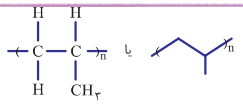
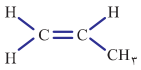
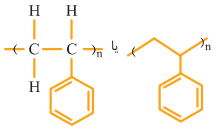
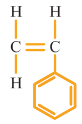
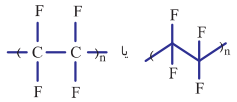
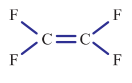
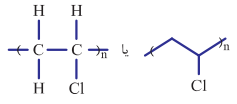
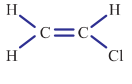

(مونومرها)

۲) گونه‌های حاصل که حاوی دو اتم کربن با الکترون جفت‌نشده (تک) هستند، از سوی اتم‌های کربن به گونه‌های مجاور متصل می‌شوند و پیوندهای یگانهٔ کربن ـ کربن جدید و در نتیجه یک زنجیرهٔ بلند از واحدهای تکرارشونده را ایجاد می‌کنند.




(پلیمر)

همهٔ نکات پلی‌اتن و مشتقات آن را در جدول زیر ببینید:

| کاربرد | نام و ساختار پلیمر | نام و ساختار مونومر |
|---|---|---|
| کیسه‌های پلاستیکی، لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب یا بطری پلاستیکی |  پلی‌اتن |  اتن |
| فرش، پارچه، پتو |  پلی‌سیانو اتن |  سیانو اتن |
| به عنوان پلاستیک در تجهیزات آزمایشگاهی و پزشکی مانند سرنگ |  پلی‌پروپن |  پروپن |
| به عنوان پلاستیک در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی مانند ظروف یک‌بارمصرف |  پلی‌استیرن |  استیرن |
| ظروف نچسب، نخ دندان، کف اتو، نوارهای آب‌بندی لوله‌ها |  پلی‌تترافلوئورو اتن یا تفلون |  تترافلوئورو اتن |
| لوله‌های انتقال آب، فاضلاب و گاز، کیسهٔ خون |  پلی‌وینیل کلرید |  وینیل کلرید (کلرو اتن) |

تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در واکنش پلیمری‌شدن امکان ندارد. به همین دلیل نمی‌توان برای آن‌ها فرمول مولکولی و جرم مولی **دقیق** نوشت.

جرم مولی پلیمرهای افزایشی را می‌توان به تقریب از رابطهٔ مقابل به دست آورد:

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر}$$

($n$: شمار واحدهای تکرارشونده)

پلی‌اتن و پلی‌پروپن برخلاف مونومرهای سازندهٔ خود (اتن و پروپن)، هیدروکربن‌هایی سیرشده‌اند.

تفلون نام تجاری پلیمری است که پلانکت به طور اتفاقی آن را کشف کرد.

@DaneshSad

**ویژگی‌های تفلون**
- نقطهٔ ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است.
- از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد.
- در حلال‌های آلی مانند هگزان حل نمی‌شود و نچسب است.
- مونومر سازندهٔ آن تترافلوئورواتن، **گازی** است که در سردکننده‌ها، کاربرد دارد.

**مثال** جرم هر متر نخ‌دندان حدود ۶ g است. اگر ۸۰ درصد نخ‌دندان را تفلون تشکیل داده باشد، در یک بسته نخ‌دندان (۵۵ متر)، به تقریب چه عداد اتم فلوئور به کار رفته است؟ $(F=19, C=12 : g.mol^{-1})$

۱) $6/3\times10^{24}$ ۲) $6/3\times10^{23}$ ۳) $7/9\times10^{24}$ ۴) $7/9\times10^{23}$

**پاسخ** گزینهٔ (۱)

ابتدا جرم تفلون به‌کاررفته در یک بسته نخ‌دندان را حساب می‌کنیم:

$$55\ m\ \text{نخ‌دندان}\times\frac{6\ g\ \text{نخ‌دندان}}{1\ m\ \text{نخ‌دندان}}\times\frac{80\ g\ \text{تفلون}}{100\ g\ \text{نخ‌دندان}}=264\ g\ \text{تفلون}$$

با توجه به قانون پایستگی جرم، برای تهیهٔ ۲۶۴ گرم تفلون، ۲۶۴ گرم از مونومر سازندهٔ آن یعنی $C_2F_4$ باید مصرف شود. حالا شمار اتم‌های فلوئور را در ۲۶۴ گرم $C_2F_4$ حساب می‌کنیم. جرم مولی این ترکیب، ۱۰۰ گرم بر مول است:

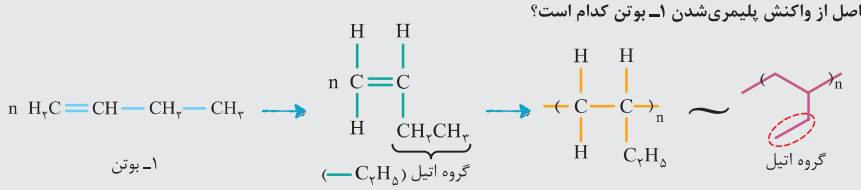
$$264\ g\ C_2F_4\times\frac{1\ mol\ C_2F_4}{100\ g\ C_2F_4}\times\frac{4\ mol\ F}{1\ mol\ C_2F_4}\times\frac{6/02\times10^{23}\ atom\ F}{1\ mol\ F}\simeq6/3\times10^{24}$$

## به دست آوردن فرمول و ساختار مونومر یا پلیمر، در واکنش بسپارش پلیمرهای افزایشی:

اگر ساختار مونومر را داشته باشیم، برای به دست آوردن فرمول یا ساختار پلیمر، کافی است در ساختار مونومر، ابتدا دو کربنی که با پیوند دوگانه به هم متصل‌اند را نوشته و دیگر گروه‌های متصل به آن‌ها را در بالا و پایین این دو کربن به فرم  قرار دهیم و بعد از این کار، پیوند $C=C$ را به $C-C$ تبدیل کرده و واحد تکرارشوندهٔ به دست آمده را داخل پرانتز قرار داده و زیروند n را جلوی آن بنویسیم.

**مثال** فراوردهٔ حاصل از واکنش پلیمری‌شدن ۱ـ بوتن کدام است؟

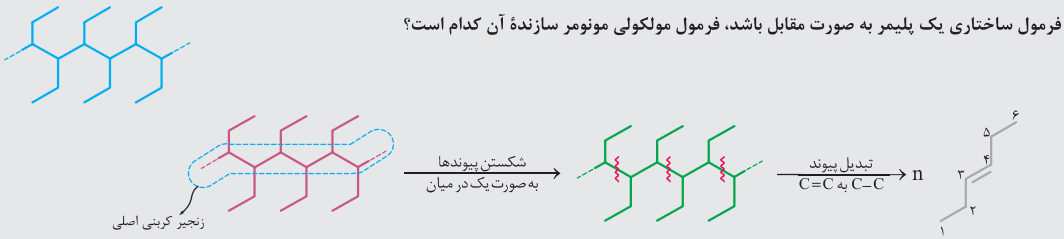
**پاسخ**




اگر ساختار یک پلیمر داده شود و مونومر سازندهٔ آن را از شما بخواهند، ابتدا در زنجیر کربنی اصلی پلیمر، پیوندها را به صورت یک در میان بشکنید و سپس پیوند یگانهٔ بین دو کربن متوالی متصل به هم را به پیوند دوگانه تبدیل کنید.

**مثال** اگر فرمول ساختاری یک پلیمر به صورت مقابل باشد، فرمول مولکولی مونومر سازندهٔ آن کدام است؟

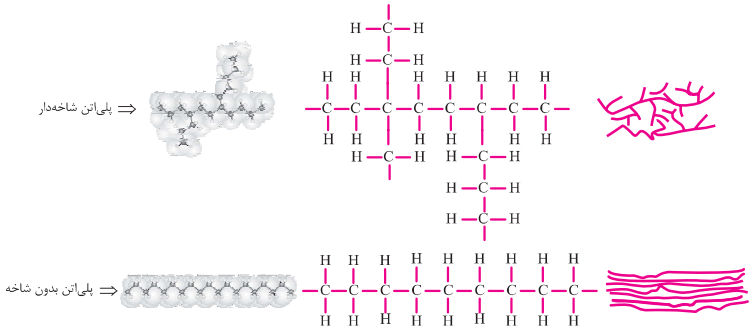
**پاسخ**




۳ـ هگزن $(C_6H_{12})$

## پلی‌اتن سبک و سنگین

مونومرهای اتن $(C_2H_4)$ در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری‌شدن، پلی‌اتن‌هایی با ساختار، جرم مولی میانگین و ویژگی‌های متفاوت پدید می‌آورد. جرم مولی میانگین پلی‌اتن‌های حاصل به مقدار کاتالیزگرهای واکنش مانند آلومینیم و تیتانیم بستگی دارد.




@DaneshSad

| نوع پلی‌اتن | سبک | سنگین |
|---|---|---|
| ساختار | شاخه‌دار | بدون شاخه |
| فرمول مولکولی | $-(C_2H_4)_n-$ | $-(C_2H_4)_n-$ |
| نوع نیروی بین مولکولی | وان‌درواسی | وان‌درواسی |
| شفاف یا کدر بودن | شفاف | کدر |
| کاربرد | ساخت کیسه‌های پلاستیکی شفاف | ساخت لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب، بطری کدر شیر و اسباب‌بازی |
| چگالی | $0/92\ g.cm^{-3}$ | $0/97\ g.cm^{-3}$ |
| سختی و استحکام، چگالی، نقطهٔ ذوب و قدرت نیروهای بین مولکولی | پلی‌اتن سبک < پلی‌اتن سنگین | |

برای مطالعهٔ دستهٔ دیگری از پلیمرها (پلیمرهای تراکمی)، *نیازه تا اول بریم سراغ* آشنایی با خانواده‌هایی از ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها، اسیدها، استر و ...

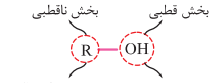
## الکل‌ها

- الکل‌ها، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که دارای یک یا چند گروه عاملی هیدروکسیل $(-OH)$ اند.

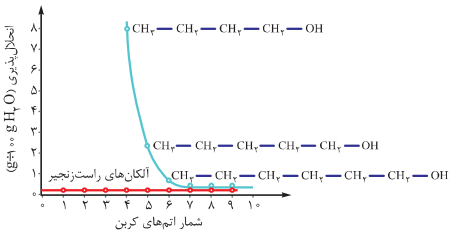
فرمول عمومی الکل‌های یک‌عاملی: $R-OH$

فرمول عمومی الکل‌های یک عاملی سیرشده $(R = \text{آلکیل})$: $C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$

- الکل‌های یک‌عاملی سیرشده نسبت به آلکان هم‌کربن خود تنها ۱ اتم اکسیژن بیشتر دارند و برای نام‌گذاری آن‌ها، به آخر نام آلکان هم‌کربن، پسوند «ـ ول» اضافه می‌شود. مانند: متانول $(CH_3OH)$، اتانول $(C_2H_5OH)$.




- الکل‌ها $(R-OH)$ دو بخش **قطبی** و **ناقطبی** و در نتیجه **دو نوع** نیروی جاذبهٔ بین مولکولی دارند.
- با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی بین مولکولی وان‌درواسی بر پیوند هیدروژنی غلبه می‌کند و ویژگی‌های ناقطبی الکل افزایش می‌یابد.
- نمودار مقابل انحلال‌پذیری الکل‌ها و آلکان‌های هم‌کربن با آن‌ها، در آب را نشان می‌دهد.




با توجه به نمودار:

- **الکل‌ها (ROH)**
  - از ۱ تا ۵ اتم کربن ← مولکول به طور عمده قطبی و پیوند هیدروژنی بر نیروی وان‌درواسی غلبه دارد.
    - از ۱ تا ۳ اتم کربن ← به هر نسبت در آب حل می‌شوند.
    - ۴ و ۵ اتم کربن ← به خوبی در آب حل می‌شوند.
  - بیش از ۵ اتم کربن ← مولکول به طور عمده ناقطبی و نیروی وان‌درواسی بر پیوند هیدروژنی غلبه دارد. ← کم‌تر از ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شوند.

- با افزایش شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها، شیب منحنی انحلال‌پذیری آن‌ها در آب کاهش می‌یابد؛ به عبارتی با افزایش شمار اتم‌های کربن، تفاوت انحلال‌پذیری دو الکل متوالی کاهش می‌یابد.
- با افزایش شمار اتم‌های کربن (افزایش جرم مولی) در الکل‌ها، به دلیل افزایش نیروهای بین مولکولی، نقطهٔ جوش آن‌ها افزایش می‌یابد.
- همهٔ آلکان‌ها ناقطبی و نامحلول در آب هستند و نمودار انحلال‌پذیری آن‌ها به صورت خط افقی نزدیک به صفر است.
- نمودار انحلال‌پذیری الکل‌های ۷کربنه به بعد، به نمودار انحلال‌پذیری آلکان هم‌کربن خود بسیار نزدیک است.
- اتانول (دومین عضو خانوادهٔ الکل‌ها)، الکلی بی‌رنگ و فرّار است و به هر نسبتی در آب حل می‌شود. یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است و در بیمارستان‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود.

## کربوکسیلیک اسیدها

کربوکسیلیک اسیدها، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختارشان حداقل یک گروه عاملی کربوکسیل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ وجود دارد.



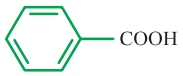

فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی ⇒

فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدهای سیرشدهٔ یک عاملی $(R = \text{H یا آلکیل})$: $C_nH_{2n}O_2$

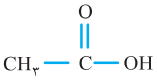
@DaneshSad

کربوکسیلیک اسیدها دو بخش **قطبی** و **ناقطبی** و در نتیجه **دو نوع** نیروی جاذبهٔ بین مولکولی دارند. با افزایش طول زنجیره هیدروکربنی، نقطهٔ جوش آن‌ها افزایش (به دلیل افزایش جرم مولی و افزایش نیروهای بین مولکولی) ولی انحلال‌پذیری آن‌ها در آب، کاهش می‌یابد.

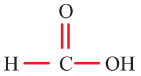
مزهٔ ترش میوه‌هایی مانند انگور، لیموترش، کیوی، گوجه‌سبز و ... ناشی از وجود کربوکسیلیک اسیدها در آن‌هاست.



بنزوئیک اسید ($C_7H_6O_2$)
(کربوکسیلیک اسید آروماتیک)
موجود در تمشک و توت‌فرنگی
(یکی از نگهدارنده‌های مواد غذایی)



اتانوئیک (استیک) اسید
(آشناترین عضو خانواده)
موجود در سرکه

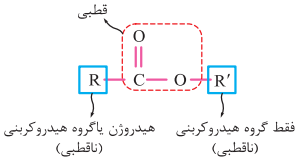


متانوئیک (فرمیک) اسید
(اولین عضو خانواده)
بر اثر گزش مورچهٔ سرخ وارد بدن شده
و ایجاد سوزش می‌کند.

## استرها

استرها، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختارشان گروه عاملی استری () وجود دارد.

فرمول عمومی استرهای یک‌عاملی:

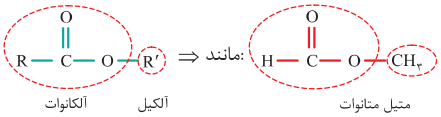



فرمول عمومی استرهای یک‌عاملی با گروه(های) هیدروکربنی سیرشده: $C_nH_{2n}O_2$

استرها و کربوکسیلیک اسیدهای سیرشده با تعداد اتم‌های کربن برابر، **ایزومر (هم‌پار)** یکدیگرند. (فرمول مولکولی یکسان ولی فرمول ساختاری متفاوت دارند.)

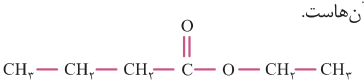
در گروه عاملی استری، H متصل به FON وجود ندارد، بنابراین استرها با مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌دهند؛ از این رو نقطهٔ جوش کم‌تری نسبت به کربوکسیلیک اسید هم‌کربن (ایزومر) خود دارند.

نام‌گذاری استرها:



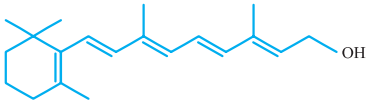

اغلب استرها خوش‌بو هستند، منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و بو و طعم میوه‌ها به دلیل وجود استرها در آن‌هاست.

بو و طعم آناناس ناشی از وجود استر اتیل‌بوتانوات در آن است.

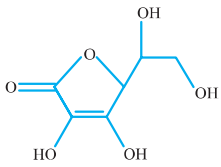


### ویتامین‌ها

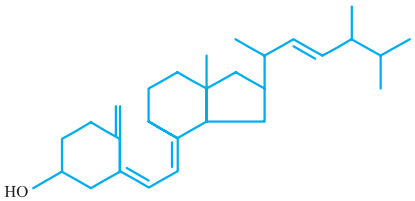
کتاب درسی برای مقایسه و درک بهتر انحلال‌پذیری ترکیب‌های آلی دارای دو بخش قطبی و ناقطبی، در آب و چربی، *ساختار چند تا از ویتامین‌ها رو براتون آورده، تو جدول زیر تمام نکته‌هایی که لازمه در موردشون بلد باشین رو، براتون جمع کردیم.*



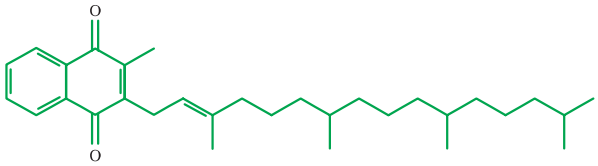
ویتامین A (آ)



ویتامین C (ث)



ویتامین D (دی)



ویتامین K (کا)

@DaneshSad

| نام ویتامین | محلول در آب یا چربی | فرمول مولکولی | تعداد پیوندهای اشتراکی | گروه(های) عاملی | آروماتیک یا غیرآروماتیک |
|---|---|---|---|---|---|
| آ (A) | چربی | $C_{۲۰}H_{۳۰}O$ | ۵۶ | ۱ گروه هیدروکسیل ( —OH ) | غیرآروماتیک |
| ث (C) | آب | $C_۶H_۸O_۶$ | ۲۲ | ۴ گروه هیدروکسیل ( —OH ) و ۱ گروه استری( —C(=O)—O— ) | غیرآروماتیک |
| دی (D) | چربی | $C_{۲۸}H_{۴۴}O$ | ۷۹ | ۱ گروه هیدروکسیل ( —OH ) | غیرآروماتیک |
| کا (K) | چربی | $C_{۳۱}H_{۴۶}O_۲$ | ۸۷ | ۲ گروه کتونی ( —C(=O)— ) | آروماتیک |

## نکته

برای محاسبهٔ تعداد اتم‌های هیدروژن و تعداد پیوندهای اشتراکی در یک ترکیب آلی می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

تعداد اتم‌های هیدروژن در ترکیبی با $n$ اتم کربن $= (۲n+۲) - (\text{تعداد پیوندهای دوگانه} \times ۲) - (\text{تعداد پیوندهای سه گانه} \times ۴) - (\text{تعداد حلقه‌ها} \times ۲) + (\text{تعداد اتم‌های نیتروژن} \times ۱)$

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی (کووالانسی) در یک ترکیب آلی} = \frac{(\text{تعداد اتم‌های N} \times ۳) + (\text{تعداد اتم‌های O} \times ۲) + (\text{تعداد اتم‌های H} \times ۱) + (\text{تعداد اتم‌های C} \times ۴)}{۲}$$

به طور مثال، ویتامین آ، ۲۰ اتم کربن دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

شمار اتم‌های هیدروژن در ویتامین A (آ): $[\underbrace{(۲\times ۲۰)+۲}_{۲n+۲}] - \underbrace{(۵\times ۲)}_{\text{پیوندهای دوگانه}} - \underbrace{(۱\times ۲)}_{\text{حلقه}} = ۳۰$

شمار پیوندهای اشتراکی در ویتامین A (آ): $(C_{۲۰}H_{۳۰}O) = \frac{(۲۰\times ۴)+(۳۰\times ۱)+(۱\times ۲)}{۲} = \frac{۱۱۲}{۲} = ۵۶$

ویتامین آ، در هویج، ویتامین سی در پرتقال و مرکبات، ویتامین دی در شیر و ویتامین کا، در کلم و کاهو به مقدار زیاد وجود دارد.

## واکنش استری‌شدن

یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها $(R-COOH)$ و الکل‌ها $(R'-OH)$، واکنش میان آن‌هاست. این مواد در شرایط مناسب (در حضور یک کاتالیزگر اسیدی مثل $H_۲SO_۴$ یا به طور کلی $H^+$) واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب $(H_۲O)$، به استر $(R-COOR')$ تبدیل می‌شوند. این واکنش، **واکنش استری‌شدن** نام دارد.

**معادلهٔ کلی واکنش استری‌شدن:**

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + R'-OH \underset{}{\overset{H_۲SO_۴}{\rightleftharpoons}} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + H_۲O$$

کربوکسیلیک اسید — الکل — استر — آب

واکنش استری‌شدن یک **واکنش برگشت‌پذیر** است؛ یعنی امکان انجام واکنش برگشت هم، در شرایط مناسب وجود دارد. به واکنش برگشت؛ یعنی واکنش یک استر با آب و تبدیل آن به الکل و اسید سازنده‌اش، **آبکافت** استر گفته می‌شود.

برای به دست آوردن الکل و اسید سازندهٔ یک استر، کافی است پیوند یگانهٔ $C-O$ در ساختار استر را شکسته و به کربن پیوند شکسته‌شده، $OH$ و به اکسیژن پیوند شکسته‌شده، $H$ اضافه کنیم تا به ترتیب اسید و الکل سازندهٔ استر به دست آید.

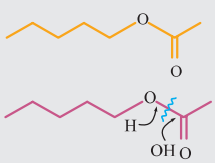
**معادلهٔ کلی واکنش آبکافت استر:**

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + H_۲O \underset{}{\overset{H_۲SO_۴}{\rightleftharpoons}} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + R'-OH$$

استر — آب — کربوکسیلیک اسید — الکل

دقت کنید که واکنش استری‌شدن (و آبکافت استر)، سرعت کمی دارد؛ به همین دلیل از کاتالیزگر اسیدی، برای افزایش سرعت آن استفاده می‌شود.

**مثال** بوی موز، اغلب مربوط به ترکیبی با ساختار زیر است. کربوکسیلیک اسید و الکل سازندهٔ آن، کدام‌اند؟ (تجربی داخل ۹۶)



۱) استیک اسید، ۱ـ پنتانول
۲) فورمیک اسید، ۱ـ بوتانول
۳) استیک اسید، ۱ـ بوتانول
۴) فورمیک اسید، ۱ـ پنتانول

**پاسخ** گزینهٔ (۱)



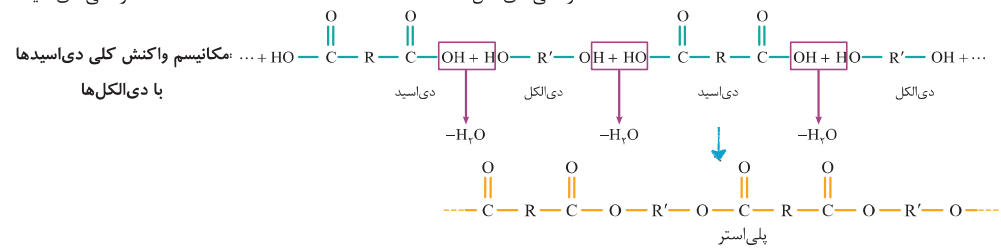

@DaneshSad

## پلی‌استرها

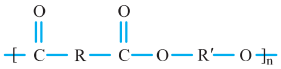
اگر واکنش‌دهنده‌ها در واکنش استری‌شدن، به جای الکل یک‌عاملی و کربوکسیلیک اسید یک عاملی، **الکل دوعاملی (دی الکل)** و **کربوکسیلیک اسید دوعاملی (دی اسید)** باشند، واکنش‌های استری‌شدن ادامه پیدا می‌کنند و در نهایت درشت مولکولی (پلیمری) با زنجیر بلند که شامل تعداد بسیار زیادی گروه عاملی استری است، تشکیل می‌شود که به آن **پلی‌استر** می‌گویند.

ساختار کلی دی‌اسیدها: $HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ ساختار کلی دی‌الکل‌ها: $HO-R'-OH$

**مکانیسم واکنش کلی دی‌اسیدها با دی‌الکل‌ها:**




- فرمول کلی پلی‌استر تولیدشده را می‌توان به صورت مقابل نشان داد:



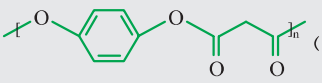
- از واکنش $n$ مولکول دی‌اسید و $n$ مولکول دی‌الکل، $2n-1$ مولکول آب و ترکیبی با $2n-1$ گروه عاملی استری تولید می‌شود.

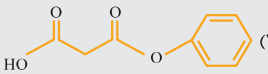
$$n\ (\text{دی اسید}) + n\ (\text{دی‌الکل}) \rightarrow \text{ترکیبی با } (2n-1) \text{ گروه استری (پلی‌استر)} + (2n-1)\,(H_2O)$$

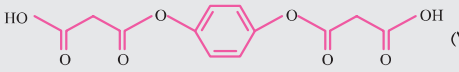
**تذکر** در واکنش قبل، اگر تعداد مولکول‌های دی‌اسید و دی‌الکل واکنش‌دهنده، کم باشد ($n$ کوچک، مثلاً ۴ مولکول دی‌اسید و ۴ مولکول دی‌الکل)، برای مولکول به دست آمده در فراورده، دیگر نام پلیمر را به کار نمی‌بریم و تعداد مولکول‌های آب تولیدشده را برابر $2n-1$ در نظر می‌گیریم. ولی در $n$های بزرگ (تعداد مولکول‌های دی‌اسید و دی‌الکل زیاد)، که مولکول حاصل پلیمر (درشت‌مولکول) است، تعداد مولکول‌های آب تولیدشده در محاسبات را به جای $2n-1$ برابر با $2n$ در نظر می‌گیریم.

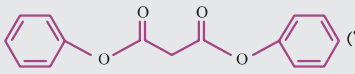
**مثال** **اگر مقدارهای کافی از دو مولکول روبه‌رو با هم واکنش دهند، ساختار نهایی فراوردهٔ آلی حاصل از واکنش، کدام است؟**



۱)


۲)


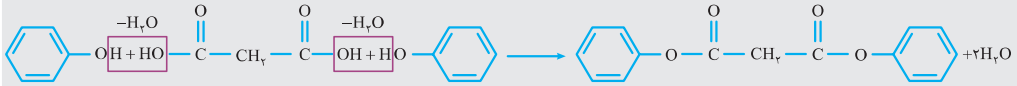
۳)


۴)


**پاسخ** گزینهٔ (۴)

الکل داده‌شده، یک الکل یک‌عاملی است (دی‌الکل نیست)، پس واکنش این دو مولکول منجر به تولید پلی‌استر نمی‌شود (رد گزینهٔ (۱)).

اسید داده‌شده، یک دی‌اسید است، پس از دو طرف (دو سر اسیدی خود) می‌تواند با یک مولکول الکل داده‌شده واکنش دهد:

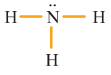


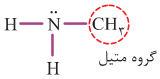

(یک مولکول با دو گروه استری)

مولکول آلی حاصل دیگر دارای سر هیدروکسیل ($-OH$) یا کربوکسیل ($-COOH$) نیست! پس نمی‌تواند با اسید یا الکل دیگری واکنش دهد.

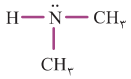
## آمین‌ها

با جایگزین‌کردن یک، دو و یا سه اتم هیدروژن آمونیاک ($NH_3$) با گروه هیدروکربنی ($R$)، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی به نام آمین‌ها به دست می‌آید.


آمونیاک



متیل آمین


دی‌متیل آمین

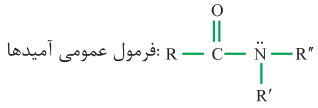
- بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است.

تنها ۱ اتم هیدروژن و ۱ اتم نیتروژن از آلکان هم‌کربن خود بیشتر دارد. $\Rightarrow$ فرمول عمومی آمین‌های سیرشدهٔ غیرحلقوی: $C_nH_{2n+3}N$

@DaneshSad

## آمیدها

آمیدها دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختار آن‌ها گروه عاملی آمیدی (  ) وجود دارد.

فرمول عمومی آمیدها:  ($R$، $R'$ و $R''$ می‌توانند زنجیرهای کربنی یا اتم هیدروژن باشند.)

فرمول عمومی آمیدها با زنجیر کربنی سیرشده و غیرحلقوی: $C_nH_{2n+1}NO$

**مثال** چند مورد از داده‌های جدول زیر، دربارهٔ ترکیب‌های آلی داده‌شده، نادرست است؟ *(تجربی داخل ۱۴۰۰)*

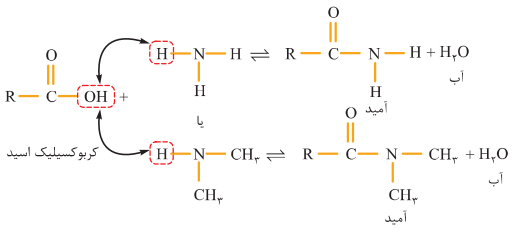
| ترکیب آلی | نیروهای بین مولکولی | انحلال‌پذیری در آب | گروه عاملی | قطبیت |
|---|---|---|---|---|
| اتانول | هیدروژنی | بسیار زیاد | هیدروکسید | قطبی |
| استون | وان‌درواالسی | بسیار زیاد | کربونیل | ناقطبی |
| متیل آمین | هیدروژنی | کم | آمین | قطبی |

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

**پاسخ** گزینهٔ (۲)

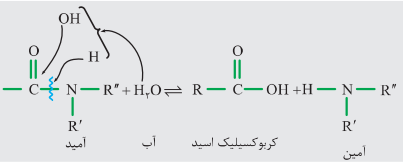
از ۱۲ مورد داده‌شده، ۳ مورد نادرست‌اند. نام گروه عاملی اتانول ($C_2H_5OH$)، هیدروکسیل است و نه هیدروکسید! استون ($CH_3COCH_3$) قطبی است. متیل آمین ($CH_3NH_2$) به دلیل قطبی‌بودن و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با آب، انحلال‌پذیری خوبی در آب دارد.

آمیدها از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با آمین‌ها یا آمونیاک به دست می‌آیند. واکنش بین آن‌ها با از دست دادن یک مولکول آب همراه است.

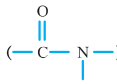


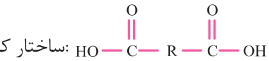

واکنش بالا برگشت‌پذیر است؛ یعنی در شرایط مناسب از واکنش آمیدها با آب، کربوکسیلیک اسید و آمین (یا آمونیاک) سازندهٔ آن حاصل می‌شود. به واکنش آمیدها با آب، واکنش **آبکافت** آمید گفته می‌شود.

برای به دست آوردن اسید و آمین سازندهٔ یک آمید، کافی است پیوند یگانه $C-N$ در ساختار آمید را شکسته و به کربن پیوند شکسته‌شده، $OH$ و به نیتروژن پیوند شکسته‌شده، $H$ اضافه کنیم تا به ترتیب اسید و آمین (یا آمونیاک) سازندهٔ آمید به دست آید.

**معادلهٔ کلی واکنش آبکافت آمیدها:** 


## پلی‌آمیدها

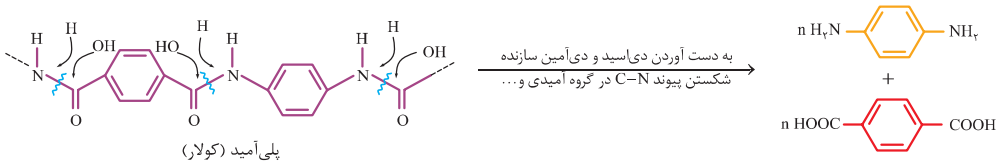
اگر واکنش‌دهنده‌ها در واکنش تولید آمید، به جای کربوکسیلیک اسید تک‌عاملی و آمین تک‌عاملی (یا آمونیاک)، شامل کربوکسیلیک اسید دوعاملی (دی‌اسید) و آمین دوعاملی (دی‌آمین) باشند، واکنش‌های تولید آمید تکرار می‌شود و در نهایت درشت‌مولکولی (پلیمری) با زنجیر بلند که شامل تعداد بسیار زیادی گروه عاملی آمیدی (  ) است، تشکیل می‌شود که به آن پلی‌آمید می‌گویند. (دقیقاً مشابه واکنش تولید پلی‌استرها)

ساختار کلی دی‌آمین‌ها: $H_2N-R'-NH_2$ ، ساختار کلی دی‌اسیدها: 

واکنش کلی تولید پلی‌آمید: n (دی اسید) + n (دی آمین) $\rightarrow$ ترکیبی با $2n-1$ گروه آمیدی (پلی‌آمید) $+(2n-1)H_2O$

@DaneshSad

- در واکنش قبل نیز مانند واکنش کلی تولید پلی‌استر، اگر $n$ بزرگ باشد و مولکول آلی تولیدشده پلی‌آمید باشد، به جای $2n-1$ برای مولکول آب از $2n$ استفاده می‌کنیم.
- آمیدها و پلی‌آمیدها به دلیل داشتن گروه ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-N(H)-$) در ساختار خود (H متصل به N)، می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.
- مو، ناخن، پوست بدن، شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از پلیمرهای آمیدی طبیعی هستند. پروتئین‌ها در دستهٔ پلی‌آمیدها هستند.
- کولار یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدهای ساختگی است که از فولاد هم‌جرم خود پنج برابر مقاوم‌تر است. از کولار در تهیهٔ تایر اتومبیل، قایق بادبانی، جلیقه‌های ضدگلوله استفاده می‌شود. (ساختار آن در تمرین‌های دوره‌ای آخر فصل در کتاب درسی آمده است.)



پلی‌آمید (کولار)

**مثال** در یک آزمایش، ۱۰ مول از یک دی‌آمین با ۱۰ مول از یک دی‌اسید آلی واکنش کامل داده و به پلی‌آمید تبدیل شده‌اند. مقدار آب تشکیل‌شده، چند مول است؟

آب + پلی‌آمید ← دی‌آمین + دی‌اسید

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰ (ریاضی داخل ۹۸)

**پاسخ** گزینهٔ (۲)

از واکنش $n$ مول دی‌آمین با $n$ مول دی‌اسید، $2n$ مول آب تشکیل می‌شود:

$n = 10 \Rightarrow 2n = 2(10) = 20$ مول آب

**مثال** چند ترکیب زیر، می‌تواند به طور مستقیم (بدون تغییر گروه‌های عاملی) در تهیهٔ پلیمری از نوع پلی‌آمید (به عنوان مونومر یا یکی از واحدهای سازنده) به کار رود؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ ۲) $NHCH_3$ ۳) $H_2N-CH_2-COOH$ ۴) $COOH$

**پاسخ** گزینهٔ (۲)

برای تهیهٔ پلی‌آمیدها باید از دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدها و یا ترکیب‌هایی که هر دو نوع گروه عاملی $-COOH$ و $-NH_2$ را دارند، استفاده کرد؛ پس از دو ترکیب $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ و $H_2N-CH_2-COOH$ می‌توان در تهیهٔ پلی‌آمیدها استفاده کرد.

### پلیمرهای تراکمی

در واکنش مربوط به تهیهٔ برخی پلیمرها مانند پلی‌استرها و پلی‌آمیدها، در اثر واکنش مولکول‌های مونومر با یکدیگر، مولکول‌های کوچکی مانند $H_2O$ خارج می‌شود؛ بنابراین جرم مولی پلیمر از مجموع جرم مونومرهای سازندهٔ آن کم‌تر است. به این پلیمرها، پلیمرهای تراکمی می‌گویند.

### نشاسته

پلیمری طبیعی از نوع **پلی‌ساکارید**، است که از اتصال مولکول‌های گلوکز (مونومر) به یکدیگر تشکیل شده است. سلولز هم پلیمری طبیعی از نوع پلی‌ساکارید است.

- نشاسته در موادی مانند نان، سیب‌زمینی، گندم و ... وجود دارد.
- مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند **محیط مرطوب با کاتالیزگر** یا **محیط گرم و مرطوب**، به آهستگی آبکافت شده و به مونومرهای سازنده یعنی به گلوکز (قند خون) تبدیل می‌شود.

نشاسته (پلی‌ساکارید) + آب $\rightarrow$ $nC_6H_{12}O_6$ (گلوکز)

- مزهٔ شیرینی که با خوردن موادی مانند نان و سیب‌زمینی حس می‌کنیم، به دلیل تجزیه نشاسته به گلوکز در دهان (گوارش نشاسته به کمک آنزیم‌ها) است.

## پلیمرهای تخریب‌پذیر و ماندگار

- به پلیمرهایی که در طبیعت توسط جانداران ذره‌بینی به مولکول‌های ساده و کوچک مانند $CO_2$، $CH_4$ و $H_2O$ و ... تبدیل می‌شوند، پلیمرهای **زیست‌تخریب‌پذیر** می‌گویند.

- پلیمرها
  - تخریب‌پذیر (زیست‌تخریب‌پذیر) ← در طبیعت تجزیه می‌شوند. ← پلیمرهای طبیعی مانند پلی‌ساکاریدها (نشاسته، سلولز) پلی‌آمیدهای طبیعی (مانند پروتئین‌ها)
  - ماندگار (زیست‌تخریب‌ناپذیر) ← در طبیعت تجزیه نمی‌شوند. ← پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی مانند پلی‌اتن، پلی‌وینیل کلرید، تفلون و ...

@DaneshSad

**نکته**

پلیمرهای افزایشی (مانند پلی‌اتن، پلی‌پروپن، تفلون و ...) یا به طور کلی پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده به دلیل این‌که ساختاری شبیه آلکان‌ها (هیدروکربن‌های سیرشده) دارند، تمایلی برای انجام واکنش نداشته، در نتیجه با انواع زیادی از مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهند؛ از این رو در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و پایدارند.

**نکته**

با وجود این‌که پلی‌استرها و پلی‌آمیدهای ساختگی می‌توانند با آب واکنش داده و به مونومرهای سازندهٔ خود تبدیل شوند. اما واکنش تجزیهٔ آن‌ها بسیار آهسته است؛ بنابراین این پلیمرها را هم زیست‌تخریب‌ناپذیر در نظر می‌گیریم.

- پلیمرهای ساختگی زیست‌تخریب‌پذیرند که پس از چند ماه رهاشدن در طبیعت به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. این پلیمرها به طور معمول از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب‌زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌شوند.
- پلی‌لاکتیک اسید (PLA) نمونه‌ای از پلیمرهای سبز است که ظروف پلاستیکی یک‌بارمصرف مانند سفره، کیسهٔ پلاستیکی و ... را از آن تولید می‌کنند و امکان تبدیل‌شدن به کود را دارد.
- پلی‌لاکتیک اسید را می‌توان از نوعی کربوکسیلیک اسید با نام لاکتیک اسید تهیه کرد.
- شیر ترش‌شده دارای لاکتیک اسید است.

@DaneshSad