۲ اگر واکنشی را برعکس کنیم، ΔH آن قرینه می‌شود.

$$\begin{cases} A \rightarrow B & \Delta H = m \\ B \rightarrow A & \Delta H = -m \end{cases}$$

۳ اگر واکنش‌ها را با هم جمع کنیم، ΔH آن‌ها نیز با هم جمع می‌شود.

$$\begin{cases} A \rightarrow B & \Delta H = m \\ B \rightarrow C & \Delta H = n \end{cases}$$

$$A \rightarrow C \quad \Delta H = m + n$$

■ برای به دست آوردن گاز متان از سه واکنش ذکرشده، باید اعمال زیر را انجام دهیم: (۷۲)

۱ واکنش اول را تغییر نمی‌دهیم:

۱ $C(s, \text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g), \Delta H_1 = -۳۹۳/۵\ kJ$

۲ واکنش دوم را در ۲ ضرب می‌کنیم:

۲ $۲H_2(g) + O_2(g) \rightarrow ۲H_2O(l), \Delta H'_2 = ۲ \times -۲۸۶ = -۵۷۲\ kJ$

۳ واکنش سوم را برعکس می‌کنیم:

۳ $CO_2(g) + ۲H_2O(l) \rightarrow CH_4(g) + ۲O_2(g), \Delta H'_3 = +۸۹۰\ kJ$

۴ حالا با هم جمع می‌کنیم:

$$C(s, \text{گرافیت}) + ۲H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$$

$$\Delta H = (-۳۹۳/۵) + (-۵۷۲) + ۸۹۰ = -۷۵/۵\ kJ$$

■ نخستین بار **هنری هس** دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن واکنش در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست و فقط باید شرایط انجام همهٔ واکنش‌ها یکسان باشد. به عبارت دیگر هس گفت که ΔH **مستقل از مسیر** است. (۷۲)

■ **قانون هس:** اگر معادلهٔ واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید. (۷۲)

■ هیدروژن پراکسید (H_2O_2) ماده‌ای با نام تجاری **آب‌اکسیژنه** به فروش می‌رسد. به دلیل این‌که آب‌اکسیژنه خیلی زود به H_2O و O_2 تجزیه می‌شود، آنتالپی آن را نمی‌توان از روش مستقیم $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$ به دست آورد. (۷۳)

■ شواهد نشان می‌دهد، ΔH واکنش تولید $CO(g)$ از کربن و O_2 و هیدرازین (N_2H_4) از N_2 و H_2 را نیز نمی‌توان به روش تجربی به دست آورد، زیرا CO سریع با اکسیژن هوا به CO_2 تبدیل می‌شود و N_2H_4 نیز در مجاورت H_2 به NH_3 تبدیل می‌شود. (۷۳ و ۷۴)

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین واکنش

■ چون ΔH یک واکنش وابسته به مسیر انجام‌شدن آن واکنش نیست، می‌توان از روش آنتالپی پیوند نیز ΔH یک واکنش را به دست آورد. برای این کار کافی است از فرمول زیر استفاده کنیم: (۷۵)

$$\Delta H_{(\text{واکنش‌ها})} = \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی}\\ \text{پیوند در مواد فراورده}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی پیوند در}\\ \text{مواد واکنش‌دهنده}\end{array}\right]$$

■ شیمی‌دان‌ها به کار بردن آنتالپی پیوند برای تعیین ΔH یک واکنش را زمانی مناسب می‌دانند که همهٔ مواد شرکت‌کننده در واکنش به صورت **گازی** باشند. (۷۵)

■ این روش **زمانی** با داده‌های تجربی **هم‌خوانی بیشتری دارد** که مواد شرکت‌کننده **ساده‌تر** باشند. به عبارت دیگر به کار بردن **میانگین آنتالپی**

پیوندها برای تعیین ΔH واکنش‌های گازی با مولکول‌های پیچیده، اغلب در مقایسه با داده‌های تجربی تفاوتی آشکار را نشان می‌دهد. (۷۵)

- پس متوجه شدیم که:

روش‌های به دست آوردن ΔH یک واکنش

- مستقیم ← استفاده از گرماسنج
- غیرمستقیم ← استفاده از قانون هس
- غیرمستقیم ← استفاده از آنتالپی پیوند

البته روش‌های دیگری نیز موجود است که در کتاب درسی نامی از آن‌ها برده نشده است. (۷۵)

غذای سالم

- انسان همواره در جست‌وجوی روش‌هایی بوده که بتواند مادهٔ غذایی را برای مدت‌های طولانی‌تری سالم نگه دارد و ذخیره کند. تجربه نشان می‌دهد که برای نگه‌داری مواد غذایی **محیط سرد، خشک و تاریک مناسب‌تر از محیط گرم، روشن و مرطوب** است. (۷۶)
- برای مثال در محیط مرطوب، میکروب‌ها شروع به رشد و تکثیر می‌کنند تا جایی که مادهٔ غذایی کپک زده و سرانجام فاسد می‌شود ولی در محیط خشک امکان رشد این جانداران ذره‌بینی وجود ندارد. (۷۶)
- در مثالی دیگر، می‌دانیم که گاز اکسیژن تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن سریع‌تر فاسد می‌شوند. وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشکبار یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است؛ زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی می‌شود. (۷۶)

چند جمله راجع به نگه‌داری مواد (۷۷)

۱ برای نگه‌داری طولانی‌مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آن‌ها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند، زیرا سرما باعث می‌شود فعالیت موجودات ذره‌بینی کندتر شود.

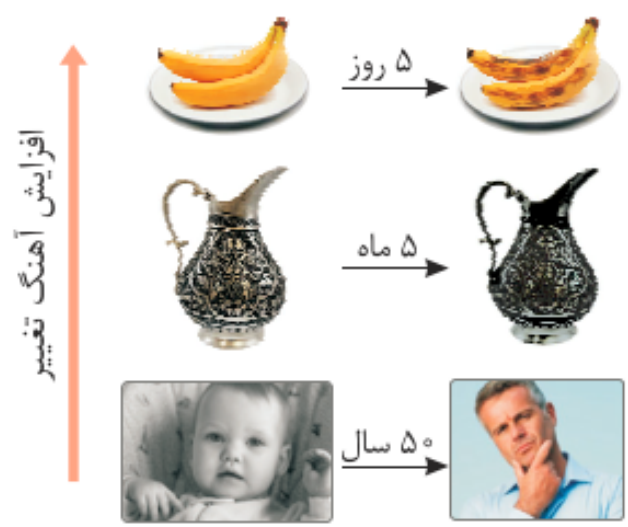
۲ روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی می‌شوند، ماندگاری بیشتری دارند، زیرا نور آفتاب به آن‌ها کم‌تر می‌رسد.

۳ قاووت، گردی مغذی و تهیه‌شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... است که زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود، زیرا پوست محافظ آن‌ها از بین رفته و اکسیژن سریع‌تر به آن‌ها می‌رسد.

۴ برای نگه‌داری برخی خوراکی‌ها، آن‌ها را با خالی‌کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی می‌کنند تا هوا و اکسیژن در کنار آن‌ها وجود نداشته باشد و ماندگاری بیشتری داشته باشند.

آهنگ واکنش

- تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فراوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن ماده نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. (۷۷)
- آهنگ واکنش: بیانی از زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر در چه گسترهٔ زمانی رخ می‌دهد. هر چه گسترهٔ زمان انجام یک فرایند کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن فرایند تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود. (۷۸)



- سرعت واکنش: **آهنگ واکنش** را در **گسترهٔ معینی** از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند. (۷۸)
- گسترهٔ زمان انجام واکنش‌ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد. (۷۸)

انفجار، واکنش شیمیایی **بسیار سریعی** است که در آن از مقدار کمی مادهٔ منفجرشونده به حالت **جامد یا مایع**، حجم زیادی از **گازهای داغ** تولید می‌شود.

افزودن **محلول سدیم کلرید** به محلول **نقره نیترات** باعث تشکیل **سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید** می‌شود.

اشیای آهنی در هوای مرطوب به **کندی** زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده در این واکنش، **ترد و شکننده** است و فرو می‌ریزد.

بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می‌شوند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش **تجزیهٔ سلولز** کاغذ **بسیار کند** رخ می‌دهد.

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش (۷۹)

۱. دما
۲. غلظت
۳. کاتالیزگر
۴. نوع مواد واکنش‌دهنده
۵. سطح تماس واکنش‌دهنده

۱- دما: با افزایش دما، سرعت واکنش **افزایش** می‌یابد.

مثال **محلول بنفش‌رنگ پتاسیم پرمنگنات** با یک **اسید آلی** در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد اما با گرم‌کردن محلول **به سرعت بی‌رنگ** می‌شود. (۸۱)

۲- غلظت: **افزایش غلظت** واکنش‌دهنده‌ها، اغلب *(نه همواره!)* موجب **افزایش سرعت** واکنش می‌شود.

مثال ۱ **الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در هوا نمی‌سوزد؛** در حالی که همان مقدار الیاف داغ و سرخ‌شده **در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد،** زیرا غلظت اکسیژن در ارلن بیشتر است. (۸۱)

مثال ۲ بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند، زیرا غلظت اکسیژن در کپسول بیشتر از هوا است. (۸۱)

۳- سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها: هر چه سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر است.

توجه **افزایش مقدار مادهٔ جامد و خردکردن جامد،** باعث افزایش سطح تماس می‌شود. (۷۹ و ۸۰)

مثال شعلهٔ آتش، **گرد آهن** موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش‌کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود. زیرا در حالت دوم **سطح تماس افزایش** می‌یابد. (۸۱)

۴- نوع واکنش‌دهنده: هر چه واکنش‌دهنده‌ها، **واکنش‌پذیری بیشتری** داشته باشند، سرعت واکنش بیشتر است.

مثال فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند، اما سرعت واکنش **پتاسیم** با آب **بیشتر** است، زیرا پتاسیم واکنش‌پذیری بیشتری دارد. (۸۱)

۵- کاتالیزگر: وجود کاتالیزگر در واکنش باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود.

مثال ۱ وجود کاتالیزگر در خاک باغچه، واکنش سوختن قند را سرعت می‌بخشد. (۸۰)

مثال ۲ محلول **هیدروژن پراکسید** در دمای اتاق به **کندی** تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره محلول **پتاسیم یدید**، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد، زیرا **یون** I^- **کاتالیزگر** این واکنش است. (۸۲)

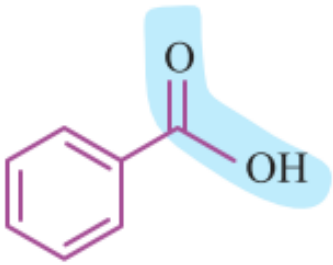
- برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را کامل و سریع هضم کند. (۸۲)

■ حالا بریم همهٔ این جملات را در یک جدول جمع‌بندی کنیم.

عامل مؤثر بر روی سرعت	مثال‌ها
واکنش‌پذیری مواد واکنش‌دهنده (نوع واکنش‌دهنده)	۱ مقایسهٔ واکنش پتاسیم و سدیم با آب سرد ۲ روکش‌کردن گنبدهای بارگاه معصومین با طلا
سطح تماس واکنش‌دهنده	۱ خردکردن مواد جامد مانند قرص جوشان ۲ پاشیدن گردِ آهن روی شعله
دما	۱ واکنش پتاسیم پرمنگنات با اسیدهای آلی ۲ منجمدکردن گوشت و مواد پروتئینی ۳ افزایش دمای آب در واکنش قرص جوشان
غلظت	۱ استفاده از ماسک اکسیژن در بیماران ۲ الیاف آهن داغ و سرخ‌شده در ارلن پر از اکسیژن ۳ خالی‌کردن بسته‌بندی‌های مواد غذایی از اکسیژن
کاتالیزگر	۱ سوختن قند همراه با خاک باغچه ۲ انجام واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید در مجاورت یون یدید (I^-)

■ **نگه‌دارنده‌ها**، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مواد غذایی می‌شوند را کاهش می‌دهند. (۸۲)

■ یکی از مواد نگه‌دارنده، **بنزوییک اسید** است که در **تمشک و توت‌فرنگی** وجود دارد. این ترکیب یک **اسید آروماتیک** است. (۸۳)



■ خانوادهٔ اسیدها در ساختار خود دارای یک یا چند **کربوکسیل** (یا (—COOH) هستند.

■ **اولین عضو** خانوادهٔ اسیدها ( ) با نام **متانوییک اسید** یا **فرمیک اسید** است که به **جوهر مورچه** معروف است و **آشناترین** عضو آن CH_3COOH با نام **اتانوییک اسید** یا **استیک اسید** است که به **جوهر سرکه** معروف است. (۸۳)

واکنش‌های شیمیایی (۸۳ و ۸۴)

مفید: گوارش، تنفس، تهیهٔ داروها و تولید فراورده‌های صنعتی

زیان‌بار: خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب

■ شیمی‌دان‌ها از یک سو در پی یافتن راه‌هایی برای **کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند** و از سوی دیگر به دنبال سرعت‌بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفهٔ اقتصادی تولید کنند. (۸۴)

سینتیک شیمیایی علمی است که به ما اطلاعات زیر را می‌دهد: (۸۴)

دربارهٔ **شرایط و چگونگی** انجام واکنش‌های شیمیایی

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

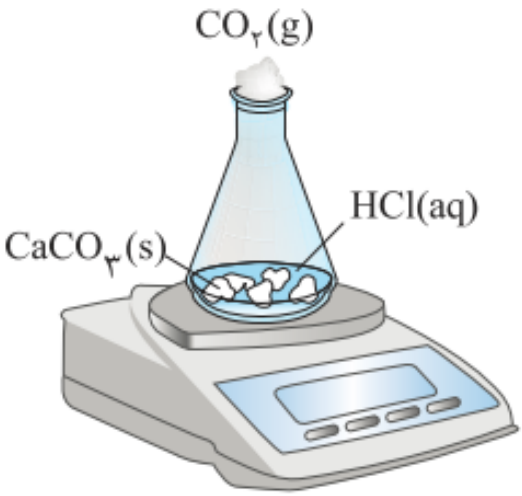
سرعت واکنش از دیدگاه کمّی

- مقایسهٔ دقیق میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل **کمی** بیان شود. (۸۴)
- با گذشت زمان در یک واکنش شیمیایی، واکنش‌دهنده‌ها مصرف و فراورده‌ها تولید می‌شوند. پس می‌توان آهنگ مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها را در بازه‌ای از زمان اندازه‌گیری کرد. (۸۴)
- در واکنش فلز روی با محلول **آبی‌رنگ مس (II) سولفات** به مرور زمان از رنگ آبی محیط کاسته می‌شود و **فلز قرمزرنگ مس** تولید می‌شود. این نشان می‌دهد که فعالیت شیمیایی روی از مس **بیشتر** است. (۸۵)

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

آبی‌رنگ — بی‌رنگ — قرمزرنگ

- **سرعت متوسط ($\bar{R}$)**: سرعت مصرف یا تولید یک مادهٔ شرکت‌کننده در واکنش در گسترهٔ زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند. (۸۵)
- تجربه نشان می‌دهد که سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت‌کننده را می‌توان با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند جرم، فشار و ... تعیین کرد. (۸۵)
- واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق زیر انجام می‌شود: (۸۵)



$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

■ اگر شمار مول‌های یک ماده را n نمایش دهیم، $\Delta n = n_2 - n_1$ تغییر تعداد مول آن ماده را نشان می‌دهد:

۱ $\Delta n > 0$ یعنی شمار مول‌ها در حال افزایش است، پس متعلق به **فراورده‌ها** است.

۲ $\Delta n < 0$ یعنی شمار مول‌ها در حال کاهش است، پس متعلق به **مواد اولیه** است. (۸۶)

■ یکی از آلاینده‌های هوا که باعث **تولید باران اسیدی** می‌شود، **گاز گوگرد تری اکسید** است که مطابق واکنش زیر تولید می‌شود: (۸۸)

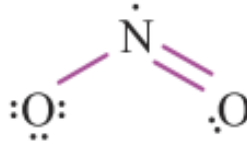
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر

■ شواهد تجربی نشان می‌دهد که برنامهٔ غذایی محتوی سبزیجات و میوه‌های گوناگون، نقش بازدارندگی مؤثری در برابر سرطان‌ها و پیری زودرس دارند. (۸۹)

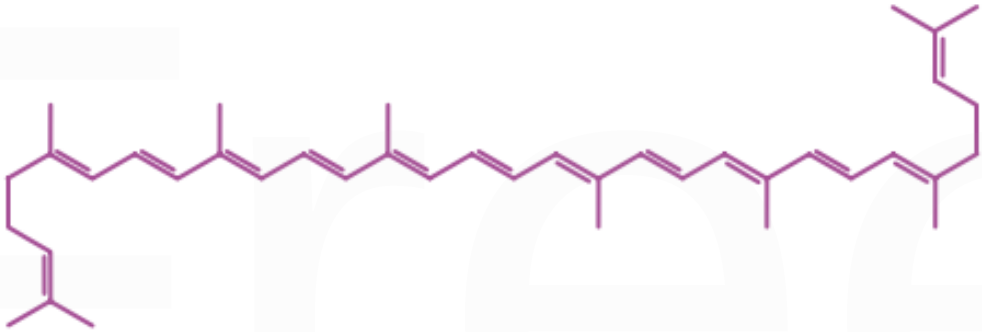
■ در این خوراکی‌ها، **ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریزمغذی‌ها** وجود دارد، ترکیب‌هایی که در حفظ سلامت بافت‌ها و اندام دخالت دارند، هر چند نقش کامل این مواد هنوز به طور دقیق مشخص نشده است، اما برخی از آن‌ها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها، جلوگیری می‌کنند. (۸۹)

■ رادیکال: گونهٔ **پرانرژی و ناپایداری** است که در ساختار خود، **الکترون جفت‌نشده** دارد، در واقع محتوی اتم‌هایی است که از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند. بدیهی است که رادیکال‌ها واکنش‌پذیری بالایی دارند؛

مانند: $\dot{N}\equiv\ddot{O}:$ و  (۸۹)

■ در بدن به دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به وجود می‌آیند که اگر به وسیلهٔ بازدارنده‌ها جذب نشوند، می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند. (۸۹)

■ برای مثال، **هندوانه و گوجه‌فرنگی** محتوی **لیکوپن** بوده که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهند. (۸۹)



سرعت واکنش

■ **شیب نمودار مول ـ زمان** برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها در واکنش، متناسب با **ضریب استوکیومتری** آن است. به طوری که اگر ضریب استوکیومتری شرکت‌کننده‌ها یکسان نباشند، سرعت متوسط آن‌ها متفاوت خواهد بود. (۹۰)

■ شیمی‌دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می‌کنند. برای واکنش فرضی $aA + bB \rightarrow cC + dD$، سرعت واکنش از رابطهٔ زیر به دست می‌آید: (۹۰)

$$\bar{R}_{(\text{واکنش})} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$$

■ **قند موجود در جوانهٔ گندم، مالتوز نام دارد** که مطابق واکنش زیر، به گلوکز تبدیل می‌شود: (۹۱)

$$C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}(aq) + H_۲O(l) \rightarrow ۲C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)$$

■ سمنو از جوانهٔ گندم تهیه می‌شود و محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله مالتوز است. (۹۱)

■ **غلظت مولی** یک ماده را با نوشتن فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه نمایش می‌دهند. (۹۱) غلظت مولی $= [A]$

■ برای شرکت‌کننده‌ها در فاز **گاز و محلول** می‌توان سرعت متوسط مصرف یـا تولید را افـزون بر یکای **مول بر زمـان با یکای مول بر لیتـر بر زمان** نیز گزارش داد. (۹۱)

غذا، پسماند و ردپای آن

■ چهرهٔ آشکار ردپای غذا نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰ درصد غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود یا از بین می‌رود. این در حالی است که آمارها نشان می‌دهد به ازای هر ۷ نفر در جهان یک نفر گرسنه است و آشکارا هدررفتن مواد را نشان می‌دهد. (۹۲)

■ چهرهٔ پنهان این ردپا هم منابعی است که برای تولید غذا مصرف شده است؛ از جمله مدیریت منابع، نیروی انسانی، ابزارها، دستگاه‌ها و ... چهرهٔ پنهان دیگر این ردپا، تولید **گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی‌اکسید** است. (۹۲)

■ سهم تولید گاز کربن دی‌اکسید در ردپای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است. (۹۲)

■ اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرما را انتقال می‌دهند. اساس کار این بسته‌ها، انحلال برخی ترکیب‌های یونی در آب است. (تمرین ۲ صفحهٔ ۹۴)

۱ برای **سردکردن** محل آسیب‌دیدگی، در بستهٔ حاوی آب از انحلال NH_4NO_3 استفاده می‌شود:

$$NH_4NO_3(s) + 26\ kJ \xrightarrow{\text{در آب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

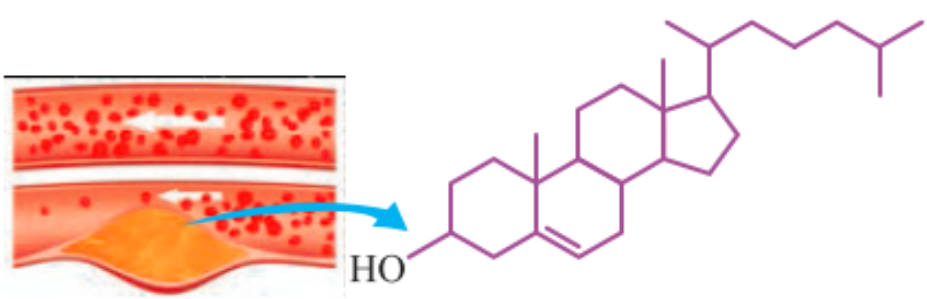
۲ برای **گرم‌کردن** محل آسیب‌دیدگی، در بستهٔ حاوی آب از انحلال $CaCl_2$ استفاده می‌شود:

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{در آب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83\ kJ$$

■ چربی ذخیره‌شده در کوهان شتر هنگام اکسایش، افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت جانور را نیز تأمین می‌کند: (تمرین ۳ صفحهٔ ۹۴)

$$2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l), \Delta H = -75520\ kJ$$

■ **کلسترول یک الکل سیرنشده** است که یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است. مقدار اضافهٔ این ماده در دیوارهٔ رگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکته می‌شود. (تمرین ۴ صفحهٔ ۹۵)



چگونگی کل گیری پوشاک

پوشاک (۹۸)

۱) نوع آن نشان‌دهندهٔ توانایی، مهارت و آداب آن قوم است.
۲) بدن را در برابر عوامل محیطی گوناگون مانند سرما، گرما و ... حفظ می‌کند.

- انسان در گذشته، پوشاک خود را از مواد طبیعی مانند پشم گوسفند و شتر، پوست، چرم، پنبه و ... تهیه می‌کرد.

با رشد جمعیت روش‌های سنتی تولید پوشاک، دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه نبود. به همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد. (۹۸ و ۹۹)

- موفقیت این صنعت در گرو **تأمین الیاف** مورد نیاز بود. از آن‌جا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولیدشده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود و شیمی‌دان‌ها از نفت خام (طلای سیاه) الیافی جدید تولید کردند که جایگزین الیاف طبیعی شد. (۹۹)

■ **الیاف ساختگی:** الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی‌شوند، بلکه از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکت‌های پتروشیمی تولید می‌شوند. (۱۰۰)

■ اغلب (*نه همه!*) فراورده‌های پتروشیمیایی برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی‌استر، نایلون و ... به کار می‌روند. از این الیاف افزون بر تهیهٔ پارچه و پوشاک، به طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع پوشش‌ها، ظروف نچسب، یک بار مصرف پلاستیکی، فرش، پرده و ... استفاده می‌شود. (۱۰۰)

الیاف و درشت مولکول ها

پنبه (۱۰۰)

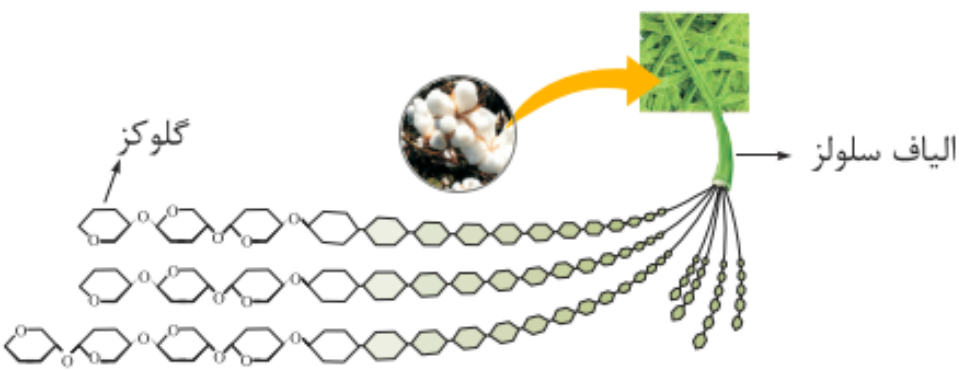
۱) یکی از **الیاف طبیعی** است.

۲) حدود نیمی از لباس‌های تولیدی جهان از پنبه تهیه می‌شوند.

۳) در تولید رویهٔ مبل، پرده، تور ماهی‌گیری، گاز استریل و ... کاربرد دارد.

۴) الیاف پنبه از **سلولز** تشکیل شده است.

۵) سلولز، زنجیری بسیار بلند از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول **گلوکز** است.



ترکیب مولکولی (۱۰۲)

- **کوچک** ← شمار اتم‌های سازندهٔ آن‌ها کم است ← جرم مولی آن‌ها کم تا متوسط است ← CO_2 ، Br_2 ، NH_3 و ...
- **بزرگ** (درشت‌مولکول) ← شمار اتم‌های آن‌ها به ده‌ها هزار می‌رسد.
  - **ساختگی**: از واکنش‌های پلیمری‌شدن (بسپارش) تهیه می‌شوند. پلی‌اتن، نایلون، تفلون و ...
  - **طبیعی**: سلولز، نشاسته، ابریشم و ...

مقایسهٔ بسپار (پلیمر) و درشت‌مولکول‌ها

بسپار	درشت‌مولکول
جرم مولی بالایی دارند.	جرم مولی بالایی دارند.
واحد تکرارشونده دارند.	واحد تکرارشونده ندارند.
هر بسپار یک نوع درشت‌مولکول است.	هر درشت‌مولکول لزوماً بسپار نیست.

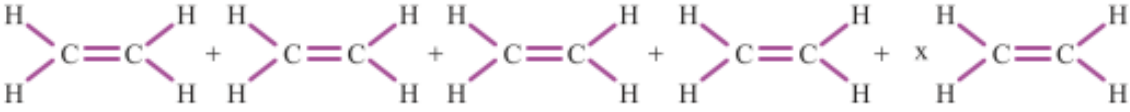
پلیمری شدن (بسپارش)

- واژهٔ پلیمر از واژهٔ یونانی Polys، به معنای «بسیار» و meros به معنای «پاره» گرفته شده است. (۱۰۲)
- **پلیمری‌شدن**: واکنشی است که در آن مولکول‌های کوچک در شرایط مناسب به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌هایی با زنجیره‌های بلند و جرم مولی زیاد تولید می‌کنند. (۱۰۲)
- اگر **گاز اتن** را در **فشار بالا گرما دهیم، جامد سفیدرنگی** به دست می‌آید که **پلی‌اتن** نام دارد. جرم مولی این فراورده اغلب ده‌ها هزار گرم بر مول است. (۱۰۲)

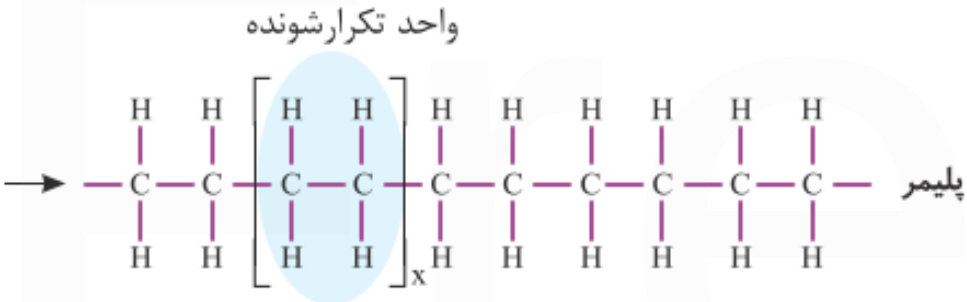
$$n CH_2=CH_2(g) \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} -(CH_2CH_2)_n-(s)$$

اتن (یک هیدروکربن سیرنشده) — پلی‌اتن (یک هیدروکربن سیرشده)

■ در واکنش بالا یکی از پیوندهای دوگانهٔ اتن شکسته شده و مولکول‌های اتن از سوی کربن‌ها به هم وصل شده‌اند. با ادامهٔ این روند، شمار زیادی از مولکول‌های اتن به یکدیگر افزوده شده و مولکول‌هایی با زنجیر بلند ایجاد می‌کنند. (۱۰۳)



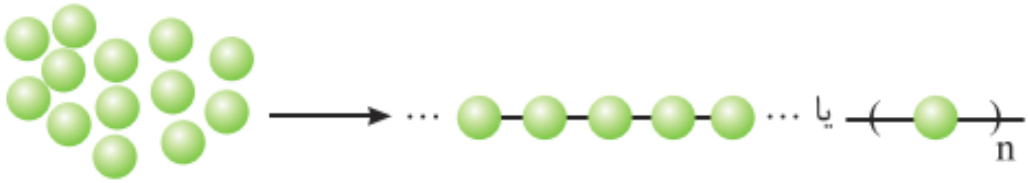
مونومر



■ مونومر (تک‌پار): به **واکنش‌دهنده‌ها** در واکنش پلیمری‌شدن، مونومر می‌گویند. در مثال بالا مونومرهای اتن به یکدیگر افزوده می‌شوند و پلی‌اتن را پدید می‌آورند. (۱۰۳)

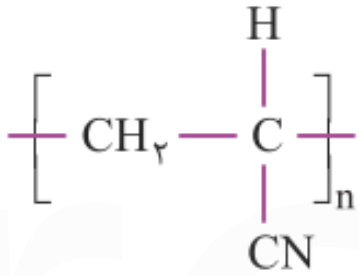
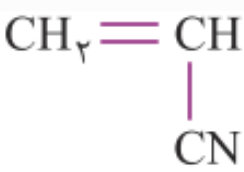
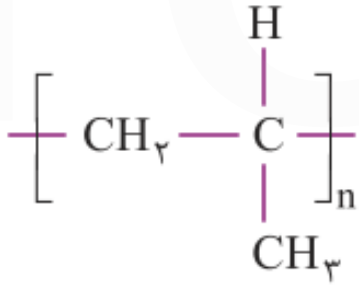
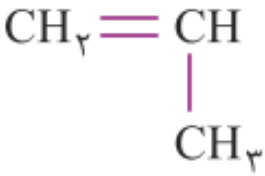
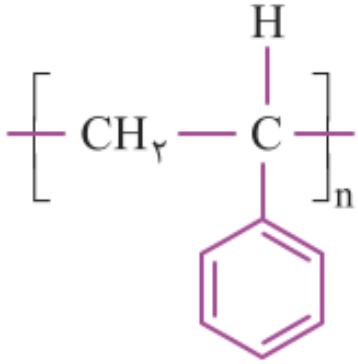
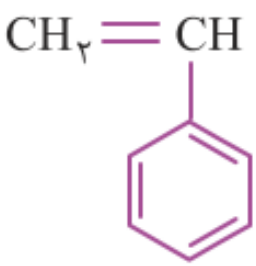
■ با دقت در ساختار پلی‌اتن درمی‌یابید که این ترکیب از تکرار مجموعه‌ای از اتم‌های کربن و هیدروژن با نام **واحد تکرارشونده** پدید آمده است. (۱۰۳)

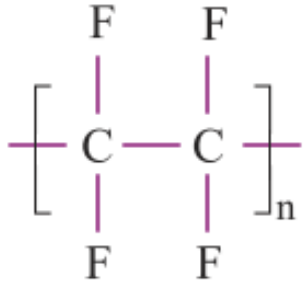
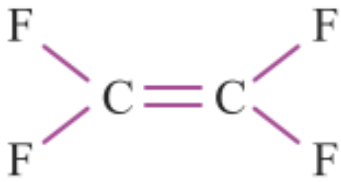
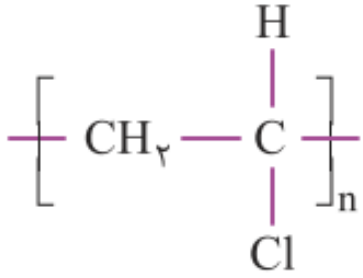
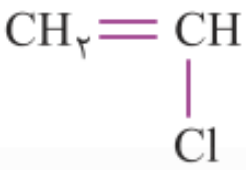
■ تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت‌کننده در یک واکنش پلیمری‌شدن ممکن نیست. به همین دلیل برای پلیمرها نمی‌توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. (۱۰۳)



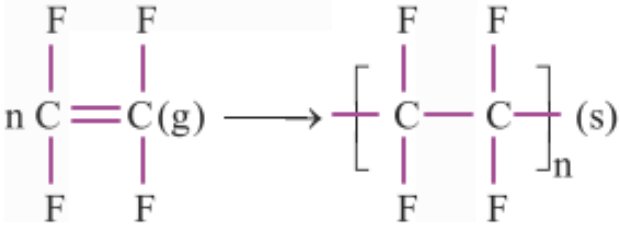
■ هر ترکیب آلی که در ساختار خود پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن ($>C=C<$) در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در این نوع واکنش پلیمری‌شدن شرکت کند. (۱۰۴)

■ با چند پلیمر معروف، مونومر و کاربرد آن‌ها در جدول زیر آشنا می‌شوید: (۱۰۴)

کاربرد پلیمر	نام و ساختار پلیمر	نام و ساختار مونومر
پتو	 پلی‌سیانو اتن	 سیانو اتن
سرنگ	 پلی‌پروپن	 پروپن
ظروف یک بار مصرف	 پلی‌استیرن	 استیرن

کاربرد پلیمر	نام و ساختار پلیمر	نام و ساختار مونومر
نخ دندان	 پلی‌تترافلوئورو اتن یا تفلون	 تترافلوئورو اتن
کیسهٔ خون	 پلی‌وینیل کلرید	 وینیل کلرید

■ **تفلون** نام تجاری **پلی‌تترافلوئورو اتن** است که به صورت اتفاقی توسط **بلانکت** کشف شد. او در حال بررسی و مطالعه روی سردکننده‌ها بود و یکی از گازهایی که مصرف می‌کرد تترافلوئورو اتن بود. (۱۰۵)



تفلون (۱۰۵)

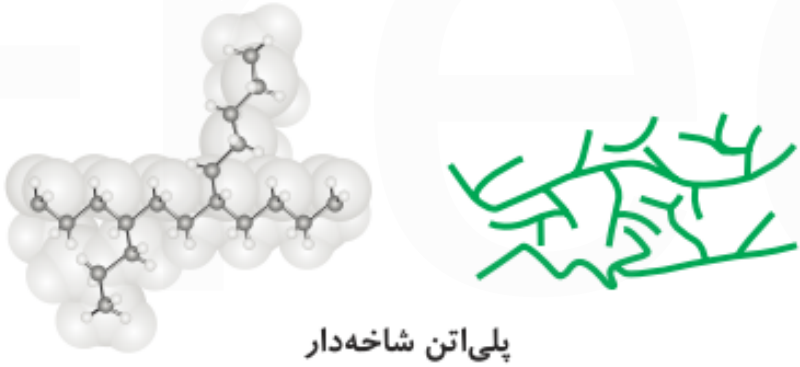
۱) نقطهٔ ذوب بالایی دارد.
۲) در برابر گرما مقاوم است.
۳) از نظر شیمیایی بی‌اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد.
۴) در حلال‌های آلی حل نمی‌شود.
۵) نچسب است.
۶) در ظروف آشپزی، نوار تفلون، نخ دندان و کف اتو کاربرد دارد.

■ پلی‌اتن یکی از مهم‌ترین پلیمرهای ساختگی است. کالاهای ساخته‌شده از پلی‌اتن ویژگی‌های گوناگونی دارند. برخی مانند کیسهٔ پلاستیک شفاف و انعطاف‌پذیر، برخی مانند لوله‌های آب یا بطری کدر شیر سخت‌تر و محکم‌تر هستند. (۱۰۶)

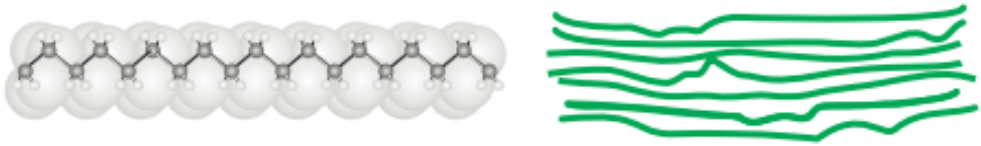
■ یک تفاوت دیگر بین پلی‌اتن‌ها، تفاوت در **چگالی** است؛ این نشان می‌دهد که یک نوع پلی‌اتن وجود ندارد. (۱۰۶)

انواع پلی‌اتن (۱۰۶ و ۱۰۷)

- پلی‌اتن سبک: چگالی کم و شفاف ← زنجیرهای کوتاه شاخه‌دار
- پلی‌اتن سنگین: چگالی زیاد و کدر ← زنجیر بلند بدون شاخه



پلی‌اتن شاخه‌دار



پلی‌اتن بدون شاخه

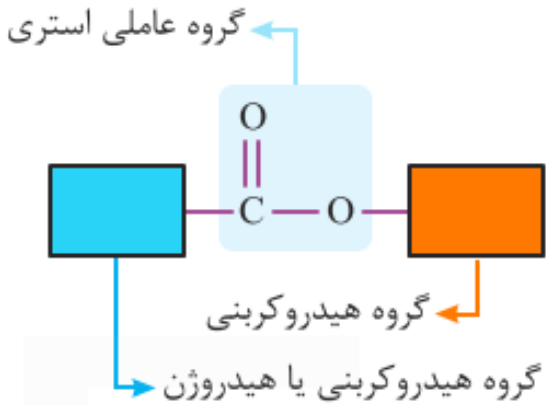
■ نیروهایی که پلی‌اتن‌ها را کنار یکدیگر نگه می‌دارد، **نیروهای وان‌درووالسی** است. (۱۰۷)

■ پلی‌اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقهٔ نازک پلاستیک تبدیل می‌کنند. (۱۰۶)

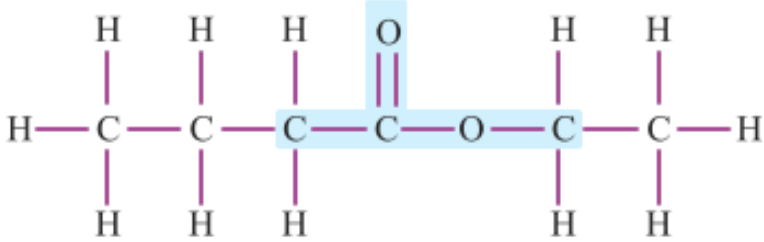
پلی استرها

■ پلی‌اســـترها: دســـته‌ای از پلیمرها هســـتند که از اتم‌های C، H و O تشکیل شده‌اند. از این پلیمرها می‌توان الیاف، **نخ** و در نهایت **پارچه‌های پلی‌اســـتری** تولید کرد. (۱۰۷ و ۱۰۸)

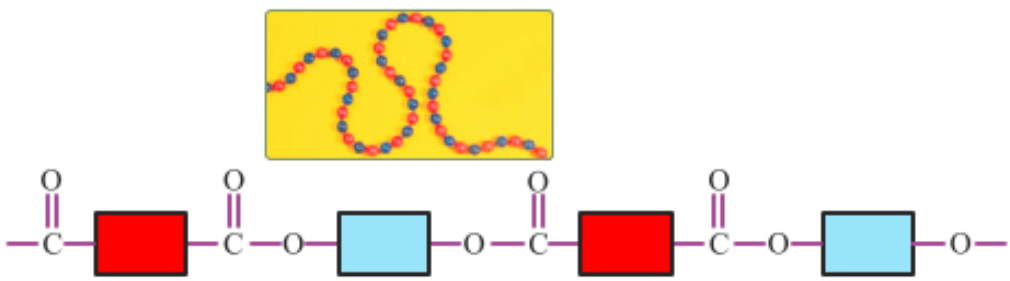
■ استرها دســـته‌ای از ترکیب‌های آلی هســـتند که دارای گروه عاملی $(-C(=O)-O-)$ هستند و از واکنش **یک الکل** با **کربوکســـیلیک اســـیدها** پدید می‌آیند. (۱۰۸)



■ استرها منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها (*مانند گل یاسمن*)، عطرها و نیز بو و طعم میوه‌ها هستند. برای مثال بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود **اتیل بوتانوات** در آن است. (۱۰۸)

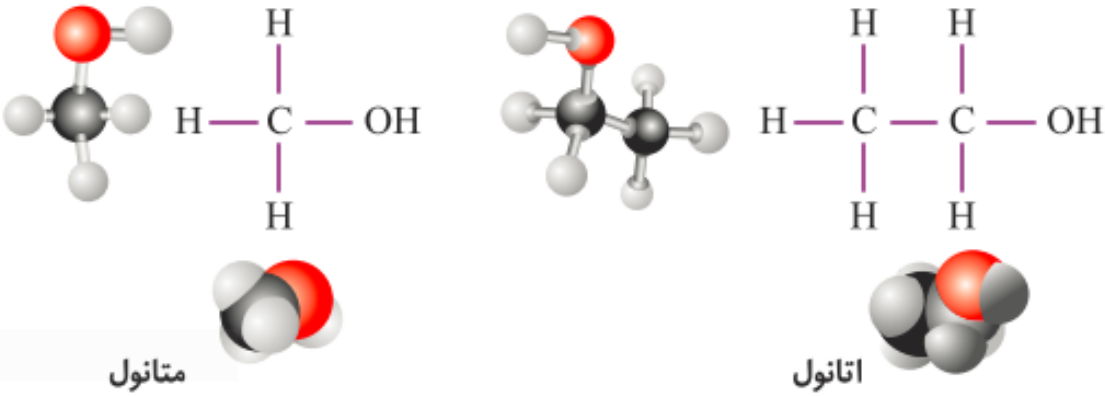


■ ساختار کلی پلی‌استرها به شکل زیر است:



الکل‌ها و اسیدها

■ یاد گرفتیم که الکل‌ها ترکیب‌هایی هستند که در ساختار آن‌ها یک یا چند گروه هیدروکسیل (—OH) وجود دارد. متانول و اتانول دو عضو خانوادهٔ الکل‌های **یک‌عاملی** هستند. (۱۰۹)



■ الکل‌های یک‌عاملی *(یعنی آن‌هایی که دارای یک عامل* —OH *هستند!)* را می‌توان با فرمول R—OH نشان داد که در آن، R یک زنجیر هیدروکربنی است. (۱۰۹)

■ کربوکسیلیک اسیدها ترکیب‌هایی هستند که در ساختار آن‌ها گروه کربوکسیل ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$) وجود دارد. این ترکیب‌ها **ترش‌مزه** هستند. به طوری که مزهٔ ترش میوه‌هایی مانند ریواس، انگور، لیموترش، کیوی، گوجه‌سبز و ... ناشی از وجود این مولکول‌ها است. (۱۰۹)

■ متانوییک اسید (فرمیک اسید)، (HCOOH) اولین عضو این خانواده است که بر اثر **گزش مورچهٔ** سرخ وارد بدن شده و باعث **سوزش و خارش** در محل گزیدگی می‌شود. (۱۰۹)

■ یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه، **اتانوییک اسید یا استیک اسید** است که در سرکه وجود دارد. (۱۰۹)

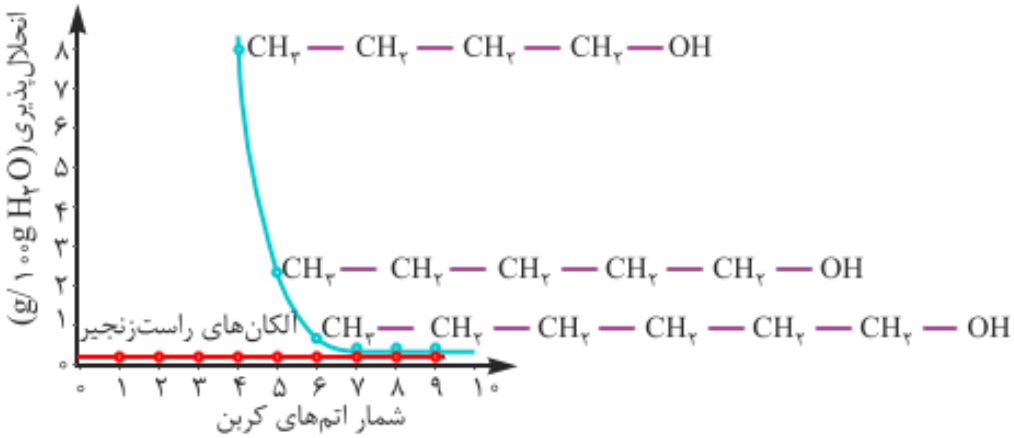
■ کربوکسیلیک اسیدهای یک‌عاملی را می‌توان با فرمول $R-COOH$ یا $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ نشان داد که در آن R یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است. (۱۰۹)

■ الکل‌ها دارای دو قسمت قطبی و ناقطبی هستند. هر چه طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها **بزرگ‌تر** باشد، نیروی **وان‌درووالسی بر هیدروژنی غلبه** کرده و **خصلت ناقطبی** الکل **افزایش** می‌یابد. (۱۱۰)

$R-OH$
ناقطبی — قطبی

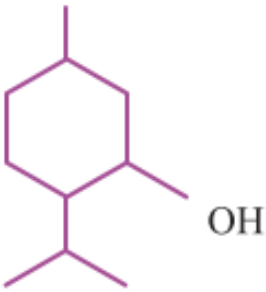
زنجیر هیدروکربنی بزرگ‌تر ← نیروی وان‌درووالسی قوی‌تر ← الکل ناقطبی‌تر ← انحلال‌پذیری در آب کم‌تر

■ با توجه به نمودار زیر می‌توانیم دریابیم که **الکل‌های یک‌عاملی با ۵ کربن و کم‌تر در آب، محلول هستند. ۱- هگزانول، کم‌محلول** است و الکل‌هایی با **بیش از ۶ کربن در آب نامحلول** هستند، زیرا انحلال‌پذیری الکل‌هایی با بیش از ۶ کربن **کم‌تر از یک گرم** در ۱۰۰ گرم آب است. (۱۱۰)



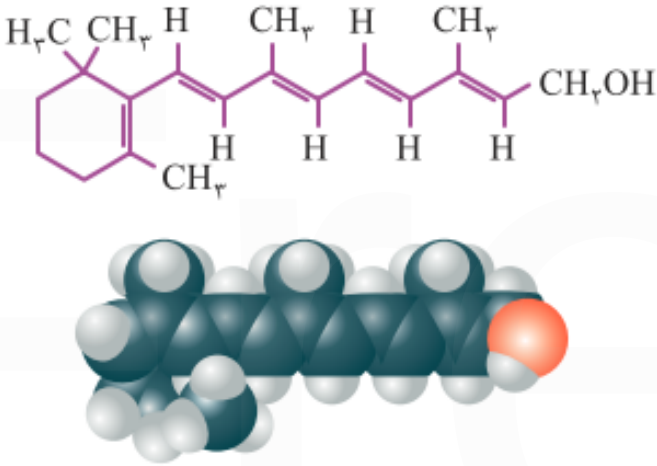
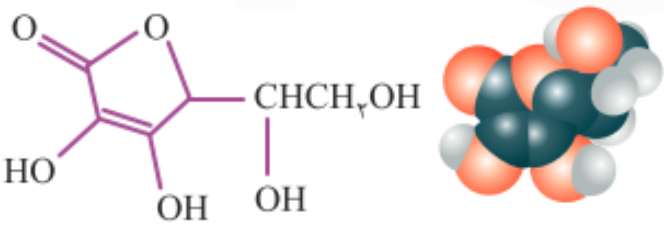
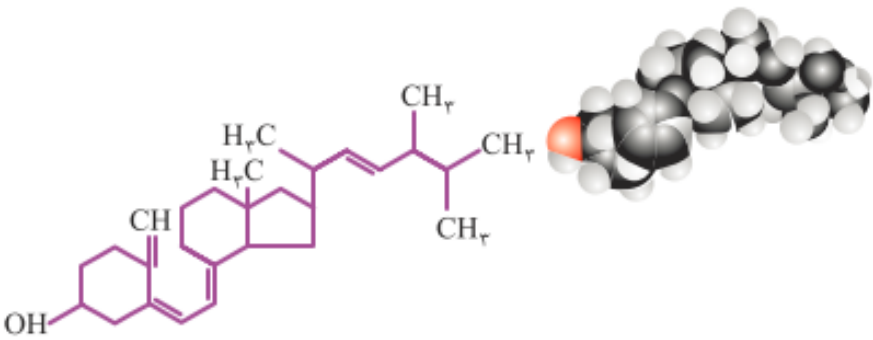
■ آلکان‌ها با توجه به نداشتن گروه عاملی قطبی کلاً در آب حل نمی‌شوند.

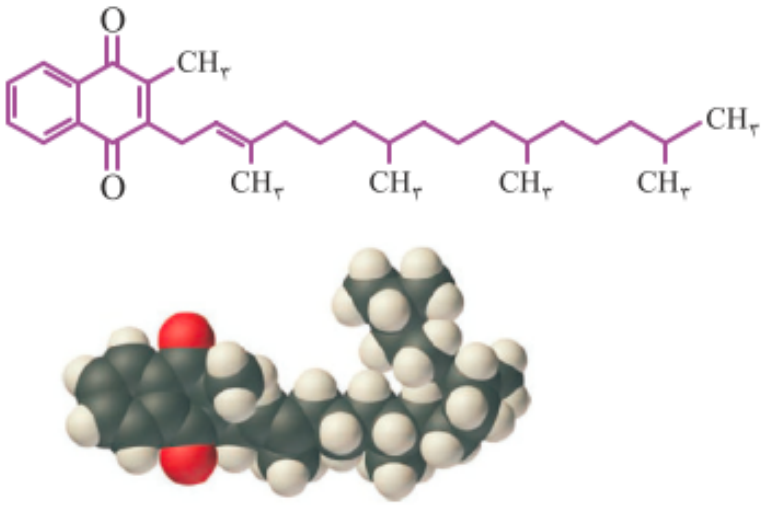
■ هر چه قسمت هیدروکربنی (ناقطبی) الکل‌ها افزایش پیدا کند، ویژگی چربی‌دوستی یا به عبارت دیگر آب‌گریزی الکل‌ها افزایش می‌یابد. (۱۱۱)



افرادی که از گرفتگی عضلات، دردهای عضلانی و درد مفاصل رنج می‌برند، برای کاهش درد خود از پمادهای موضعی استفاده می‌کنند که دارای چندین مادهٔ آلی است. یکی از ترکیب‌های آلی موجود در برخی از آن‌ها منتول است. (۱۱۱)

در جدول زیر چند ویتامین و خواص آن‌ها را با هم بررسی می‌کنیم: (۱۱۱ و ۱۱۲)

نام ویتامین	فرمول شیمیایی
ویتامین آ	
ویتامین ث	
ویتامین دی	

نام ویتامین	فرمول شیمیایی
ویتامین کا	

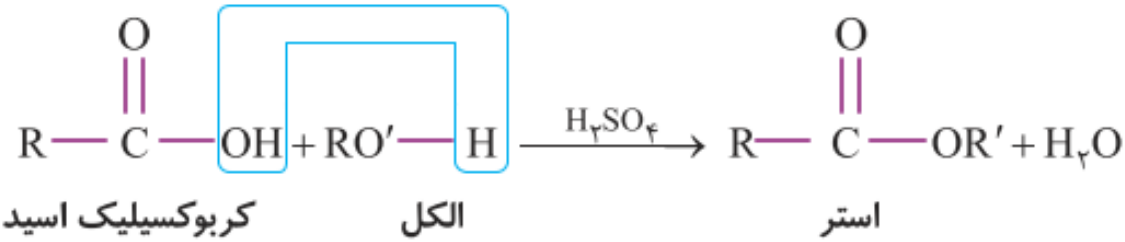
نام ویتامین	گروه‌های عاملی	مادهٔ دارای ویتامین	انحلال‌پذیری
ویتامین آ	هیدروکسیل (الکلی)	آب هویج	در چربی حل می‌شود.
ویتامین ث	استری و الکلی	مرکبات مانند پرتقال	در آب حل می‌شود.
ویتامین دی	هیدروکربن	شیر، مغزها مانند پسته، بادام و ...	در چربی حل می‌شود.
ویتامین کا	کربونیل (کتون)	کلم‌ها مانند بروکلی	در چربی حل می‌شود.

- مصرف بیش از اندازهٔ **ویتامین‌های محلول در آب** برای بدن مشکلی ایجاد نمی‌کند، ولی مصرف بیش از اندازهٔ ویتامین‌های **محلول در چربی** باعث بروز بیماری‌هایی در بدن می‌شوند. (۱۱۲)
- در ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی، بخش ناقطبی

بزرگ‌تر شـــده، قطبیت مولکول کاهش می‌یابـــد و انحلال‌پذیری آن در آب کم‌تر می‌شـــود. (۱۱۲)

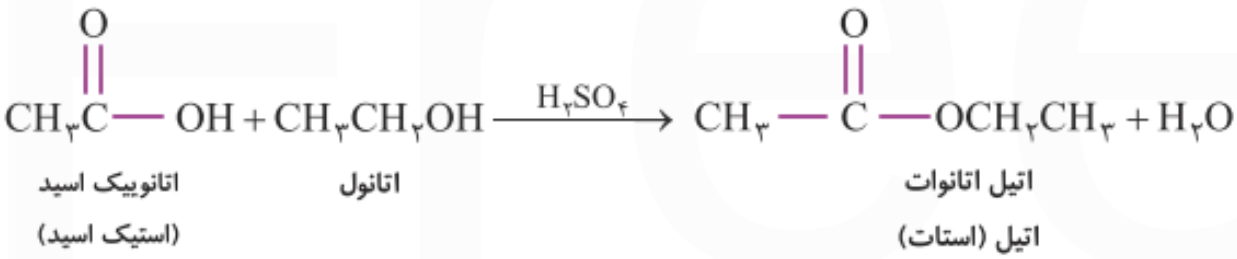
واکنش استری شدن

■ از واکنش اسیدها و الکل‌ها در شرایط مناسب آب و استر پدید می‌آید: (۱۱۲)

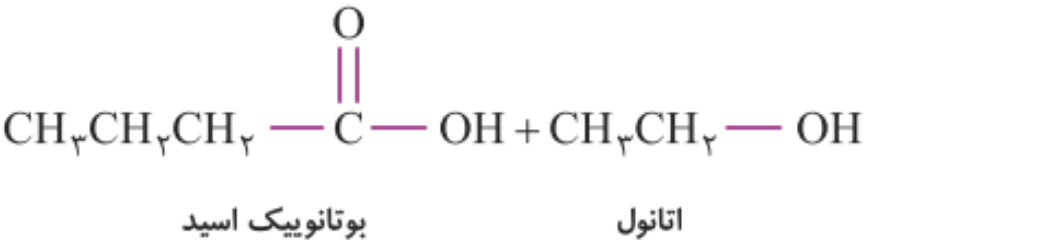


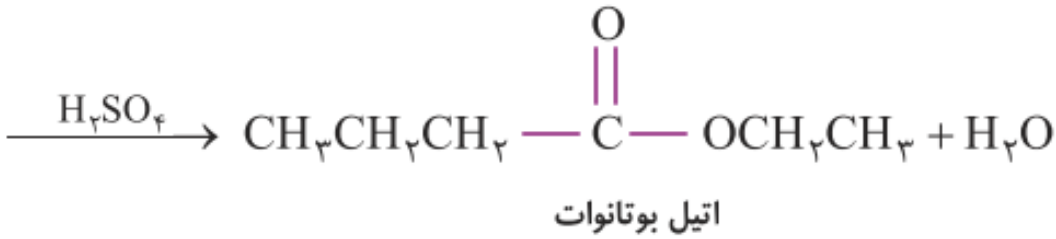
دقت کنید که (—OH) اسید با (—H) الکل تشکیل آب داده‌اند. (۱۱۲)

■ برای نمونه از واکنش استیک اسید (اتانوییک اسید) با اتانول، اتیل استات (اتیل اتانوات) پدید می‌آید: (۱۱۲)

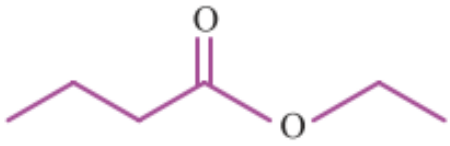
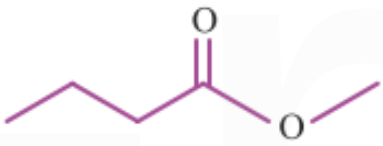
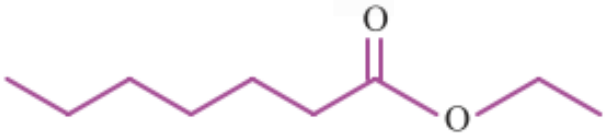


■ با واکنش زیر می‌توان اتیل بوتانوات را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید **شوینده با بوی آناناس** استفاده کرد. (۱۱۳)

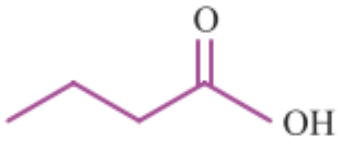
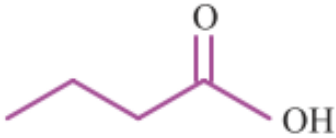
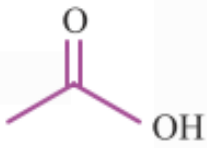




در جدول زیر چند استر موجود در میوه‌ها و ساختار اسید و الکل آن‌ها را خواهید دید: (۱۱۳)

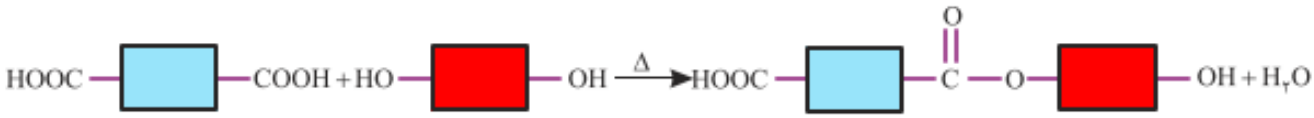
نام میوه	نام استر	ساختار استر
۱ آناناس	اتیل بوتانوات	
۲ سیب	متیل بوتانوات	
۳ انگور	اتیل هپتانوات	
۴ موز	پنتیل اتانوات	

اسید و الکل سازندهٔ این استرها را به ترتیب شماره در جدول‌های زیر آورده‌ام:

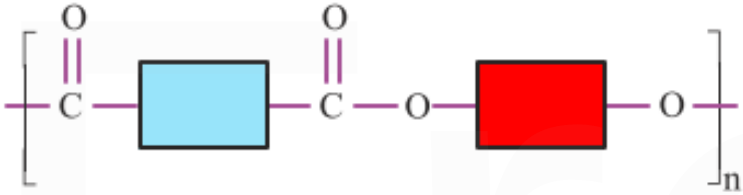
نام اسید	ساختار اسید
۱ بوتانوییک اسید	
۲ بوتانوییک اسید	
۳ هپتانوییک اسید	
۴ اتانوییک اسید (استیک اسید)	

نام الکل	ساختار الکل
۱ اتانول	
۲ متانول	
۳ اتانول	
۴ پنتانول	

■ از واکنش یک **کربوکسیلیک اسید دوعاملی** با یک **الکل دوعاملی** در شرایط مناسب می‌توان پلی‌استر تولید کرد. (۱۱۳)

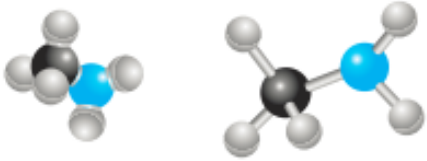


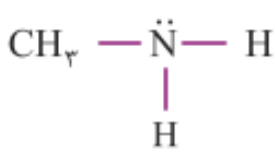
■ همان‌طور که می‌بینید، فراوردهٔ این واکنش یک عامل هیدروکسیل و یک عامل کربوکسیل دارد که می‌تواند از یک سو با عامل الکلی و از سوی دیگر با عامل اسیدی وارد واکنش شود و **پلی‌استر** پدید آورد. الگوی زیر فرمول پلی‌استر تولیدشده را نشان می‌دهد. (۱۱۳ و ۱۱۴)



پلی آمیدها

■ آمین‌ها: دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختار آن‌ها اتم‌های C، H و N وجود دارد. **متیل آمین** (CH_3NH_2) ساده‌ترین آمین است. (۱۱۴)

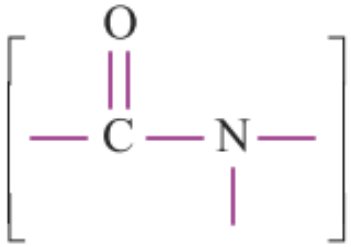




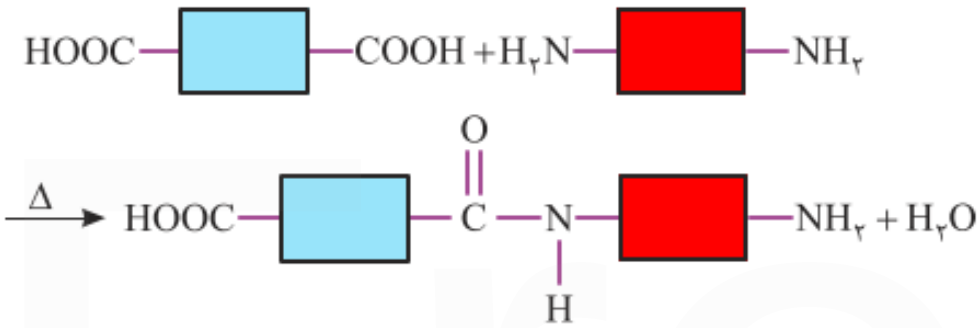
■ خواص شیمیایی و منحصربه‌فرد آن‌ها به دلیل وجود اتم نیتروژن در ساختار آن‌ها است. (۱۱۴)

■ بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است. (۱۱۴)

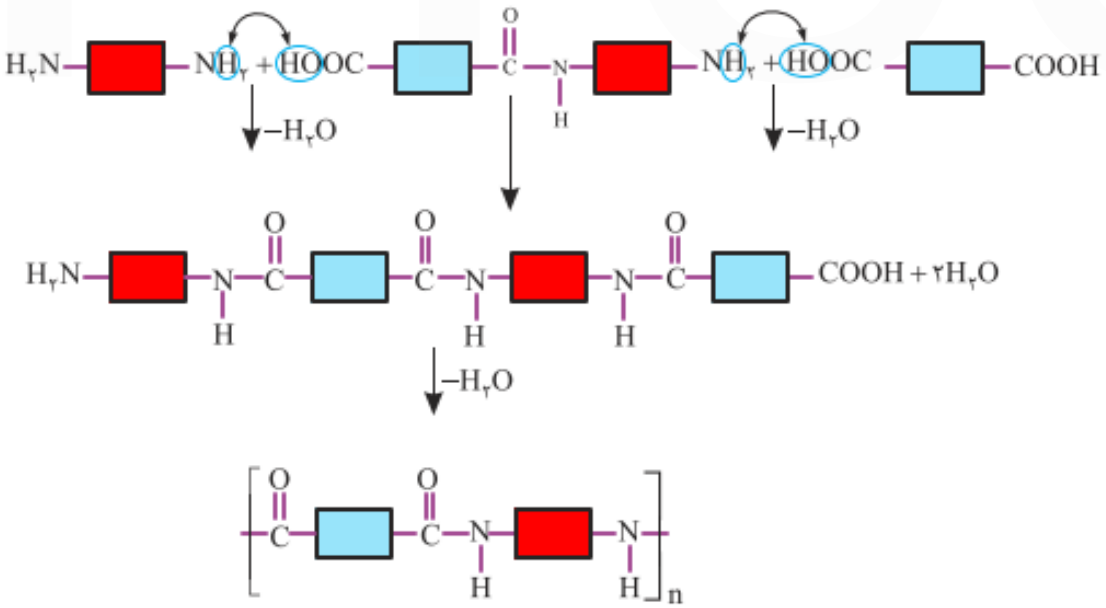
■ پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آن‌ها اتم‌های C، H، O و N وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما و هم‌چنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند.

در این دسته از پلیمرها، گروه **عاملی آمید**  در طول زنجیر کربنی تکرار شده است. (۱۱۴)

- عامل آمیدی از واکنش **اسید آلی با آمین** به دست می‌آید. واکنش تولید پلی‌آمید شبیه تولید پلی‌استر است. با این تفاوت که به جای عامل الکلی، عامل آمینی با عامل کربوکسیل واکنش می‌دهد. (۱۱۴ و ۱۱۵)



- با ادامهٔ واکنش، گروه آمیدی بیشتری تشکیل می‌شود و سرانجام پلی‌آمید تولید می‌شود. (۱۱۵)



- **پلی‌آمیدهای** ساختگی را در صنایع پتروشیمی از واکنش **دی‌آمین‌ها** با **دی‌اسیدها** تولید می‌کنند. (۱۱۵)

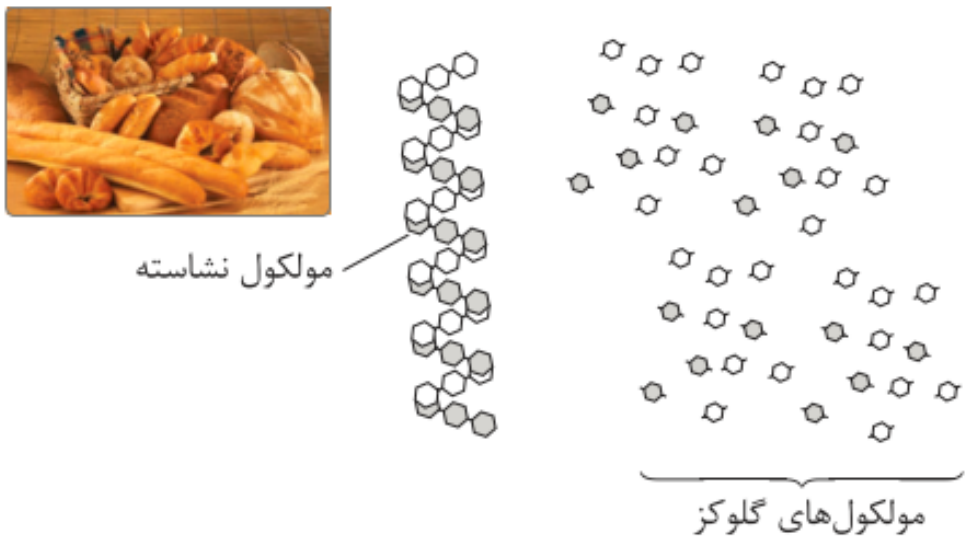
کِـــولار (۱۱۵)

۱) یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدها است.
۲) پنج برابر فولاد هم‌جرم خود مقاومت (*نه پایداری!*) دارد.
۳) در تهیهٔ تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس‌های موتورسواری، جلیقهٔ ضدگلوله کاربرد دارد.

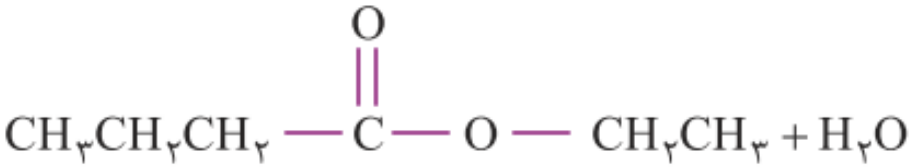
- پوشاک دوخته‌شده از کِولار سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. (۱۱۵)

پلیمرها، ماندگار یا تخریب‌پذیر

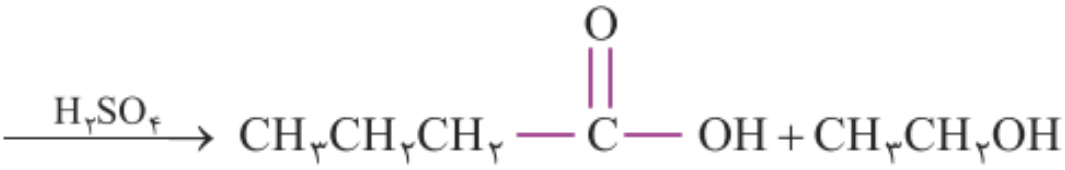
- نشاسته: **پلی‌ساکاریدی** است که از اتصال مولکول‌های **گلوکز** به یکدیگر تشکیل شده است. نان و سیب‌زمینی منبع غنی نشاسته هستند. (۱۱۶)
- مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده یعنی **گلوکز** تجزیه شده و **مزهٔ شیرین** ایجاد می‌کنند. (۱۱۶)
- نشاسته هنگام گوارش (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌شود. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تجزیهٔ آن است که به کمک آنزیم‌ها تسریع می‌شود. (۱۱۶)



■ **آبکافت استرها:** استرها در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می‌شوند. (۱۱۶)

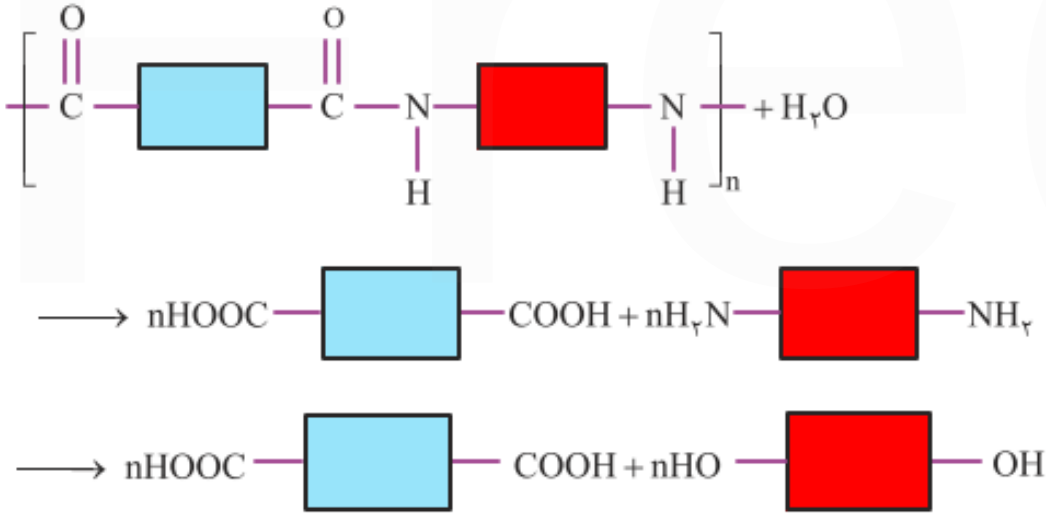


اتیل بوتانوات



بوتانوییک اسید — اتانول

■ **پلی‌آمیدها و پلی‌استرها** نیز در شرایط مناسب با **آب** واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازندهٔ خود تبدیل می‌شوند. (۱۱۷)



■ علت سست‌شدن تار و پود لباس‌ها پس از مدتی استفاده از آن‌ها، این است که مولکول‌های پلیمر سازندهٔ آن‌ها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی پیوندهای موجود در ساختار آن‌ها مانند پیوندهای استری یا آمیدی شکسته می‌شوند. هر چه آهنگ شکستن این پیوندها سریع‌تر باشد، فرایند پوسیده‌شدن پارچه سریع‌تر رخ می‌دهد. (۱۱۷)

- هر چه شرایط واکنش پلیمرهای سازندهٔ پوشاک بیشتر فراهم باشد، آن لباس سریع‌تر پوسیده می‌شود، مانند (۱۱۷)

۱ محیط گرم و مرطوب

۲ استفادهٔ بی‌رویه از شوینده‌ها در شستن لباس‌ها

۳ استفاده از سفیدکننده‌ها

۴ قراردادن لباس‌ها به مدت زیاد در محلول آب و شوینده

- اگر سفیدکننده‌ها به طور مستقیم روی لباس ریخته شوند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می‌رود؛ به همین علت ابتدا سفیدکننده‌ها را در آب می‌ریزند و سپس لباس را در آن فرو می‌برند. (۱۱۷)
- **مواد زیست تخریب‌پذیر:** موادی هستند که در طبیعت توسط جانداران ذره‌بینی به مولکول‌های ساده و کوچک مانند کربن دی‌اکسید، متان، آب و ... تبدیل می‌شوند. پلیمرهای طبیعی زیست تخریب‌پذیرند. (۱۱۷)
- آهنگ تجزیهٔ پلی‌استرها و پلی‌آمیدها به ساختار مونومرهای سازنده بستگی دارد، بنابراین بسته به جنس لباس، زمان استفاده از لباس‌ها متفاوت است. اما به طور کلی واکنش تجزیهٔ پلی‌استرها و پلی‌آمیدها بسیار کند است و لباس‌های تهیه‌شده از این پارچه‌ها برای مدت طولانی قابل استفاده است. (۱۱۸)
- پوشاک تهیه‌شده از پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده برای سالیان طولانی دست‌نخورده باقی می‌مانند، زیرا این مواد تمایلی به انجام واکنش ندارند و در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و در واقع پلیمرهای ماندگار هستند. (۱۱۸)
- هر چند استفاده از این پلیمرها صرفهٔ اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست، زیرا ماندگاری درازمدت آن‌ها مشکلات محیط زیستی و ... را پدید می‌آورد و هزینهٔ تحمیل‌شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد. (۱۱۸)

■ **بازیافت**، یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری بهینهٔ منابع منجر خواهد شد. (۱۱۸)

■ جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایهٔ نفتی با پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، راهکار دیگری است که در دو دههٔ اخیر مورد توجه همهٔ جهانیان قرار گرفته است. (۱۱۸)

پلیمرسبز

■ **پلیمرهای سبز یا پلیمرهای دوست‌دار طبیعت:** پلیمرهایی هستند که اگر این پلیمرها و کالاهای ساخته‌شده از آن‌ها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. (۱۱۹)

■ پلیمرهای سبز را از فراورده‌های کشاورزی مانند **سیب‌زمینی**، **ذرت** و **نیشکر** تهیه می‌کنند. به طوری که نخست نشاستهٔ موجود در این مواد را به **لاکتیک اسید** تبدیل کرده، سپس از واکنش پلیمری‌شدن آن در شرایط مناسب **پلی‌لاکتیک اسید** تولید می‌کنند. (۱۱۹)

■ شیر ترش‌شده دارای لاکتیک اسید است. (۱۱۹)

■ از پلی‌لاکتیک اسید، انواع ظرف‌های پلاستیکی یک بار مصرف مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله و ... تولید می‌شود. این پلاستیک‌ها امکان تبدیل‌شدن به کود را دارند و به همین دلیل ردپای کوچک‌تری در محیط زیست بر جای می‌گذارند. (۱۱۹)

بهداشت فردی

- انسان‌ها با **الهام از طبیعت و شناخت مولکول‌ها و رفتار آن‌ها**، راهی برای زدودن آلودگی‌ها پیدا کردند. راهی که با استفاده از مواد شوینده، هموارتر می‌شود. شوینده‌ها براساس **خواص اسیدی و بازی** عمل می‌کنند. (۱)
- یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه این بود که با دسترسی به آب، بدن خود را بشوید و ابزار، ظروف و محیط زندگی خود را تمیز نگاه دارد. (۲)
- حفاری‌های شهر بابل نشان می‌دهد که چند هزار سال پیش از میلاد، انسان به همراه آب از موادی شبیه صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی استفاده می‌کردند. (۲)
- نیاکان ما به تجربه پی بردند که اگر **ظرف‌های چرب** را به **خاکستر** آغشته کنند و سپس با آب گرم شست‌وشو دهند، آسان‌تر تمیز می‌شوند. (۲)
- در گذشته سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود و بیماری‌های گوناگون در جهان گسترش می‌یافت. وبا یک بیماری واگیردار است که به دلیل **آلوده‌شدن آب** و **نبود بهداشت** شایع می‌شود. **ساده‌ترین و مؤثرترین** راه پیشگیری این بیماری، **رعایت بهداشت فردی و همگانی** است. (۲)
- **شاخص امید به زندگی:** شاخصی است که نشان می‌دهد با توجه به خطراتی که انسان‌ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می‌کنند. (۲)
- توجه کنید که با افزایش سطح تندرستی و بهداشت فردی و همگانی شاخص امید به زندگی نیز در جهان **افزایش** یافته است. (۲)

- با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان **افزایش** یافته است و امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم دنیا بین ۸۰ - ۷۰ سال است. (۳)
- امید به زندگی شاخصی است که در کشورهای گوناگون و حتی شهرهای یک کشور تفاوت دارد؛ برای مثال در مناطق توسعه‌یافته، امید به زندگی در مقایسه با مناطق کم‌تر توسعه‌یافته، بیشتر است. (۳)

پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

- **آلاینده‌ها:** موادی هستند که **بیش از مقدار طبیعی** در یک محیط، ماده یا یک جسم وجود دارند. گل‌ولای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس‌ها و پوست بدن نمونه‌هایی از انواع آن‌ها هستند. (۴)
- در شیمی دهم آموختیم **مواد قطبی در حلال‌های قطبی** و **مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی** حل می‌شوند. (۵)

در فرایند ادغام دو ماده

اگر ذره‌های سازندهٔ حل‌شونده با مولکول‌های حلال جاذبهٔ مناسب برقرار کنند ← حل‌شونده در حلال حل می‌شود.

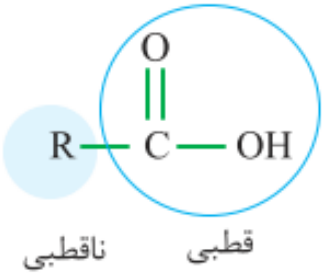
اگر ذره‌های سازندهٔ حل‌شونده با مولکول‌های حلال جاذبهٔ مناسب برقرار نکنند ← ذره‌های حل‌شونده در کنار هم باقی می‌مانند و در حلال پخش نمی‌شوند.

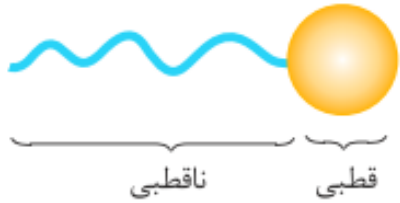
- برای مثال عسل دارای مولکول‌های **قطبی** است که در ساختار خود شمار زیادی گروه **هیدروکسیل (OH—)** دارند. هنگامی که عسل وارد آب می‌شود، مولکول‌های سازندهٔ آن با مولکول‌های آب **پیوند هیدروژنی** برقرار می‌کنند و در سرتاسر آن پخش می‌شوند. به این ترتیب آب پاک‌کنندهٔ مناسبی برای لکه‌های شیرینی مانند آب‌قند، شربت آب‌لیمو و چای شیرین نیز است. (۵)

جدول انحلال چند ماده در حلال مربوطه (۴)

نام ماده	فرمول شیمیایی	نوع	محلول در آب (حلال قطبی)	محلول در هگزان (حلال ناقطبی)
اتیلن گلیکول (ضدیخ)	$CH_2(OH)-CH_2(OH)$	قطبی	✓	✗
نمک خوراکی	$NaCl$	یونی	✓	✗
بنزین	C_8H_{18}	ناقطبی	✗	✓
اوره	$CO(NH_2)_2$	قطبی	✓	✗
روغن زیتون	$C_{57}H_{104}O_6$	ناقطبی	✗	✓
وازلین	$C_{25}H_{52}$	ناقطبی	✗	✓
گلوکز	$C_6H_{12}O_6$	قطبی	✓	✗

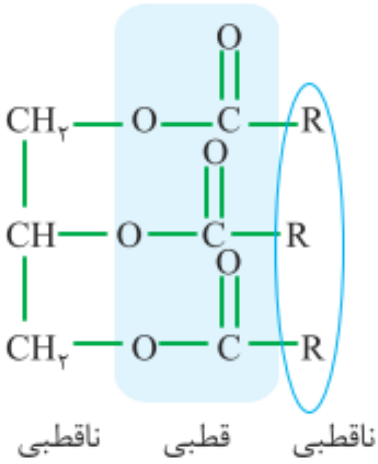
اسیدهای چرب: کربوکسیلیک اسیدهایی با **زنجیر بلند کربنی** هستند. (۵)





(R یک زنجیر کربنی بلند است.)

چربی‌ها: مخلوطی از **اسیدهای چرب** و **استرهای بلند زنجیر** (با جرم مولی زیاد) هستند. (۵)



(R یک زنجیر بلند کربنی است.)

نیروی بین مولکولی **غالب** در چربی‌ها، نیروهای **ناقطبی** است؛ به همین دلیل چربی‌ها در آب حل نمی‌شوند. (۶)

صابـون (۶)

جامد ← نمک سدیم اسید چرب ← $R-COO^-Na^+$

(R: ناقطبی (آب‌گریز)، COO^-: قطبی (آب‌دوست))

مایع ← نمک پتاسیم یا آمونیوم اسید چرب ←

$R-COO^-K^+$ (R: ناقطبی، COO^-: قطبی)

$R-COO^-NH_4^+$ (R: ناقطبی، COO^-: قطبی)

- به بخش ناقطبی صابون که در آب حل نمی‌شود، بخش **آب‌گریز** و به بخش قطبی صابون که در آب حل می‌شود، بخش **آب‌دوست** می‌گوییم. (۶)
- **صابون جامد** را از گرم‌کردن مخلوط روغن‌های گوناگون گیاهی یا جانوری مانند روغن زیتون، نارگیل، دنبه با **سدیم هیدروکسید** تهیه می‌کنند. (۶)

■ با توجه به این‌که صابون هم سر قطبی و هم سر غیرقطبی دارد، هم در آب حل می‌شود و هم در چربی‌ها. (۶)

انـواع مخلـوط (۶)

- همگن ← محلول ← مانند هوا، آب‌نمک و ...
- ناهمگن
  - **کلوییـد**: مخلوط‌های ناهمگن حاوی توده‌های مولکولی با اندازهٔ متفاوت. مانند شیر، ژله، سس مایونز، رنگ پوششی
  - **سوسپانسیون**: مخلوط‌های ناهمگنی هستند که با گذشت زمان ته‌نشین می‌شوند مانند شربت معده.

■ مخلوط آب در روغن، یک مخلوط **ناپایدار** است، زیرا به محض این‌که هم‌زدن را متوقف کنید آب و روغن از هم جدا شده و دو لایهٔ مجزا را تشکیل می‌دهند.

امـا اگر مقداری صابون به این مخلوط اضافـه کنیم و به هم بزنیم یک مخلوط پایدار ایجاد می‌شـود که **ناهمگـن بوده و کلوییـد** نام دارد. شـکل مقابل، کلوییـد پایدارشدهٔ آب و روغن به وسیلهٔ صابون را نشـان می‌دهد که برای نمایش بهتر به آب دو قطره رنگ افزوده شـده اسـت. (۷)

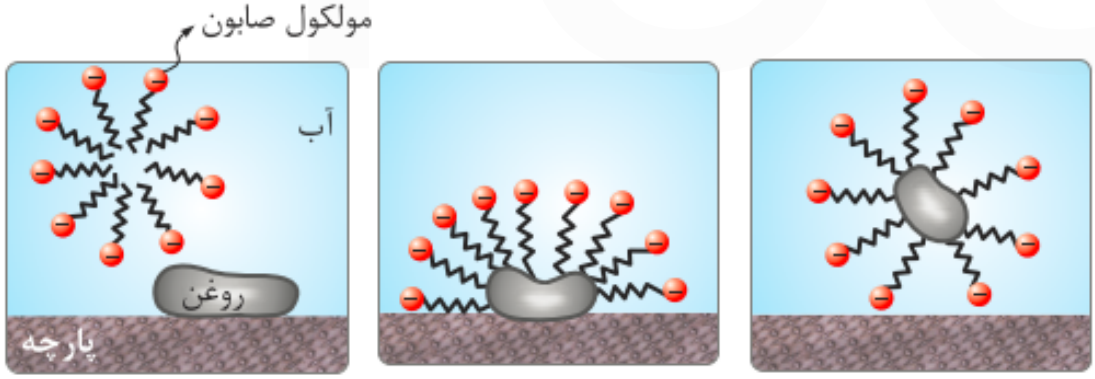
■ شـکل مقابـل مقایسـهٔ رفتار نـور در یک محلول و یک کلوییـد را نشان می‌دهد.

با توجه به **درشت‌تربودن** ذرات کلوییـد نسبت به محلول، ذرات کلوییـد می‌توانند نور را پخش کنند. (۷)

جدول مقایسهٔ برخی ویژگی‌های محلول‌ها، کلوییدها و سوسپانسیون‌ها (۷)

نوع مخلوط / ویژگی	سوسپانسیون	کلویید	محلول
رفتار در برابر نور	نور را پخش می‌کنند.	نور را پخش می‌کنند.	نور را پخش نمی‌کنند.
همگن‌بودن	ناهمگن	ناهمگن	همگن
پایداری	پایدار نیست ته‌نشین می‌شود.	پایدار است ته‌نشین نمی‌شود.	پایدار است ته‌نشین نمی‌شود.
ذره‌های سازنده	ذره‌های ریز ماده	توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت	حلال و حل‌شونده

- با توجه به رفتار کلوییدها آن‌ها را می‌توان به عنوان پلی بین سوسپانسیون و محلول‌ها در نظر گرفت. (۷)
- به شکل دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم: (۸)



۱ پس از حل‌شدن صابون در آب، بخش **کاتیونی** صابون از بخش آنیونی آن جدا می‌شود، بنابراین بخش کاتیونی در **شویندگی تأثیری ندارد.**

۲ بخش آنیونی دارای یک بخش **قطبی و آب‌دوست** است که هنگام شست‌وشوی یک لکهٔ چربی **در آب حل می‌شود.**

۳ بخش آنیونی یک بخش **ناقطبی** نیز دارد که چربی‌دوست است و آب‌گریز می‌باشد و در هنگام شست‌وشو یک لکهٔ چربی **در چربی حل می‌شود.**

۴ در واقع مولکول‌های صابون مانند **پلی بین مولکول‌های آب و چربی** قرار می‌گیرند.

۵ به این ترتیب ذره‌های چربی کم‌کم از سطح پارچه جدا شده و در آب پخش می‌شوند.

- قدرت پاک‌کنندگی صابون به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیشتری از آلاینده و چربی را بزداید، قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارد. **نوع پارچه، دما، نوع آب و مقدار صابون** بر قدرت پاک‌کنندگی آن تأثیر دارد. (۸)
- آب سخت: به آب‌هایی که حاوی مقادیر چشمگیری یون‌های **کلسیم** (Ca^{2+}) و **منیزیم** (Mg^{2+}) هستند، آب سخت می‌گوییم. (۹)
- صابون در آب سخت خوب کف نمی‌کند و قدرت **پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد،** زیرا صابون با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب سخت **رسوب** تشکیل می‌دهد.

لکه‌های سفیدی که پس از شستن لباس با صابون روی آن‌ها بر جای می‌ماند، نشانه‌ای از تشکیل چنین رسوب‌هایی است. (۹)

$$2RCOONa(aq) + MgCl_2(aq) \rightarrow (RCOO)_2Mg(s) + 2NaCl(aq)$$

$$2RCOONa(aq) + CaCl_2(aq) \rightarrow (RCOO)_2Ca(s) + 2NaCl(aq)$$

به همین دلیل قدرت پاک‌کنندگی صابون در آب دریا **کم‌تر** از آب چشمه است. (۹)

عوامل مؤثر روی پاک‌کنندگی صابون‌ها (۹)

۱) هـر چه **دمای آب** افزایش پیدا کنـد، میزان پاک‌کنندگی صابون **افزایش** پیدا می‌کند.
۲) **صابون‌های آنزیم‌دار** قدرت پاک‌کنندگی **بیشتری** نسبت به صابون‌های بدون آنزیم دارند.
۳) **میزان چسبندگی** لکه‌های چربی روی پارچه‌های نخی **کم‌تر** از پارچه‌های پلی‌استر است.

- صنعت بزرگ صابون‌سازی نقش چشمگیری در کاهش بیماری‌های گوناگون داشته است. از سوی دیگر با افزایش جمعیت جهان، مصرف صابون افزایش یافت و برای تولید صابون در مقیاس انبوه نیاز به **مقدار بسیار زیادی چربی** بود که خود یک چالش بزرگ است. (۱۰)

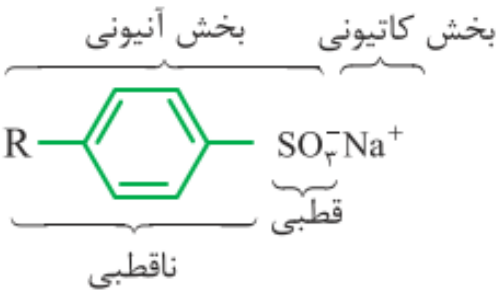
علت نیاز به پاک‌کننده‌های غیرصابونی (۱۰)

۱) به علت نیاز به مقدار بسیار زیاد چربی، تأمین صابون زیاد به روش‌های سنتی تقریباً ناممکن شد.
۲) استفادهٔ صابون در محیط‌هایی مانند سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، پاسخگوی نیاز انسان نبود. در واقع صابون در همهٔ شرایط خوب عمل نمی‌کرد.

در جست‌وجوی پاک‌کننده‌های جدید

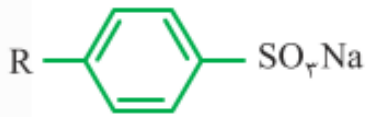
- شیمی‌دان‌ها در جست‌وجوی موادی بودند که قدرت پاک‌کنندگی زیادی داشته باشند و بتوان آن‌ها را به میزان انبوه و با قیمت مناسب تولید کرد. (۱۰)
- **پاک‌کننده‌های غیرصابونی:** شیمی‌دان‌ها به دنبال تولید موادی بودند که

ساختار آن‌ها شبیه صابون باشد، آن‌ها توانستند **از بنزن** و دیگر **مواد اولیه در صنایع پتروشیمی** مواد پاک‌کننده‌ای با فرمول همگانی مقابل تولید کنند موادی که به پاک‌کننده‌های غیرصابونی مشهورند. (۱۰)



■ مولکول‌هایی با فرمول $R-C_6H_4SO_3^-Na^+$ همانند $RCOONa$ پاک‌کننده هستند، با این تفاوت که از مواد پتروشیمیایی طی واکنش‌های پیچیده در صنعت تولید می‌شوند. این مواد قدرت پاک‌کنندگی **بیشتری** نسبت به صابون دارند و در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند زیرا با یون‌های موجود در این آب‌ها **رسوب نمی‌دهند**. (۱۱)

جدول مقایسهٔ پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی.

	شوینده‌های صابونی	شوینده‌های غیرصابونی
فرمول کلی	$RCOONa$	
کف‌کردن در آب سخت	خوب کف نمی‌کند.	خوب کف می‌کند.
ایجاد رسوب	با یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} تولید رسوب می‌کند.	با یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} رسوب تولید نمی‌کند.
میزان پاک‌کنندگی	کم‌تر	بیشتر
طرز تهیه	به سادگی و از واکنش چربی‌ها با سود سوزآور	از مواد پتروشیمیایی طی واکنش‌های پیچیده

■ صابون مراغه: معروف‌ترین صابون سنتی ایران است که برای تهیهٔ آن، **پیه گوسفند و سود سوزآور** را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چند ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری، آن‌ها را در آفتاب خشک می‌کنند. این صابون افزودنی شیمیایی **ندارد** و به علت **خاصیت بازی** برای **موهای چرب** مناسب است. (۱۱)

صابون‌هایی با خواص ویژه (۱۲ و ۱۱)

۱) **صابون گوگرددار:** برای از بین بردن جوش صورت و هم‌چنین قارچ‌های پوستی

۲) **صابون کلردار:** برای افزایش خاصیت ضدعفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی

۳) **صابون فسفات‌دار:** برای واکنش با یون‌های کلسیم و منیزیم و جلوگیری از تشکیل رسوب و ایجاد لکه روی لباس

■ از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگکی برای چرب‌کردن سطح سنگ‌ها استفاده می‌شود. (۱۱)

■ هر چه شوینده‌ای مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد، احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل مصرف زیاد شوینده‌ها و تنفس بخار آن‌ها، عوارض پوستی و بیماری‌های تنفسی ایجاد می‌کند. بنابراین برای حفظ سلامت بدن و محیط زیست، استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود. (۱۲)

پاک‌کننده‌های خورنده

■ رسوب تشکیل‌شده بر دیوارهٔ کتری، لوله‌ها، آب‌راه‌ها و دیگ‌های بخار چنان به این سطح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی

زدوده نمی‌شوند. برای زدودن این رسوب‌ها به پاک‌کننده‌هایی نیاز است که بتوانند با آن‌ها واکنش شیمیایی بدهند و آن‌ها را به فراورده‌هایی تبدیل کنند که با آب شسته شوند؛ موادی مانند هیدروکلریک اسید (جوهرنمک)، سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) و سفیدکننده‌ها از جمله این پاک‌کننده‌ها هستند. (۱۲)

- پاک‌کننده‌های ذکرشده از نظر شیمیایی فعال هستند و **خاصیت خورندگی نیز دارند** و به همین دلیل **نباید با پوست تماس داشته باشند.** (۱۲)

با توجه به شکل زیر و رنگ کاغذ pH در هر یک از آن‌ها می‌توانیم خاصیت این مواد را مشخص کنیم. (۱۲)

محلول جوهرنمک

محلول سود

صابون

سرکهٔ سفید

ماده	رنگ کاغذ pH	خاصیت
محلول جوهرنمک (HCl)	قرمز	اسیدی
محلول سود (NaOH)	آبی	بازی
صابون	آبی	بازی
سرکهٔ سفید	قرمز	اسیدی

پاک‌کننده‌های مجاری مسدودشده در برخی وسایل و دستگاه‌های صنعتی (۱۳)

۱) به شکل پودر عرضه می‌شوند.
۲) حاوی مخلوط پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید است.
۳) به علت خورندگی برای مجاری مسدودشده استفاده می‌شود.
۴) فراورده‌های دیگر + گاز هیدروژن ← آب + مخلوط سدیم هیدروکسید و آلومینیم
۵) این واکنش بسیار گرماده است و با بالارفتن دمای آب، قدرت پاک‌کنندگی بالا می‌رود.
۶) گاز تولیدشده در این واکنش قدرت پاک‌کنندگی را افزایش می‌دهد.

اسیدها و بازها

اسید (۱۴ و ۱۳)

۱) اسیدهای خوراکی ترش‌مزه هستند.
۲) با اغلب فلزها واکنش می‌دهند.
۳) در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند.
۴) اغلب میوه‌ها اسیدی هستند.
۵) pH آن‌ها در دمای $25\ ^\circ C$ کم‌تر از ۷ است.

باز (۱۳)

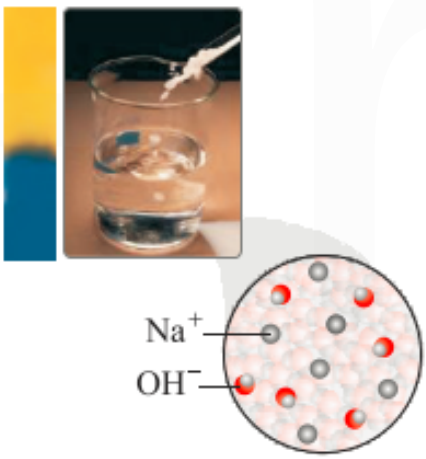
۱) بازهای خوراکی تلخ‌مزه هستند.
۲) در سطح پوست احساس لیزی ایجاد می‌کنند، اما به آن نیز آسیب می‌رسانند.
۳) pH آن‌ها در دمای $25\ ^\circ C$ بیشتر از ۷ است.

- یاخته‌های دیوارهٔ معده با ورود مواد غذایی به آن هیدروکلریک اسید ترشح می‌کنند. این اسید افزون بر فعال‌کردن آنزیم‌ها برای تجزیهٔ مواد

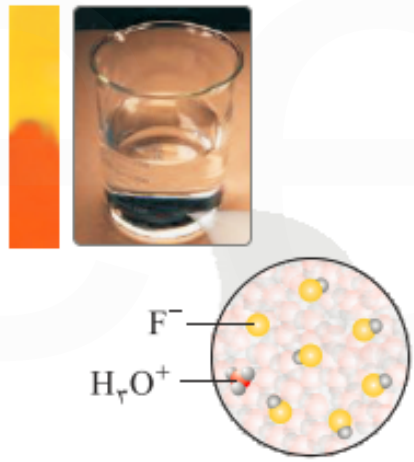
غذایی، جانداران ذره‌بینی موجود در غذا را نیز از بین می‌برد. **دلیل سوزش معده** که درد شـــدیدی در ناحیهٔ سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لولهٔ مری است. (۱۳)

- شواهد بسیاری نشان می‌دهد که **پیش از آن‌که** ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آن‌ها نیز آشنا بودند. (۱۴)
- **ســوانت آرنیوس** نخستین کســی بود که اســیدها و بازها را بر مبنای علمی توصیف کرد. او بر روی **رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی** کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشــان داد که محلول اســیدها و بازها **رســانای جریان الکتریکی** هستند، هر چند میزان رسانایی آن‌ها با یک‌دیگر **یکسان نیست**. (۱۴)

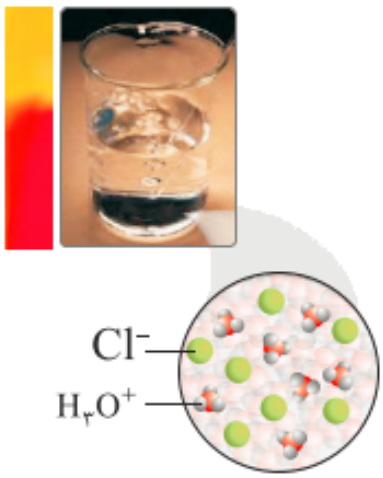
به شکل‌های زیر توجه کنید تا نکات آن‌ها را با هم بررسی کنیم. (۱۴ و ۱۵)



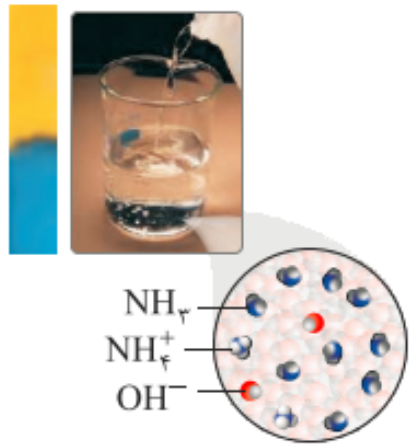
(۱)



(۲)



(۳)



(۴)

۱ با توجه به رنگ کاغذ pH نتیجه می‌گیریم که محلول‌های (۱) و (۴) **خاصیت بازی** دارند، *(زیرا کاغذ pH را آبی کرده‌اند)* و محلول‌های (۲) و (۳) **خاصیت اسیدی** دارند. *(زیرا کاغذ pH را قرمز کرده‌اند.)*

۲ **علت خاصیت اسیدی** در محلول (۲) و (۳) وجود یون H_3O^+ و **علت خاصیت بازی** در محلول‌های (۱) و (۴) وجود یون OH^- است.

۳ یون $H^+(aq)$ در آب به شکل H_3O^+ یافت می‌شود و به یون هیدرونیوم معروف است. برای سادگی کار در منابع علمی به جای H_3O^+ از نماد $H^+(aq)$ برای نشان‌دادن یون هیدرونیوم استفاده می‌شود.

۴ **مطابق مدل آرنیوس**، ماده‌ای که با **حل‌شدن در آب** غلظت یون $H^+(aq)$ را افزایش دهد، **اسید آرنیوس** و ماده‌ای که با **حل‌شدن در آب** غلظت یون OH^- را افزایش دهد، **باز آرنیوس** نام دارد.

۵ گاز هیدروژن کلرید و گاز HF **اسیدهای آرنیوس** هستند؛ زیرا با حل‌شدن در آب سبب **افزایش غلظت یون هیدرونیوم ($H^+(aq)$)** می‌شوند.

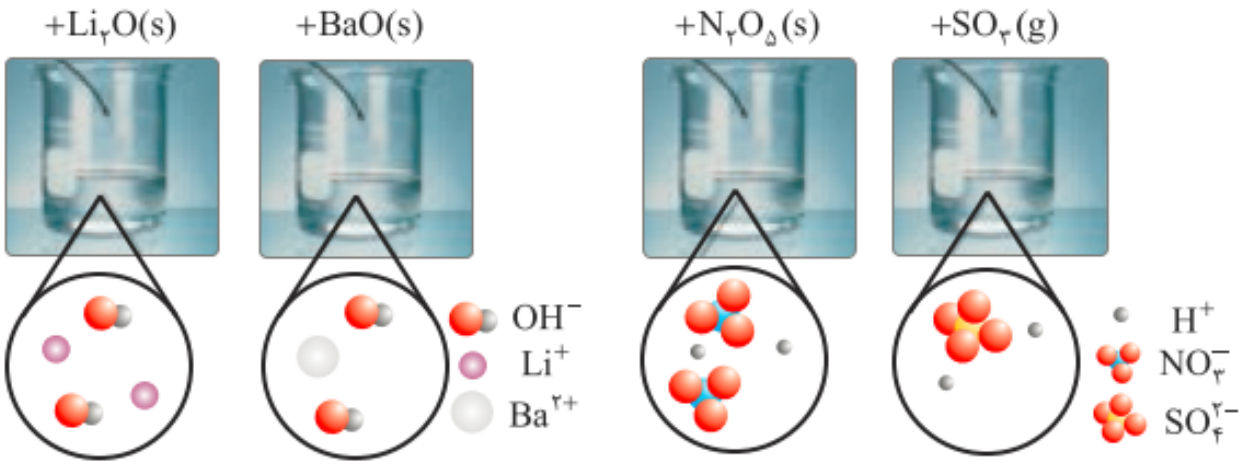
۶ سدیم هیدروکسید جامد و گاز NH_3 **بازهای آرنیوس** هستند؛ زیرا با حل‌شدن در آب سبب **افزایش غلظت یون هیدروکسید (OH^-)** می‌شوند.

۷ هر چه $[H^+]$ در محلولی **بیشتر** باشد آن محلول **اسیدی‌تر** است؛ بنابراین محلول (۳) نسبت به محلول (۲) **اسیدی‌تر** است و کاغذ pH را به رنگ **قرمز پررنگ‌تر** درآورده است.

۸ هر چه $[OH^-]$ در محلولی **بیشتر** باشد آن محلول **بازی‌تر** است؛ پس محلول (۱) نسبت به محلول (۴) **بازی‌تر** است و کاغذ pH را به رنگ **آبی پررنگ‌تر** درآورده است.

۹ اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم ($H^+(aq)$) و هیدروکسید (OH^-) **با هم برابر باشد** آن سامانه حالت **خنثی** دارد.

به شکل زیر که در آن برخی **اکسیدها با آب واکنش می‌دهند** دقت کنید تا نکات آن‌ها را بررسی کنیم: (۱۶)



۱ به معادلهٔ واکنش هر کدام از این اکسیدها با آب دقت کنید:

۱) $Li_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq)$

$\Rightarrow 2LiOH(aq) \rightarrow 2Li^+(aq) + 2OH^-(aq)$

۲) $BaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ba(OH)_2(aq)$

$\Rightarrow Ba(OH)_2(aq) \rightarrow Ba^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

۳) $N_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq)$

$\Rightarrow 2HNO_3(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$

۴) $SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$

$\Rightarrow H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

۲ با توجه به واکنش‌های بالا درمی‌یابیم که **اکسیدهای فلزی** (اکسیدهای بازی) مانند Li_2O و BaO در آب **بازهای آرنیوس** و **اکسیدهای نافلزی** (اکسیدهای اسیدی) مانند SO_3 و N_2O_5 در آب **اسیدهای آرنیوس** هستند.