



**نکته ۱:** پاسخ به پرسش «هستی چگونه پدید آمده است؟» که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است، در قلمرو علم تجربی نمی گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چارچوب اعتقادی و بینش خویش و در پرتو آموزه های وحیانی می تواند به پاسخی جامع دست یابد.

**نکته ۲:** علم تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش های «جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟» و «پدیده های طبیعی چرا و چگونه رخ می دهند؟» انجام داده است.

**نکته ۳:** شواهد تاریخی که از سنگ نبشته ها و نقاشی های دیوار غارها به دست آمده است، نشان می دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

**نکته ۴:** سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام های وویجر ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی، نمونه های از تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان است.

**نکته ۵:** آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت، از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری بود.

**نکته ۶:** وویجر ۱ و ۲ مأموریت داشتند، با گذر از کنار سیاره های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه فیزیکی و شیمیایی آنها را تهیه کنند و بفرستند.

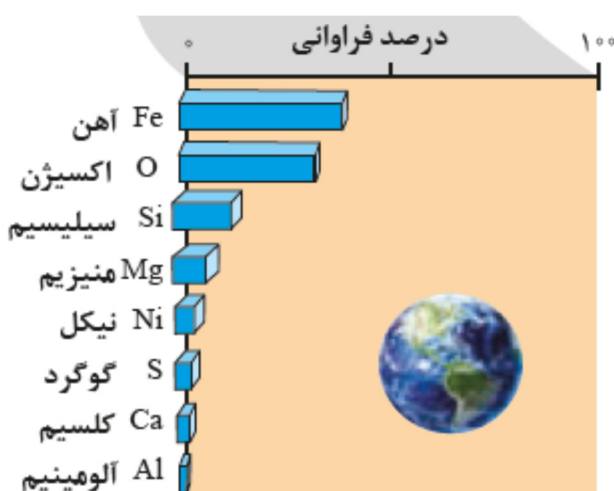
- توجه کنید سیاره مریخ جزو مأموریت این دو فضاپیما نبوده است.

- شناسنامه ها می تواند حاوی اطلاعاتی مانند نوع عنصرهای سازنده، ترکیب های شیمیایی در اتمسفر آنها و ترکیب درصد این مواد باشد.

**نکته ۷:** با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید می توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

**نکته ۸:** درصد فراوانی عناصر سازنده زمین مطابق

شکل روبرو است:



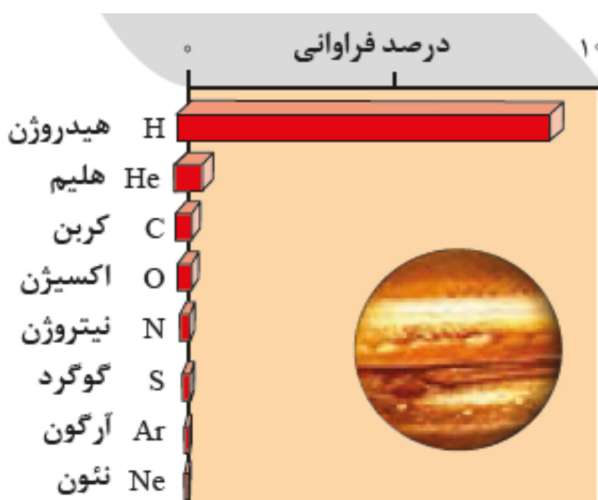
- این نمودار مربوط به عناصر موجود در تمام کره زمین است، نه عناصر موجود در لایه ای خاص!

- در میان ۸ عنصر با بیشترین درصد فراوانی در زمین، ۵ عنصر فلزی، ۲ عنصر نافلزی و یک عنصر شبه (شبه فلزی) فلزی وجود دارد.

- سیاره زمین بیشتر از جنس سنگ است.



- از بین ۸ عنصر فراوان در سیاره زمین، تنها یک عنصر در طبیعت به صورت گاز و ۷ عنصر مابقی به صورت جامد یافت می‌شوند.



**نکته ۹:** درصد فراوانی عناصر سازنده مشتری مطابق روبرو است:

- هر ۸ عنصر با بیشترین درصد فراوانی در مشتری، نافلزند.
- سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است.
- در سیاره مشتری عنصر فلزی یافت نمی‌شود.
- از بین ۸ عنصر فراوان در سیاره مشتری، ۶ عنصر در طبیعت به صورت گاز و ۲ عنصر به صورت جامد یافت می‌شوند.
- اکسیژن و گوگرد جزو عنصرهای مشترک دو سیاره زمین و مشتری هستند.
- گوگرد در هر دو سیاره ششمین عنصر فراوان است.
- چگالی سیاره مشتری از سیاره زمین کمتر است.

**نکته ۱۰:** عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده اند.

**نکته ۱۱:** چگونگی پیدایش عناصر:

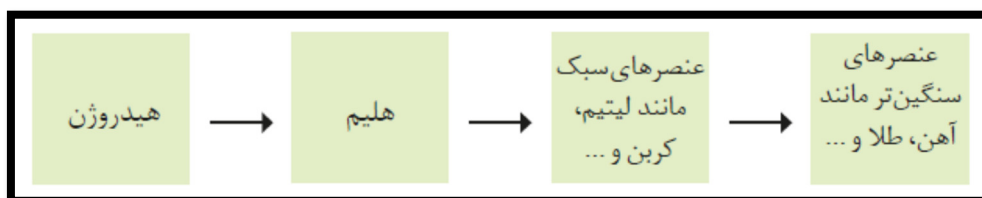
- I. برخی از دانشمندان بر این باورند که سر آغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بود که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. با این انفجار، ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون به وجود آمدند.
  - II. پس از انجام واکنش‌های شیمیایی میان ذره‌های زیراتمی، به ترتیب عناصر هیدروژن و هلیوم به وجود آمدند.
  - III. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شده و مجموعه‌های گازی به نام سحابی را ایجاد کردند. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.
- سحابی عقاب یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست که توسط تلسکوپ هابل قابل مشاهده است.



۱۷. درون ستاره ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش های هسته ای رخ می دهد؛ واکنش هایی که در آنها از عنصرهای سبک تر، عنصرهای سنگین تر پدید می آید.

- دما و اندازه هر ستاره تعیین می کند که چه عنصرهایی باید در آن ستاره ساخته شوند. هرچه دمای ستاره بیشتر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین تر فراهم می شود.

۱۷. این ستارگان پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده، در انفجاری مهیب متلاشی شده اند و اتم های سنگین درون آنها در سرتاسر گیتی پراکنده شده است.



- به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست.

**نکته ۱۲:** اینشتین رابطه  $E = mc^2$  را برای محاسبه انرژی تولید شده در واکنش های شیمیایی ارائه کرد. در این رابطه،  $m$  جرم ماده بر حسب کیلوگرم،  $c$  سرعت نور ( $3 \times 10^8$  متر بر ثانیه) و  $E$  انرژی آزاد شده را بر حسب ژول نشان می دهد. ( $1 J = 1 kg m^2 s^{-2}$ )

**نکته ۱۳:** اتم ها را با نماد همگانی  ${}^A_Z E$  نشان می دهند که  $Z$  عدد اتمی (تعداد پروتون های هسته) و  $A$  عدد جرمی (مجموع تعداد نوترون ها و پروتون های هسته) هستند.

**نکته ۱۴:** ایزوتوپ (هم مکان) های یک عنصر دارای  $Z$  یکسان اما  $A$  متفاوت هستند.

- خواص شیمیایی اتم های هر عنصر به عدد اتمی ( $Z$ ) آن وابسته است؛ بنابراین ایزوتوپ های یک عنصر همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره ای عنصرها همگی یک مکان را اشغال می کنند.

- ایزوتوپها در خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

**نکته ۱۵:** درصد فراوانی ایزوتوپ فرضی  $A$  در یک نمونه از عنصر آن به صورت زیر محاسبه می شود:



$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ A} = \frac{\text{تعداد اتم های A}}{\text{تعداد کل اتم ها}} \times 100$$

**نکته ۱۷:** از میان ایزوتوپ‌های یک عنصر، ایزوتوپی که درصد فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است. (پایداری با فراوانی نسبت مستقیم دارد).

**نکته ۱۸:** لیتیم دارای دو ایزوتوپ طبیعی  ${}^6_3\text{Li}$  و  ${}^7_3\text{Li}$  می‌باشد. (درصد فراوانی:  ${}^6_3\text{Li} < {}^7_3\text{Li}$ )

**نکته ۱۹:** کلر دارای دو ایزوتوپ طبیعی  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  و  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$  می‌باشد. (درصد فراوانی:  ${}^{35}_{17}\text{Cl} < {}^{37}_{17}\text{Cl}$ )

**نکته ۲۰:** منیزیم دارای سه ایزوتوپ طبیعی  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  و  ${}^{25}_{12}\text{Mg}$  و  ${}^{26}_{12}\text{Mg}$  می‌باشد. (درصد فراوانی:  ${}^{24}_{12}\text{Mg} < {}^{25}_{12}\text{Mg} < {}^{26}_{12}\text{Mg}$ )

**نکته ۲۱:** هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرنرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد میکنند. به این ایزوتوپ‌ها رادیو ایزوتوپ می‌گویند.

**نکته ۲۲:** اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند و پرتوزا هستند.

- البته ممکن است در هسته اتمی این نسبت بیش از ۱/۵ باشد ولی آن هسته پایدار باشد. (مثال: هسته عنصر اورانیوم ( ${}^{238}_{92}\text{U}$ ) پایدار است، اما نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن بزرگ‌تر از ۱/۵ است.)

- ممکن است در هسته اتمی این نسبت کمتر از ۱/۵ باشد ولی آن هسته ناپایدار باشد. (مثال: هسته عنصر تکنسیم-۹۹ ( ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ) ناپایدار بوده، اما نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن کمتر از ۱/۵ است.)

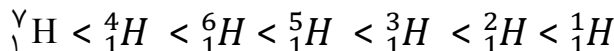
**نکته ۲۳:** به مدت زمان لازم برای متلاشی شدن نیمی از هسته‌های پرتوزای یک ماده پرتوزا، زمان نیم‌عمر گفته می‌شود.

نماد ایزوتوپ	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_1\text{H}$	${}^5_1\text{H}$	${}^6_1\text{H}$	${}^7_1\text{H}$
ویژگی ایزوتوپ							
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-22}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

**نکته ۲۳:**



- از هفت ایزوتوپ هیدروژن، سه ایزوتوپ اول در طبیعت یافت می‌شوند ولی ۴ ایزوتوپ دیگر ساختگی هستند.
- از بین ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن،  $^1_1H$  و  $^2_1H$  پایدار، اما  $^3_1H$  ناپایدار و پرتوزا است.
- مقایسه پایداری تمام ایزوتوپ‌های هیدروژن:



**نکته ۲۴:** از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است.

- تقریباً ۷۸ درصد عناصر در طبیعت یافت می‌شوند و ۲۲ درصد آن‌ها ساختگی هستند.
- **نکته ۲۵:** تکنسیم ( $^{99}_{43}Tc$ ) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد.
- این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد.
- از تکنسیم برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود؛ زیرا یون یدید ( $I^-$ ) با یونی که حاوی  $^{99}_{43}Tc$  است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.
- توجه کنید که اندازه یدید با یونی که حاوی تکنسیم-۹۹ است مشابه است نه با خود تکنسیم-۹۹!
- از آنجا که نیم عمر تکنسیم-۹۹ کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.

**نکته ۲۶:** از رادیوایزوتوپ‌ها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود.

**نکته ۲۷:** اورانیوم، شناخته شده ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن ( $^{235}_{92}U$ )، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود.

- فراوانی این ایزوتوپ در مخلوط طبیعی اورانیوم، کمتر از ۰/۷ درصد است.
- به فرایندی که در آن مقدار این ایزوتوپ را در مخلوط آن زیاد می‌کنند، غنی‌سازی ایزوتوپی گفته می‌شود.

**نکته ۲۸:** پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

**نکته ۲۹:** توده‌های سرطانی، یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند.

**نکته ۳۰:** دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد.

- بنابراین گازها هم می‌توانند پرتوزا باشند.



**نکته ۳۱:** به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند.

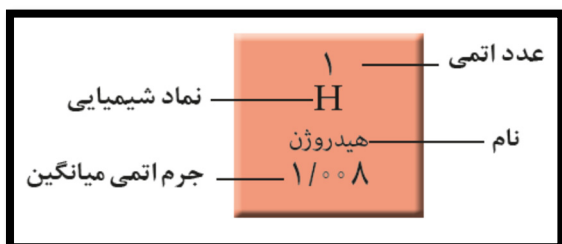
**نکته ۳۲:** برای تشخیص محل توده سرطانی، ابتدا مولکول های گلوکز معمولی را با استفاده از اتم پرتوزا نشان دار می کنند، سپس آن را به بدن تزریق می کنند. گلوکز نشان دار همانند گلوکز معمولی در اطراف سلول سرطانی جمع می شود و با تجمع گلوکز نشان دار در اطراف سلول سرطانی، تعداد پرتوهای ساطع شده از این اتم ها بیشتر شده و در نتیجه توسط دستگاه آشکارساز رؤیت می شوند و بدین ترتیب محل توده سرطانی مشخص می شود.

**نکته ۳۳:** در جدول دوره ای (تناوبی) امروزی، عنصر ها بر اساس افزایش عدد اتمی سازماندهی شده اند.

- این جدول شامل ۱۱۸ عنصر می باشد.
- هر ردیف افقی جدول، که نشان دهنده چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد.
- هر ستون جدول، شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نامیده می شود.
- خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.

**نکته ۳۴:** با پیمایش هر دوره جدول از چپ به راست، خواص عنصر ها به طور مشابه تکرار می شود؛ از این رو چنین جدولی را جدول دوره ای (تناوبی) عنصر ها نامیده اند.

**نکته ۳۵:** هر خانه از جدول به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر است. شکل روبرو نمونه ای از آن است.



**نکته ۳۶:** جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازو های دقیق تر و یکای گرم می سنجند.

**نکته ۳۷:** دقت باسکول های تنی تا یک دهم تن و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم است.

**نکته ۳۸:** اتم ها بسیار ریزند، به طوری که نمی توان آنها را به طور مستقیم مشاهده و جرم آنها را اندازه گیری کرد.

- بنابراین، دانشمندان مقیاس جرم نسبی را برای تعیین جرم اتم ها به کار می برند.
- مطابق این مقیاس، جرم اتم ها را با وزنه ای می سنجند که جرم آن  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ است.
- به این وزنه، یکای جرم اتمی (amu) می گویند.



**نکته ۳۹:** هر amu معادل  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ است.

**نکته ۴۰:** یکای جرم اتمی را با نماد u نیز نشان می دهند. برای نمونه جرم اتمی هیدروژن برابر است با ۱/۰۰۸ amu یا ۱/۰۰۸ u است.

**نکته ۴۱:** در مقیاس amu جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود  $\frac{1}{2000}$  amu بوده است.

**نکته ۴۲:** در جدول پایین برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی بیان شده است.

نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	${}_{-1}e$	-۱	۰/۰۰۰۵
پروتون	${}_{+1}p$	+۱	۱/۰۰۷۳
نوترون	${}_{0}n$	۰	۱/۰۰۸۷

\* در این نماد، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می کند.

**نکته ۳۴:** 
$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + \dots + M_nF_n}{100}$$

جرم اتمی هر ایزوتوپ:  $M_n$  درصد فراوانی هر ایزوتوپ:  $F_n$

**نکته ۴۴:** 
$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + \dots + M_nF_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

جرم اتمی هر ایزوتوپ:  $M_n$  فراوانی هر ایزوتوپ:  $F_n$

**نکته ۴۵:** اتم‌ها به طور باورنکردنی ریز هستند، به طوری که نمی توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد.

**نکته ۴۶:** دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام طیف سنج جرمی، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه گیری میکنند.

**نکته ۴۷:** جرم یک اتم هیدروژن تقریباً برابر با  $1.66 \times 10^{-24}$  g است.

**نکته ۴۸:** عدد آووگادرو ( $N_A$ ) برابر با  $6.02 \times 10^{23}$  می باشد.

**نکته ۴۹:** شیمی دان‌ها به هر  $6.02 \times 10^{23}$  از هر ذره، یک مول از آن ذره می گویند.

**نکته ۵۰:** جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می شود.

**نکته ۵۱:** نور کلیدی است که با استفاده از آن می توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد. نور، کلید قفل صندوقچه رازهای جهان است.



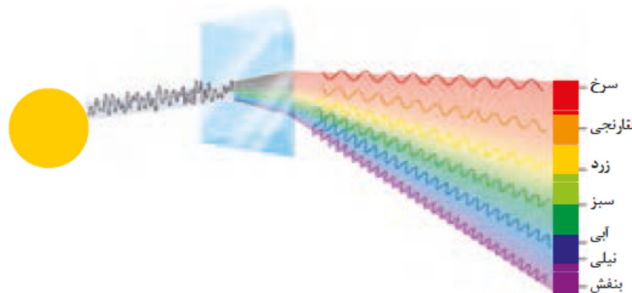
**نکته ۵۲:** نوری که از ستاره یا سیاره‌ای به ما می‌رسد، نشان می‌دهد که آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است؟

**نکته ۵۳:** دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج می‌توانند از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ آنها به دست آورند.

**نکته ۵۴:** نور خورشید، شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.

**نکته ۵۵:** نور خورشید هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود.

• مطابق شکل مقابل، هر چه طول موج یک موج بیشتر باشد، در هنگام عبور از منشور، کمتر منحرف می‌شود.

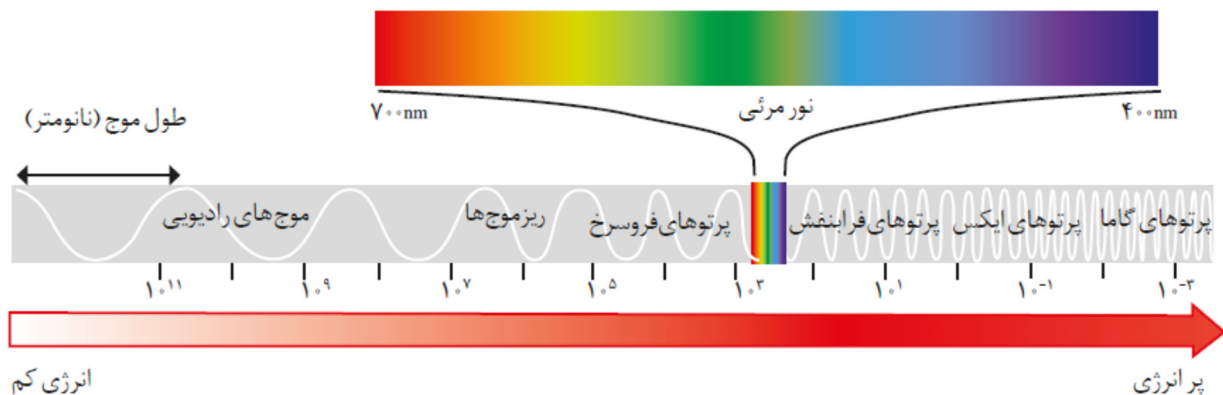


**نکته ۵۶:** رنگین کمان، گستره‌ای از رنگ‌های سرخ تا بنفش را در برمی‌گیرد.

**نکته ۵۷:** که هر چه طول موج یک پرتو کوتاه‌تر باشد، انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند؛ برای نمونه انرژی نور آبی از نور سرخ بیشتر است.

**نکته ۵۸:** هر چه فرکانس یک موج بیشتر باشد، انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند.

**نکته ۵۹:** فرکانس و طول موج با هم رابطه عکس دارند.



**نکته ۶۰:** مقایسه طول موج امواج:

امواج رادیویی < ریزموج‌ها < پرتوهای فرسرخ < نور مرئی < پرتوهای فرابنفش < پرتوهای ایکس < پرتوهای گاما

**نکته ۶۱:** مقایسه انرژی امواج:

امواج رادیویی > ریزموج‌ها > پرتوهای فرسرخ > نور مرئی > پرتوهای فرابنفش > پرتوهای ایکس > پرتوهای گاما

**نکته ۶۲:** تجربه نشان می‌دهد که بسیاری از نمک‌ها شعله رنگی دارند، به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله تغییر می‌کند.





**نکته ۷۳:** رنگ شعله فلز سدیم و ترکیب های گوناگون آن مشابه و زرد رنگ است.

**نکته ۷۴:** رنگ شعله فلز مس و ترکیب های گوناگون آن مشابه و سبز رنگ است.

**نکته ۷۵:** رنگ شعله فلز لیتیم و ترکیب های گوناگون آن مشابه و قرمز رنگ است.

**نکته ۷۶:** از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته های نورانی سرخ فام استفاده می شود.

**نکته ۷۷:** نور زرد لامپ هایی که شب هنگام، آزاد راه ها، بزرگراه ها و خیابان ها را روشن می سازد، به دلیل وجود بخار سدیم در آنهاست.

**نکته ۷۸:** شیمی دان ها به فرایندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می دارد، نشر می گویند.

**نکته ۷۹:** اگر نور نشر شده از یک ماده شیمیایی را از منشور عبور دهیم، الگویی به دست می آید که به آن طیف نشری خطی می گویند.

**نکته ۷۰:** طیف نشری خطی لیتیم در گستره مرئی ۴ خط دارد.



**نکته ۷۱:** طیف نشری خطی هیدروژن در گستره مرئی ۴ خط دارد.



**نکته ۷۲:** طیف نشری خطی هلیم در گستره مرئی ۹ خط دارد.



**نکته ۷۳:** طیف نشری خطی نئون در گستره مرئی ۲۲ خط دارد.



**نکته ۷۴:** هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می دهد.

**نکته ۷۵:** در مدل کوانتومی، اتم را کره ای در نظر می گیرند که هسته در فضایی بسیار کوچک و در مرکز آن جای دارد و الکترون ها در فضایی بسیار بزرگ تر و در لایه هایی پیرامون هسته توزیع می شوند.

**نکته ۷۶:** این لایه ها را از هسته به سمت بیرون شماره گذاری میکنند و شماره هر لایه را با  $n$  نمایش می دهند.  $n$ ، عدد کوانتومی اصلی نامیده می شود.



**نکته ۷۷:** الکترون در هر لایه ای که باشد در همه نقاط پیرامون هسته حضور می یابد اما در محدوده‌ای مشخص احتمال حضور بیشتری دارد.

**نکته ۷۸:** الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه ای یا بسته های معین، جذب یا نشر میکند. از این رو داد و ستد انرژی هنگام جابجایی میان لایه‌ها کوانتومی است.

**نکته ۷۹:** انرژی همانند ماده در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی، گسسته یا کوانتومی است.

**نکته ۸۰:** هنگامی که به اتم های گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می شود، الکترون ها با جذب انرژی معین از لایه ای به لایه بالاتر انتقال می یابند.

**نکته ۸۱:** الکترون ها میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده ای ندارند. بنابراین به هر الکترون تنها یک عدد کوانتومی اصلی نسبت داده می شود.

**نکته ۸۲:** در نتیجه جابه جایی الکترون بین لایه ها، انرژی با طول موج معین جذب یا نشر می شود.

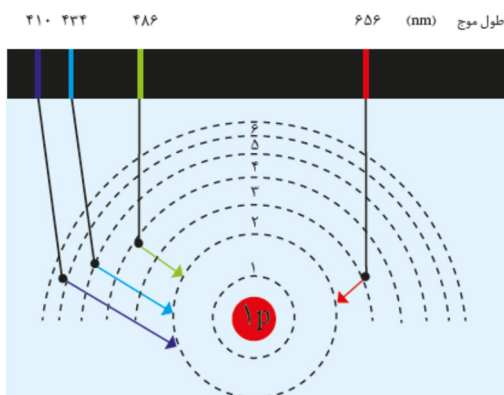
**نکته ۸۳:** الکترون ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می شود اتم در حالت پایه قرار دارد.

**نکته ۸۴:** انرژی الکترون ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می یابد.

**نکته ۸۵:** اگر به اتم ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون های آنها با جذب انرژی به لایه های بالاتر انتقال می یابد. به اتم ها در چنین حالتی، اتم های برانگیخته می گویند.

**نکته ۸۶:** الکترون ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می کنند.

**نکته ۸۷:** هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون ها را از لایه های بالاتر به لایه های پایین تر نشان می دهد.



**نکته ۸۸:** انرژی لایه های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه ها و تفاوت انرژی میان آنها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است؛ بنابراین انتظار می رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند.

**نکته ۸۹:** در طیف نشری خطی هیدروژن که دارای چهار خط در گستره مرئی می باشد، داریم:

- خط بنفش مربوط به پرتویی با طول موج ۴۱۰ نانومتر بوده که موج گسیل شده توسط الکترون در انتقال از لایه ۶ به ۲ می باشد.



- خط آبی مربوط به پرتویی با طول موج ۴۳۴ نانومتر بوده که موج گسیل شده توسط الکترون در انتقال از لایه ۵ به ۲ می‌باشد.
- خط سبز مربوط به پرتویی با طول موج ۴۸۶ نانومتر بوده که موج گسیل شده توسط الکترون در انتقال از لایه ۴ به ۲ می‌باشد.
- خط قرمز مربوط به پرتویی با طول موج ۶۵۶ نانومتر بوده که موج گسیل شده توسط الکترون در انتقال از لایه ۳ به ۲ می‌باشد.

**نکته ۹۰:** عنصرها در جدول دوره ای بر مبنای عدد اتمی یا تعداد الکترون های اتم خود، چیده شده اند.

**نکته ۹۱:** در عنصرهای ردیف اول جدول تناوبی، لایه الکترونی اول و در عنصرهای دوره دوم، لایه دوم از الکترون پر می شود و این روند تا دوره هفتم ادامه دارد.

**نکته ۹۲:** توضیح مدل اتمی کوانتومی یا مدل کوانتومی اتم:

- عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) عددی است که مشخص می‌کند الکترون در کدام سطح انرژی یا همان لایه الکترونی قرار گرفته است.
- مقادیر مجاز برای  $n$  عدد های صحیح مثبت است.
- هر چه  $n$  بزرگتر باشد انرژی الکترون موجود در آن لایه بیشتر است.
- در هر دوره جدول تناوبی، تعداد لایه های الکترونی برای عناصر موجود در آن تناوب، یکسان است.
- الکترون های موجود در هر لایه الکترونی، گروه های کوچک تری به نام زیر لایه را تشکیل می‌دهند.
- عدد کوانتومی فرعی ( $l$ ) نوع زیر لایه و حداکثر تعداد الکترون های موجود در هر زیر لایه را مشخص می‌کند.
- از نظر عددی،  $l$  در هر لایه، مقادیر صحیح ۰ تا  $n - 1$  رادر بر می‌گیرد.
- بنابراین در هر لایه،  $n$  زیر لایه داریم: برای مثال اگر  $n=3$  باشد، مقادیر ۰ و ۱ و ۲ برای  $l$  مجاز هستند.
- مقادیر عددی هر زیر لایه را معمولا با حروف خاصی نشان می‌دهند:

$$(l = 0) \rightarrow s$$

$$(l = 1) \rightarrow p$$

$$(l = 2) \rightarrow d$$

$$(l = 3) \rightarrow f$$

- نماد هر زیر لایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به عبارت دیگر هر زیر لایه را می‌توان با نماد  $nl$  نمایش داد؛ برای نمونه در زیر لایه  $2p$ ،  $n=2$  و  $l=1$  است.



• حداکثر تعداد الکترون در یک زیرلایه از رابطه  $4l + 2$  بدست می آید.

• حداکثر تعداد الکترون در یک لایه از رابطه  $2n^2$  بدست می آید.

**نکته ۹۳:** رفتار و ویژگی های هر اتم را می توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است.

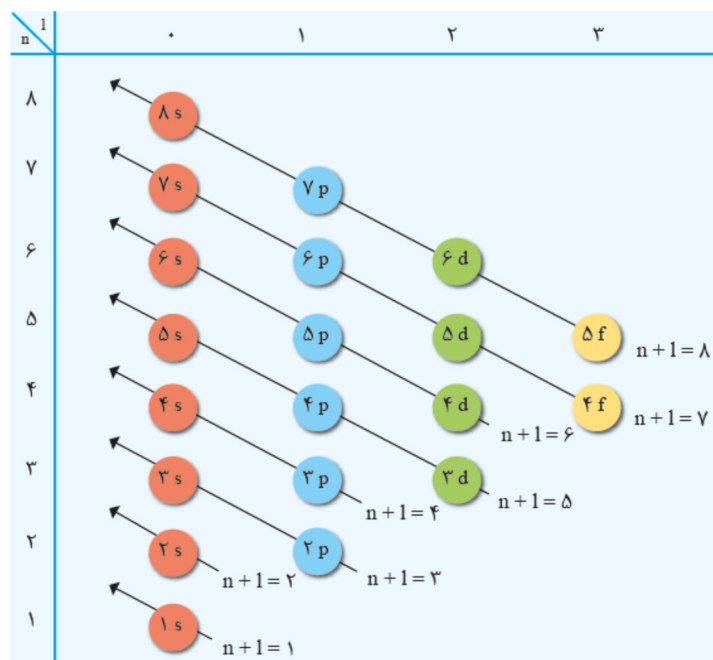
**نکته ۹۴:** پر شدن زیرلایه ها تنها به عدد کوانتومی اصلی وابسته نیست، بلکه از یک قاعده کلی به نام قاعده آفبا پیروی می کند.

• **aufbau** واژه ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است.

**نکته ۹۵:** مطابق قاعده آفبا، نخست زیرلایه های نزدیکتر به هسته پر می شود که دارای انرژی کمتری است و سپس زیر لایه های بالاتر پر خواهد شد.

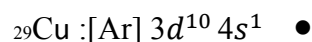
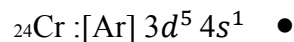
**نکته ۹۶:** انرژی زیرلایه ها به  $n$  و  $n + 1$  وابسته است به طوری که اگر  $n + 1$  برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با  $n$  بزرگ تر، انرژی بیشتری دارد.

**نکته ۹۷:** ترتیب پر شدن زیرلایه ها در اتم مطابق شکل روبهرو است.



**نکته ۹۸:** گفتنی است که قاعده آفبا آرایش الکترونی اتم اغلب عناصر را پیش بینی می کند؛ اما برای اتم برخی عناصر جدول نارسایی دارد.

- کروم و مس دو نمونه از این عناصر هستند. کروم ( $24Cr$ ) و مس ( $29Cu$ ) ، .....
- هر یک از اتم های کروم و مس در بیرونی ترین زیر لایه خود تنها یک الکترون دارد.

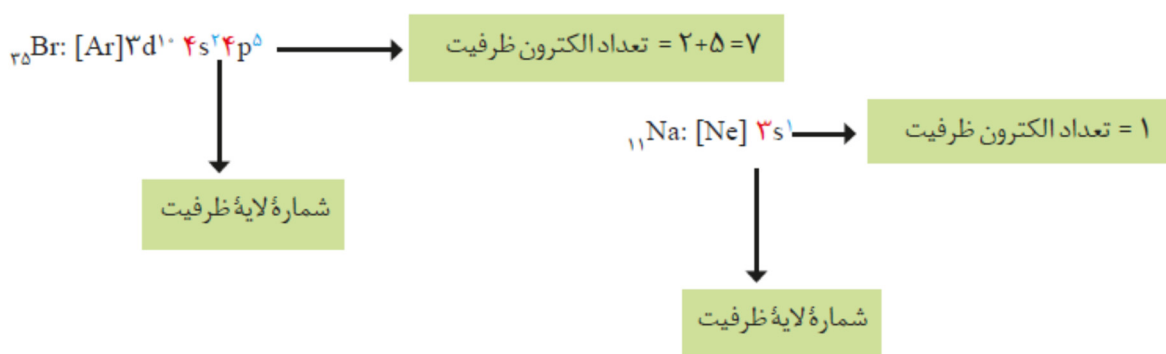




**نکته ۹۹:** برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم موردنظر به صورت گسترده نوشته می شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی، که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت [نماد شیمیایی گاز نجیب] جایگزین می شود.

**نکته ۱۰۰:** لایه ظرفیت یک اتم، لایه ای است که الکترون های آن، رفتار شیمیایی اتم را تعیین میکند. به الکترون های این لایه، الکترون های ظرفیت اتم می گویند.

**نکته ۱۰۱:** اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون ها در بیرونی ترین لایه به نام لایه ظرفیت اتم است.



**نکته ۱۰۲:** برای اتم های دسته s، لایه ظرفیت همان ns خواهد بود

**نکته ۱۰۳:** برای اتم های دسته p، لایه ظرفیت شامل ns و np می شود.

**نکته ۱۰۴:** برای اتم های دسته d، لایه ظرفیت شامل ns و  $(n-1)d$  می شود.

- در عنصرهای دسته d از دوره چهارم، الکترون های ظرفیت شامل الکترون ها در زیرلایه های ۴s و ۳d است.

**نکته ۱۰۵:** گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک اتمی یافت می شوند.

- این گازها واکنش ناپذیر بوده یا واکنش پذیری بسیار کمی دارند، از این رو، پایدارند.
- در لایه ظرفیت این اتم ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم که در تنها لایه الکترونی خود، دو الکترون دارد)

**نکته ۱۰۶:** اگر لایه ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب و یا هشت تایی باشد، آن اتم واکنش پذیری چندانی ندارد.



**نکته ۱-۷:** در آرایش الکترون-نقطه‌ای الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود.

• آرایش الکترون نقطه‌ای اتم‌های سه گروه اول جدول تناوبی به صورت زیر است:

۱											۱۸						
H·											He:						
۲																	
Li·	Be·											۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	Ne:
Na·	Mg·											B·	C·	N·	O·	F·	Ar:
												Al·	Si·	P·	S·	Cl·	

**نکته ۱-۸:** رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد.

**نکته ۱-۹:** اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و یا هشت تایی شوند تا پایدارتر گردند.

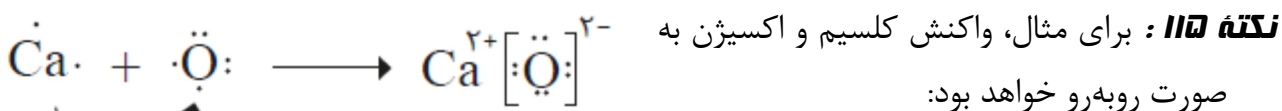
**نکته ۱۱-:** در واکنش کلر و سدیم، اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم دوره خود (آرگون) می‌رسند.

**نکته ۱۱۱:** اگر تعداد الکترون‌های ظرفیت اتمی، کمتر یا برابر با سه باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که همه الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به کاتیون تبدیل شود.

**نکته ۱۱۲:** اتم‌های گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب، با از دست دادن الکترون به کاتیون تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب پیش از خود را دارند.

**نکته ۱۱۳:** اتم‌های گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با به دست آوردن الکترون به آنیون‌هایی تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

**نکته ۱۱۴:** هنگامی که یک فلز و یک نافلز در شرایط مناسب واکنش قرار گیرند، یکی از آن‌ها به آنیون و دیگری به کاتیون تبدیل می‌شود. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود.



**نکته ۱۱۶:** یون تک اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است.

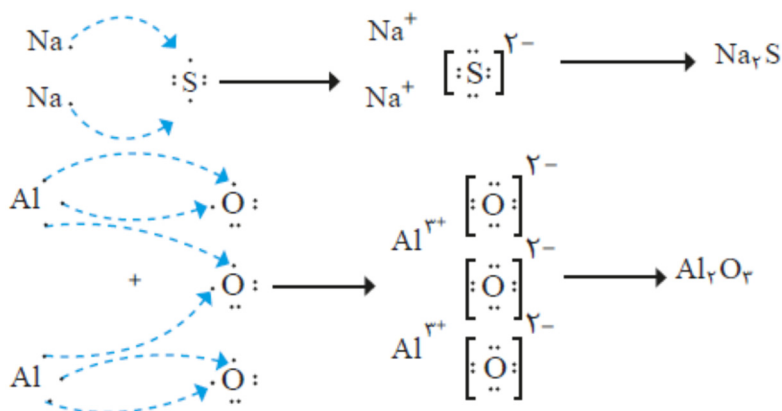


**نکته ۱۱۷:** ترکیب های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده اند، ترکیب یونی دوتایی نامیده می شود.

**نکته ۱۱۸:** هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است.

**نکته ۱۱۹:** چگونگی تشکیل سدیم

سولفید و آلومینیوم اکسید به صورت روبرو است.



**نکته ۱۲۰:** بسیاری از ترکیب های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره های سازنده آنها مولکول ها هستند. به مواد شیمیایی که در ترکیب خود مولکول دارند، مواد مولکولی می گویند.

**نکته ۱۲۱:** برای تشکیل مواد مولکولی، معمولا بین نافلز و نافلز، الکترون به اشتراک گذاشته می شود.

**نکته ۱۲۲:** ساختار لوویس، مدلی است که آرایش الکترون های ظرفیت اتم ها در یک گونه را نشان می دهد.

**نکته ۱۲۳:** به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم های هر عنصر را نشان می دهد، فرمول مولکولی می گویند.

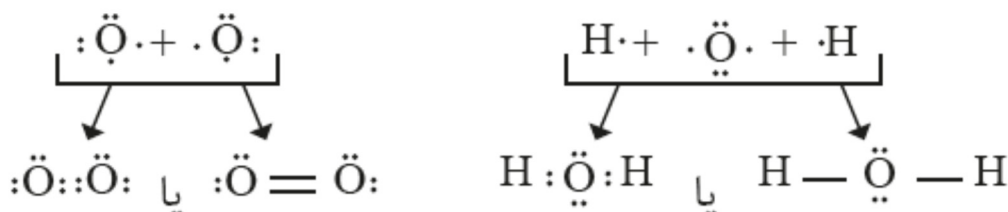
**نکته ۱۲۴:** دو الکترون اشتراکی میان دو اتم را با یک خط نمایش می دهیم و به آن پیوند اشتراکی (کووالانسی) می گوئیم. به این الکترون ها که بین دو اتم مشترک هستند، الکترون های پیوندی نیز می گویند.

**نکته ۱۲۵:** جفت الکترون هایی که روی هر اتم وجود دارد غیر اشتراکی بوده و به آن جفت الکترون غیر پیوندی می گوئیم.

**نکته ۱۲۶:** در تشکیل مولکول ها هدف اصلی، رسیدن به آرایش هشت تایی گاز نجیب است.

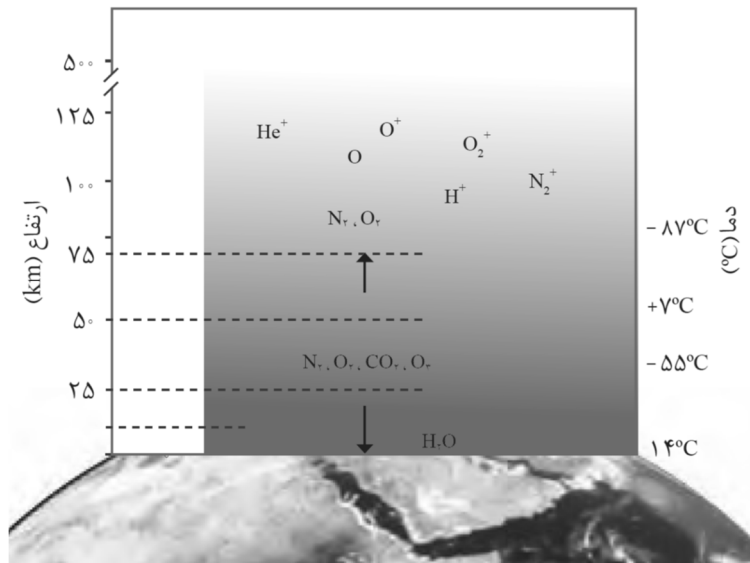
**نکته ۱۲۷:** اتم هیدروژن دارای یک الکترون است و پس از تشکیل پیوند کووالانسی، الکترون های ظرفیتی خود را به عدد ۲ رسانده و به آرایش پایدار گاز نجیب هلیم می رسد. در نتیجه اتم هیدروژن، پایدار می شود ولی به آرایش هشت تایی نمی رسد.

**نکته ۱۲۸:** شکل زیر تشکیل پیوند کووالانسی برای تشکیل مول آب و اکسیژن را نشان می دهد.

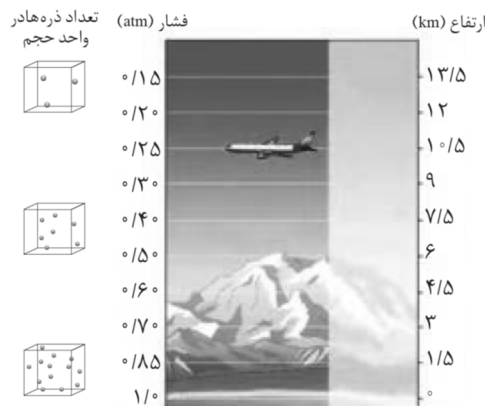




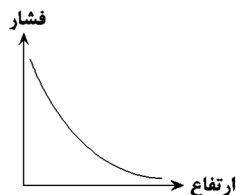
- تداوم زندگی سالم و پایدار در سیاره‌ی زمین که در آن زندگی می‌کنیم، در گرو رفتار منطقی ما با ساکنان آن است.
- در میان سیاره‌های سامانه خورشیدی، تنها زمین اتمسفر قابل سکونت دارد. این اتمسفر، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است.
- لایه فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود.
- جاذبه زمین گازهای اتمسفر را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع از خروج آنها از اتمسفر می‌شود.
- اغلب گازها نامرئی هستند؛ به طوری که ما هوا را نمی‌توانیم ببینیم و به طور معمول وجود آن را در پیرامون خود حس نمی‌کنیم.
- در شکل زیر، تغییر دما و برخی اجزای سازنده هواکره بر حسب ارتفاع از سطح زمین نشان داده شده است.



- برخی گونه‌های اکسیژن دار موجود در هواکره عبارتند از: O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sup>+</sup>, O, O<sub>2</sub><sup>+</sup>
- اتم هلیم علاوه بر شکل عنصری (He)، به صورت یون هلیم (He<sup>+</sup>) نیز در هواکره یافت می‌شود.
- دما و فشار هواکره، از جمله عوامل مهم در تعیین ویژگی‌های آن است.
- فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیواره ظرف است. هواکره نیز به دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد. این فشار در همه جهت‌ها بر بدن ما و به میزان یکسان وارد می‌شود.
- با افزایش ارتفاع از سطح زمین، تعداد مولکول‌های موجود در هواکره به صورت منظم کاهش می‌یابد. به این ترتیب، فشار هوا که در سطح دریا برابر ۱ اتمسفر است، با افزایش ارتفاع از سطح زمین کم می‌شود.







میانگین دما در سطح زمین در حدود ۱۴ درجه سلسیوس (۲۸۷ کلوین) در نظر گرفته می‌شود.

برای محاسبه دما بر حسب مقیاس کلوین، کافی است که دما بر حسب درجه سلسیوس را با عدد ۲۷۳ جمع

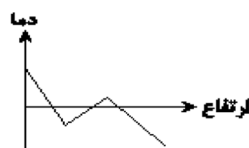
$$T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$$

کرد.

تغییرات آب و هوای زمین در لایه تروپوسفر رخ می‌دهد. در این لایه، با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما حدود

۶°C افت می‌کند و در انتهای لایه به حدود ۵۵°C- (۲۱۸ کلوین) می‌رسد. به این ترتیب، لایه تروپوسفر، ارتفاعی بین ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر (حدود ۱۱/۵ کیلومتر) دارد.

روند تغییر دما در هواکره منظم نیست. روند تغییر دما در هواکره دلیلی بر لایه‌ای بودن آن است. در لایه تروپوسفر، با افزایش ارتفاع از سطح زمین، دما به تدریج کاهش می‌یابد اما در لایه بعد که استراتوسفر نام دارد، با افزایش ارتفاع، شاهد افزایش دما هستیم (به دلیل ایجاد پرتوهای حرارتی فرسرخ)، به طوری که دما تا ۷°C بالا می‌آید. پس از لایه استراتوسفر، در لایه بعد (مzosفر)، دما مجدداً کم می‌شود و تا ۸۷°C- پایین می‌آید. (لایه بعدی در کتاب اشاره نشده است)



نیتروژن، اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند.

کاربردهای گاز نیتروژن به عنوان فراوان‌ترین گاز موجود در هواکره شامل موارد زیر است:

۱- پر کردن تایر خودروها ۲- انجماد مواد غذایی ۳- نگهداری نمونه بیولوژیکی ۴- صنعت بسته بندی مواد خوراکی

گیاهان با بهره‌گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند.

جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.

حدود ۷۵ درصد جرم هواکره در تروپوسفر قرار دارد و پس از آن هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود.

در هوای خشک و پاک، پس از نیتروژن، به ترتیب گازهای اکسیژن (حدود ۲۱ درصد)، آرگون (حدود ۰/۹ درصد) و کربن‌دی‌اکسید (حدود ۰/۰۴ درصد) فراوان‌ترین گازهای موجود در هواکره هستند. توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و بسته به مکان و زمان متفاوت است اما به طور میانگین حدود یک درصد در نظر گرفته می‌شود. جدول زیر، درصد حجمی گازهای هواکره را نشان می‌دهد.

نام گاز	درصد گاز در هوا
نیتروژن	۷۸/۰ ۷۹
اکسیژن	۲۰/۹۵۲
آرگون	۰/۹۲۸
کربن دی‌اکسید	۰/۰۳۸۵
نئون	۰/۰۰۱۸
هلیوم	۰/۰۰۰۵
کریپتون	۰/۰۰۰۱
آب	۰/۰۰۰۱



بررسی های دانشمندان در مورد هوای به دام افتاده در بلورهای یخ در یخچال های قطبی و سنگ های آتشفشانی نشان می دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون، نسبت گازهای سازنده هواکره تقریباً ثابت مانده است.

هوا را می توان منبعی غنی برای تهیه گازها (مخصوصاً نیتروژن، اکسیژن و آرگون) دانست. در صنعت، این گازها را از تقطیر جزء به جزء هوای مایع تهیه می کنند. هوای مایع، مخلوط بسیار سردی از چند مایع در دمای  $200^{\circ}\text{C}$ - است که با عبور از ستون تقطیر، گازهای سازنده آن جداسازی و در ظرف های جداگانه ذخیره می شوند.

مراحل تهیه هوای مایع:

(۱) عبور از صافی برای جدا شدن گرد و غبار (۲) کاهش پیوسته دما با استفاده از فشار تا دمای  $200^{\circ}\text{C}$ - درجه سلسیوس

طی کاهش دما برای تهیه هوای مایع، نخست در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  مولکول های  $\text{H}_2\text{O}$  به صورت یخ جدا می شوند (انجماد آب) و سپس در دمای  $78^{\circ}\text{C}$ - گاز  $\text{CO}_2$  به حالت جامد (یخ خشک) در می آید. (چگالش کربن دی اکسید)

نقطه جوش ( $^{\circ}\text{C}$ )	گاز
-۱۹۶	نیتروژن
-۱۸۳	اکسیژن
-۱۸۶	آرگون
-۲۶۹	هلم

نکات جدول بالا:

- هلیوم در دمای  $200^{\circ}\text{C}$ - همچنان گاز است و جزو اجزای هوای مایع نیست.
- وقتی دمای هوای مایع را به تدریج بالا ببریم، ابتدا گاز نیتروژن، سپس آرگون و در نهایت گاز اکسیژن جمع آوری می شود؛ زیرا نقطه جوش نیتروژن از آرگون و آرگون از اکسیژن کم تر است.
- تهیه اکسیژن ۱۰۰ درصد خالص در این فرایند دشوار است؛ چون نقطه جوش اکسیژن و آرگون اختلاف کمی دارند.

نکات مهم درباره گاز آرگون:


ویژگی های ظاهری	گاز بی رنگ، بی بو و غیرسمی
تهیه	تقطیر جزء به جزء هوای مایع (با خلوص بسیار زیاد) در پتروشیمی شیراز
کاربرد	محیط بی اثر در جوشکاری، برش فلزها، ساخت لامپ های رشته ای
<ul style="list-style-type: none"> <li>واژه آرگون به معنای تنبل است.</li> <li>آرگون فراوان ترین گاز نجیب موجود در هواکره است.</li> <li>استفاده از آرگون به عنوان محیط بی اثر، باعث افزایش استحکام و طول عمر فلز جوشکاری می شود.</li> </ul>	

نکات مهم درباره گاز هلیوم:

ویژگی های ظاهری	سبک ترین گاز نجیب، بی رنگ و بی بو
تهیه	تقطیر جزء به جزء هوای مایع تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی (مقرون به صرفه تر)
کاربرد	پر کردن بالن ها (هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی)، جوشکاری، کیسول غواصی خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه های تصویربرداری مانند MRI
<ul style="list-style-type: none"> <li>هلیوم تنها گاز نجیبی است که بدون رسیدن به آرایش هشت تایی به پایداری می رسد و متعلق به دسته S جدول است.</li> </ul>	





- هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد. از این رو، منابع زمینی هلیوم سرشارتر و برای تولید در مقیاس صنعتی مناسب‌تر است.
- هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود.
- حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد، البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون متفاوت است. توجه داشته باشید درصد حجمی هلیوم در هواکره حدود ۰/۰۰۵ درصد است!
- جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد که استفاده از آن تاکنون در کشور ما میسر نشده است.


 مقدار گازهای نجیب مانند هلیوم، آرگون، کریپتون و زنون در هواکره بسیار کم است. از این رو، به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

اکسیژن یک جزء بسیار مهم در هر چهار بخش تشکیل‌دهنده سامانه زمین است:

- ▶ هواکره: اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هواکره (دومین گاز فراوان و جزء واکنش‌پذیر هواکره) که زندگی روی زمین، به وجود آن گره خورده است.
- ▶ آب‌کره: در ساختار مولکول‌های آب
- ▶ سنگ‌کره: به صورت ترکیب با دیگر عناصرها
- ▶ زیست‌کره: در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها


 فشار گاز اکسیژن در سطح زمین حدود ۰/۲ اتمسفر است (چرا؟) و با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد. به همین دلیل کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کپسول اکسیژن حمل می‌کنند.


 اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عناصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ از این رو، بخش قابل توجهی از واکنش‌های شیمیایی که روزانه پیرامون ما رخ می‌دهد به دلیل وجود گاز اکسیژن در هوا است.


 نمونه‌هایی از واکنش‌هایی که اکسیژن انجام می‌دهد: فساد مواد غذایی، پوسیدن چوب، فرسایش سنگ و خاک، زنگ زدن وسایل آهنی، سوختن سوخت‌ها (مثل گاز، بنزین و زغال سنگ)، آزادسازی انرژی ذخیره شده در چربی‌ها و قندها

انرژی + آب + کربن دی‌اکسید → اکسیژن + چربی‌ها یا قندها

نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب → اکسیژن + زغال سنگ

 سوختن، واکنشی شیمیایی است که در آن، یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود.

 به واکنش آرام مواد با اکسیژن که طی آن گرما به تدریج آزاد می‌شود، اکسایش می‌گویند. توجه کنید در بدن انسان، واکنش چربی‌ها و قندها با اکسیژن، از نوع اکسایش محسوب می‌شود.

 نوع فراورده واکنش سوختن سوخت فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد.

▶ اکسیژن کافی ← سوختن کامل ← آب + کربن دی‌اکسید + ...

▶ اکسیژن کم ← سوختن ناقص ← در این شرایط، انواع فراورده‌های کربن‌دار مثل کربن مونوکسید، در کنار سایر فراورده‌ها می‌تواند تولید شود.



مقدار انرژی آزاد شده در فرایند سوختن کامل یک ماده، در مقایسه با سوختن ناقص همان ماده معمولاً بیشتر است. رنگ زرد شعله، نشان دهنده سوختن ناقص است و رنگ آبی شعله، نشان می دهد که وسیله گازسوز به درستی کار می کند □ و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد.

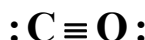


واکنش پذیری زیاد اکسیژن سبب می شود تا گستره وسیعی از مواد شامل اغلب عنصرهای فلزی و نافلزی مثل آهن، منیزیم، گوگرد و سدیم در شرایط مناسب بسوزند. به خاطر داشته باشید رنگ شعله حاصل از سوختن آهن نارنجی، منیزیم سفید، گوگرد آبی و سدیم زرد رنگ است.



نکات مهم درباره گاز کربن مونوکسید (CO):

- گازی بی رنگ، بی بو و بسیار سمی است.
- چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است.
- در ساختار لوویس کربن مونوکسید، یک پیوند سه گانه میان اتم های کربن و اکسیژن دیده می شود.



• کربن مونوکسید از کربن دی اکسید ناپایدارتر است، به طوری که کربن مونوکسید تولید شده در واکنش سوختن ناقص، در حضور اکسیژن و در شرایط مناسب دوباره می سوزد و به  $CO_2$  تبدیل می شود.

• میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است؛ از این رو، مولکول های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت های بدن جلوگیری می کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می شود و سامانه عصبی را فلج می کند و قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ او می شود.

• بیشتر مرگ و میرهای ناشی از گاز گرفتگی با کربن مونوکسید، به دلیل رعایت نکردن اصول ایمنی هنگام استفاده از وسایل گرمایشی است.



ویژگی های تغییرهای شیمیایی:

(۱) در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و ... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه ای تولید می شود.

(۲) هر تغییر شیمیایی می تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آنها را با یک معادله نشان می دهند. در این معادله، واکنش دهنده ها در سمت چپ و فرآورده ها در سمت راست نوشته می شوند.

(۳) تغییر شیمیایی می تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزاد سازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد.

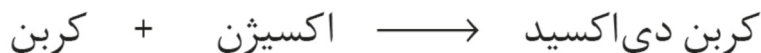


توجه کنید با تغییر حالت مواد (مثل تبدیل آب مایع به بخار آب) ماهیت مواد تغییر نمی کند و در نتیجه صرفاً یک تغییر فیزیکی اتفاق می افتد.

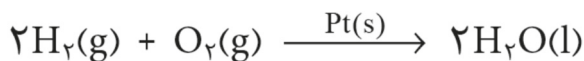


انواع معادله واکنش:

(۱) نوشتاری: در این معادله، فقط نام واکنش دهنده ها، فرآورده ها و گاهی تولید یا مصرف انرژی (گرماده یا گرماگیر بودن واکنش) مشخص می شود.



(۲) نمادی: در این معادله، واکنش دهنده ها و فرآورده ها با نوشتن فرمول شیمیایی مربوطه مشخص می شوند و علاوه بر آن، می تواند حالت فیزیکی مواد و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش را نیز بیان کند. علاوه بر آن، در معادله نمادی، با قرار دادن اعداد در پشت فرمول شیمیایی گونه ها (ضرایب مولی یا استوکیومتری) واکنش را موازنه می کنند.





جدول زیر، نمادهای به کار رفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی را نشان می‌دهد. توجه کنید، در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد.

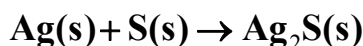
معنا	نماد
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محللول آبی	(aq)

جدول زیر، معنای برخی عبارتها یا نمادهای مورد استفاده در معادله‌های شیمیایی را نشان می‌دهد.

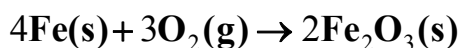
معنا	نماد
تولید می‌کند یا می‌دهد.	$\longrightarrow$
واکنش دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می‌شود.	$\xrightarrow{20 \text{ atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود.	$\xrightarrow{1200^\circ \text{C}}$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.	$\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$

نماد  $\xrightarrow{\Delta}$  در واکنش‌ها به این معنا نیست که واکنش الزاما گرماگیر و با مصرف گرما همراه است، بلکه به این معناست که برای تامین انرژی فعال سازی واکنش (حداقل انرژی مورد نیاز برای شروع واکنش) باید به واکنش دهنده‌ها گرما داد.

در اثر واکنش فلز نقره و گوگرد که زرد رنگ است، نقره سولفید تولید می‌شود که به رنگ سیاه-خاکستری است.



میخ آهنی (Fe) در هوای مرطوب زنگ می‌زند. میخ زنگ‌زده ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) در مقایسه با میخ آهنی جرم بیش تری دارد که این افزایش جرم، به دلیل اضافه شدن اتم‌های اکسیژن به میخ آهنی زنگ‌زده است.



یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آنها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند. بر اساس قانون پایستگی جرم، اتمی به وجود نمی‌آید یا از بین نمی‌رود بلکه فقط از شکلی به شکل دیگر در می‌آید، به عبارت دیگر واکنش‌های شیمیایی تنها تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر در مولکول‌ها و سایر ترکیب‌هاست. به این ترتیب، در واکنش‌های شیمیایی، مجموع جرم مواد واکنش دهنده با مجموع جرم مواد فراورده برابر است.

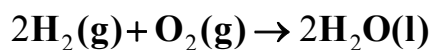
در واکنش‌های هسته‌ای مثل واکنش‌هایی که درون ستاره‌ها اتفاق می‌افتد، طبق رابطه انیشتین ( $E = mc^2$ ) مقداری از جرم مواد به انرژی تبدیل می‌شود. بنابراین قانون پایستگی جرم در واکنش‌های هسته‌ای برخلاف واکنش‌های شیمیایی برقرار نیست و به جای آن، قانون پایستگی جرم و انرژی وجود دارد. (یا به کار می‌رود)



برای رعایت قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، باید، آن‌ها را موازنه کرد. در روش موازنه، تغییر زیروند اتم‌ها غیرمجاز است و فقط می‌توان ضرایب مواد موجود در واکنش را تغییر داد. البته نیازی به نوشتن ضریب ۱ نیست.

در معادله واکنش موازنه شده، حتماً باید شمار اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله برابر باشد. به این ترتیب، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.

در معادله واکنش موازنه شده، الزاماً مجموع ضرایب مولی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها یکسان نیست. یعنی امکان دارد در یک واکنش موازنه شده، تعداد مول‌های واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها با یکدیگر برابر نباشد. مثل واکنش زیر:



پس از موازنه، مجموع شمار اتم‌ها در دو طرف معادله واکنش یکسان می‌شود اما توجه کنید معادله‌ای که در آن مجموع تعداد اتم‌های واکنش‌دهنده و فراورده با هم برابر است، الزاماً موازنه شده نیست! برای نمونه، واکنش  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Fe}(\text{l})$  موازنه نشده است، اما مجموع شمار اتم‌های دو طرف برابر است. پس می‌توان گفت یک واکنش قطعاً زمانی موازنه شده است که شمار اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله واکنش برابر شده باشد.

گاهی در مسائل گفته می‌شود در اثر انجام یک واکنش در ظرفی سر باز، جرم مواد موجود در ظرف کاهش یافته است. دقت کنید این کاهش جرم مغایر با قانون پایستگی جرم نیست بلکه به سبب آزاد شدن و خروج فراورده گازی است.

در موازنه، ضرایبی که به مواد نسبت می‌دهند باید کوچکترین عدد صحیح ممکن باشد. یعنی کسری و اعشاری نبوده و اعداد امکان ساده شدن با یکدیگر را نداشته باشند.

یکی از ساده‌ترین روش‌های موازنه روش واریسی است. در این روش، اغلب به ترکیبی که دارای بیشترین تعداد اتم است، ضریب ۱ می‌دهند. سپس با توجه به تعداد اتم‌های این ترکیب، ضرایبی را به دیگر مواد می‌دهند تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

در موازنه، پیشنهاد می‌شود اتم‌ها را به ترتیب زیر موازنه کنید:

اتم‌های فلزی ← اتم‌های نافلزی به جز H و O ← O و H (از بین اتم‌های هیدروژن و اکسیژن، عنصری را که در ترکیب‌های کمتری وجود دارد، زودتر موازنه کنید).

در واکنش‌هایی که گونه‌های باردار به عنوان واکنش‌دهنده یا فراورده وجود دارند، توجه کنید پس از موازنه، علاوه بر شمار اتم‌های عنصر، مجموع بار گونه‌ها در دو طرف معادله واکنش نیز باید برابر باشد.

برای تفسیر معادله شیمیایی موازنه شده، می‌توان از مول یا مولکول استفاده کرد.

اغلب فلزها در طبیعت، به شکل ترکیب یافت می‌شوند که بخش قابل توجهی از آنها به شکل اکسید است. البته برخی فلزها مثل طلا و پلاتین به دلیل واکنش‌پذیری بسیار کم، به حالت عنصری در طبیعت یافت می‌شوند.

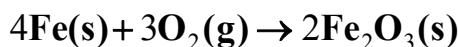
فلز آلومینیم به صورت ترکیب بوکسیت ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  به همراه ناخالصی) و فلز آهن به صورت هماتیت ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  به همراه ناخالصی) در طبیعت وجود دارد.

برای استفاده از فلزها، نخست آنها را با صرف انرژی زیاد و طی فرایندی طولانی از سنگ معدن استخراج می‌کنند؛ سپس آنها را برای تولید مواد، ابزار، وسایل و دستگاه‌های گوناگون به کار می‌برند.

به واکنش آرام (بدون نور و شعله) مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می‌گویند.



زنگ زدن آهن، یک واکنش اکسایش است که در آن، آهن با اکسیژن در هوای مرطوب واکنش داده و زنگ آهن قهوه ای رنگ تشکیل می‌دهد.



زنگار آهن، متخلخل است و سبب می‌شود تا بخار آب و اکسیژن به لایه های زیرین نفوذ کند و باقیمانده فلز را مورد حمله قرار دهد. بدین ترتیب، اکسایش آهن تا آنجا پیش می‌رود که همه فلز به زنگار تبدیل می‌شود؛ ماده ای که استحکام لازم را ندارد و در اثر ضربه، خرد می‌شود و فرو می‌ریزد. به ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر اکسایش، خوردگی گفته می‌شود.

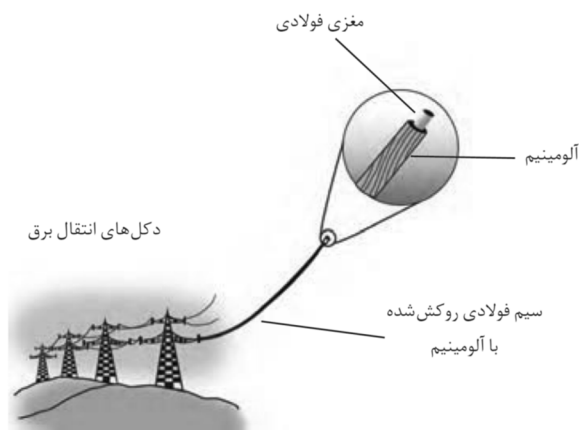
رفتار همه فلزها در برابر اکسیژن یکسان نیست.

فلز آلومینیم با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و به آلومینیم اکسید ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) تبدیل می‌شود. آلومینیم اکسید، جامدی با ساختاری متراکم و پایدار است که محکم به سطح فلز می‌چسبد. بنابراین آلومینیم با این ویژگی اکسیدش، در برابر خوردگی مقاوم است. به گونه ای که برخلاف آهن، لایه های درونی فلز اکسایش نمی‌یابد؛ به همین دلیل، گاهی در ساختمان سازی از در و پنجره های آلومینیمی به جای آهنی استفاده می‌شود.

در شرایط یکسان، ترتیب واکنش پذیری سهنصر آلومینیم، روی و آهن، به صورت  $\text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe}$  است. هر سه این فلزها می‌توانند با اسید واکنش دهند و گاز هیدروژن تولید کنند که خروج این گاز از محلول به صورت حباب مشاهده می‌شود. در شرایط یکسان، شدت انجام واکنش یا آهنگ تولید حباب، در واکنش آلومینیم با اسید، از روی و آهن بیشتر است.

در شرایط یکسان، تیغه آلومینیمی سریع تر از تیغه آهنی اکسایش می‌یابد.

هرچه ضخامت یک سیم کمتر باشد، مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی بیشتر است. به همین دلیل، برای رهایی از شر مقاومت بالا، سیم های انتقال برق با ولتاژ بالا (فشار قوی) افزون بر داشتن رسانایی الکتریکی زیاد، باید ضخیم و مقاوم باشند. در برخی از کشورها این سیمها را از فولاد و آلومینیم درست می‌کنند، به طوری که رشته درونی آنها از فولاد و روکش آنها از آلومینیم است. (به دلیل مقاومت آلومینیم در برابر خوردگی)



چگالی آهن و آلومینیم به ترتیب برابر با  $7/8$  و  $7/7$  گرم بر سانتی متر مکعب است. در ساخت رشته های سیم میان دکل های برق که فاصله ی زیادی از هم دارند تنها از فولاد (آلیاژی از آهن) استفاده نمی‌شود؛ زیرا در صورت استفاده صرف از فولاد، سیم بسیار سنگین می‌شود و به سمت پایین انحنا پیدا می‌کند و به تدریج دچار فرسایش می‌شود.

برخی از فلزها مانند آهن، در واکنش با اکسیژن، دو نوع اکسید تولید می‌کنند. در واقع، آهن با اکسیژن ترکیب، و نخست به  $\text{FeO}$  تبدیل می‌شود؛ سپس این ترکیب با اکسیژن محیط به  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  اکسایش می‌یابد.



نام‌گذاری ترکیب‌های فلزدار:

(۱) فلزهایی که فقط یک یون پایدار دارند: شامل فلزات دسته s، آلومینیم ( $Al^{3+}$ )، اسکاندیم ( $Sc^{3+}$ ) و روی ( $Zn^{2+}$ )

« نام فلز + نام آنیون »

مثال: روی اکسید: ZnO / نقره کلرید: AgCl

(۲) فلزاتی که بیشتر از یک یون پایدار دارند: مثل آهن ( $Fe^{2+}, Fe^{3+}$ )، مس ( $Cu^+, Cu^{2+}$ )، کروم ( $Cr^{2+}, Cr^{3+}$ )

« نام فلز + عدد رومی + نام آنیون »

مثال: آهن (II) اکسید: FeO / مس (I) سولفید:  $Cu_2S$

عدد رومی، بار یون فلزی را نشان می‌دهد. توجه کنید به کار بردن اعداد رومی برای فلزاتی که فقط یک کاتیون پایدار دارند، نادرست است. جدول زیر اعداد رومی و بار الکتریکی متناظر آنها را نمایش می‌دهد.

عدد رومی	I	II	III	IV	V
بار الکتریکی	۱+	۲+	۳+	۴+	۵+

واکنش عنصرها با اکسیژن، تنها به فلزها محدود نمی‌شود بلکه نافلزها نیز با آن واکنش می‌دهد و به اکسید نافلزها تبدیل می‌شود.

برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی از روش زیر استفاده کنید:

« پیشوند یونانی + نام عنصر سمت چپ فرمول + پیشوند یونانی + نام عنصر سمت راست فرمول + پسوند ید »

مثال: دی نیتروژن تتراکسید:  $N_2O_4$

تعداد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
پیشوند یونانی	مونو	دی	تری	تترا	پنتا	هگزا	هپتا	اکتا	نونا	دکا

اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند مونو پیش از نام این عنصر چشم‌پوشی می‌شود. مثلاً در CO، به جای مونو کربن مونوکسید، کربن مونوکسید نام‌گذاری می‌شود.

در آرایش الکترون-نقطه‌ای (ساختار لوویس)، الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده یک گونه طوری کنار آن‌ها چیده می‌شود که همه اتم‌ها (به جز هیدروژن) از قاعده هشت‌تایی پیروی کنند.

برای رسم ساختار لوویس به ترتیب مراحل زیر عمل باید کرد:

(۱) شمارش کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده

(۲) شمارش تعداد الکترون‌ها در حالتی که همه اتم‌ها به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند.

(۳) اختلاف موارد بالا را به دست آورده و بر ۲ تقسیم می‌کنیم. این عدد، تعداد جفت الکترون‌های پیوندی را نشان می‌دهد.

(۴) سپس، جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی را طوری قرار می‌دهیم تا همه اتم‌ها (به جز هیدروژن) به آرایش هشت‌تایی برسند.

در هنگام رسم ساختار لوویس، به نکات پایین توجه داشته باشید:

- در رسم ساختار لوویس، نمایش پیوند دوگانه بر پیوند سه گانه مقدم است.
- معمولاً، اتم مرکزی، اتمی است که در فرمول شیمیایی سمت چپ نوشته می‌شود و دارای تعداد کمتر بوده و خاصیت الکترون‌گیری (نافلزی) کمتری نسبت به بقیه اتم‌های موجود در ترکیب دارد.
- در اغلب موارد، اتم هیدروژن و هالوژن‌ها جزو اتم‌های کناری هستند و تنها یک پیوند اشتراکی می‌دهند.





در جدول زیر ساختار لوویس گونه‌های مهم و پر تکرار آمده است.



گونه	ساختار لوویس	گونه	ساختار لوویس
H <sub>2</sub> O	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\text{H}$	CO <sub>2</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\text{C}=\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$
N <sub>2</sub>	$:\text{N}\equiv\text{N}:$	O <sub>3</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$
SO <sub>2</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	SO <sub>3</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}(\overset{\cdot\cdot}{\text{O}})-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$
CO	$:\text{C}\equiv\text{O}:$	NO <sub>2</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$
NO	$\cdot\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	$[\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\text{N}=\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}]^+$
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	$[\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}]^-$	NH <sub>3</sub>	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}(\text{H})-\text{H}$
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$[\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}(\text{H})-\text{H}]^+$	N <sub>2</sub> O	$:\text{N}\equiv\text{N}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}:$
BeCl <sub>2</sub>	$:\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\text{Be}-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}:$	SF <sub>4</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{F}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}(\overset{\cdot\cdot}{\text{F}})-\overset{\cdot\cdot}{\text{F}}$
CH <sub>4</sub>	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{C}}(\text{H})-\text{H}$	COCl <sub>2</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}=\overset{\cdot\cdot}{\text{C}}(\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}})-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}$
SOCl <sub>2</sub>	$\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}(\overset{\cdot\cdot}{\text{O}})-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}$	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	$[\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}(\overset{\cdot\cdot}{\text{O}})-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}]^{2-}$



گونه	ساختار لوویس	گونه	ساختار لوویس
$\text{NO}_3^-$		$\text{CO}_3^{2-}$	
$\text{H}_2\text{O}_2$		$\text{PO}_4^{3-}$	
$\text{I}_3^-$		$\text{N}_3^-$	
$\text{NO}^+$		$\text{P}_4$	
$\text{Al}_2\text{Cl}_6$		$\text{H}_3\text{O}^+$	
$\text{N}_2\text{O}_4$		$\text{N}_2\text{O}_5$	
$\text{HCN}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$\text{XeF}_4$	

حالت‌های نقض آرایش هشت‌تایی آرایش هنگام رسم ساختار لوویس:

(۱) اتم نیتروژن در  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$  به هشت‌تایی نمی‌رسد و دارای الکترون تک (جفت نشده) است. به این حالت نقض هشت‌تایی و به این مولکول‌ها رادیکال گفته می‌شود که واکنش‌پذیری بسیار بالایی دارند.

(۲) اتم‌های بریلیم، بور و آلومینیم به ترتیب فقط ۲، ۳ و ۳ پیوند اشتراکی یگانه تشکیل می‌دهند و به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسند.

(۳) عناصر نجیب در ترکیب‌های خود، می‌توانند بیشتر از ۸ الکترون در لایه ظرفیت خود بپذیرند مثل  $\text{XeF}_4$ ؛ به این حالت بسط هشت‌تایی گفته می‌شود.

(۴) گوگرد و فسفر نیز دارای ترکیب‌هایی هستند که بسط هشت‌تایی دارند. مثل  $\text{SF}_4$ ،  $\text{SF}_6$  و  $\text{PCl}_5$

برای رسم ساختار لوویس یون‌های چنداتمی، می‌توان از یک روش سریع استفاده کرد، به این صورت که بار گونه را به اتم مرکزی می‌دهیم و معین می‌کنیم که اتم مرکزی با دریافت آن بار مثبت یا منفی، به چه عنصری تبدیل می‌شود و ساختار لوویس آن مولکول را رسم می‌کنیم که مثل ساختار لوویس یون چنداتمی است. مثلاً ساختار لوویس  $\text{NO}_3^-$  دقیقاً مشابه ساختار لوویس  $\text{SO}_3$  است.



در سوالاتی که ساختار لوویس یک یون چنداتی با بار مجهول داده شده است، برای تعیین بار آن یون می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

« مجموع تعداد الکترون های پیوندی و ناپیوندی - مجموع یگان شماره گروه اتم ها = بار یون چند اتمی »

روش آسان رسم ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن دار: ابتدا اتم مرکزی را مستقر می کنیم، سپس گروه های OH- را تا آنجایی که یکی از عناصر O یا H تمام شود در اطراف اتم مرکزی با پیوند یگانه به آن متصل می کنیم. در مرحله آخر اگر اتم O یا H باقیمانده باشد، به طوری به اتم مرکزی متصل می کنیم که همه اتم ها به آرایش گاز نجیب برسند. جدول زیر، ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن دار را نشان می دهد.

فرمول	نام اسید	ساختار لوویس	فرمول	نام اسید	ساختار لوویس
HClO <sub>4</sub>	پرکلریک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---Cl---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	HNO <sub>3</sub>	نیتریک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---N---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\ \backslash \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$
HClO <sub>3</sub>	کلریک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---Cl---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	HNO <sub>2</sub>	نیترو اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---N---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \end{array}$
HClO <sub>2</sub>	کلرو اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---Cl---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	کربنیک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\    \\ \text{H---}\ddot{\text{O}}\text{---C---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$
HClO	هیپوکلرو اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---Cl---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	فسفریک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H---}\ddot{\text{O}}\text{---P---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H} \end{array}$
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	سولفوریک اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H---}\ddot{\text{O}}\text{---S---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	فسفرو اسید	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H---}\ddot{\text{O}}\text{---P---}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\   \\ \text{H} \end{array}$

برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره وری در کشاورزی به خاک می افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. از کلسیم اکسید همچنین برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه ها استفاده می شود.

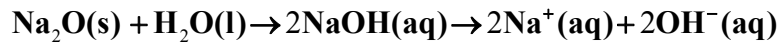
مرجان ها، گروهی از کیسه تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش ها نشان می دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی اکسید در آب از بین می روند.

با افزایش مقدار کربن دی اکسید در هوا کره، بخش زیادی از آن در آب دریاها و اقیانوس ها حل می شود. به این ترتیب خاصیت اسیدی آب افزایش می یابد و زندگی آبزیان به خطر می افتد.

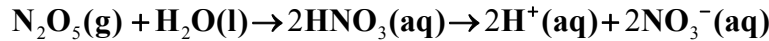
به طور کلی، اکسیدهای فلزی را اکسیدهای بازی و اکسیدهای نافلزی را اکسیدهای اسیدی می نامند؛ زیرا از واکنش اغلب آنها با آب به ترتیب باز و اسید تولید می شود.



مثال ۱: سدیم اکسید ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) یک اکسید فلزی است و در واکنش با آب، سدیم هیدروکسید ( $\text{NaOH}$ ) تولید می‌کند که یک باز است چون در اثر انحلال در آب، یون هیدروکسید ( $\text{OH}^-$ ) پدید می‌آورد.



مثال ۲: دی‌نیتروژن پنتاکسید ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) در واکنش با آب، نیتریک اسید ( $\text{HNO}_3$ ) تولید می‌کند که یک اسید است. چون در اثر انحلال در آب، یون هیدروژن ( $\text{H}^+$ ) پدید می‌آورد.



توجه کنید بعضی از اکسیدها مثل کربن مونوکسید ( $\text{CO}$ ) و دی‌نیتروژن مونوکسید ( $\text{N}_2\text{O}$ ) خاصیت اسیدی یا بازی ندارند.

**pH** مقیاسی برای بیان میزان اسیدی بودن مواد است. در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، اسیدها pH کم‌تر از ۷ و بازها pH بیش‌تر از ۷ دارند. pH مواد خنثی مثل آب خالص دقیقاً برابر ۷ است. هرچه pH یک ماده بزرگ‌تر باشد، خاصیت بازی و هرچه pH آن کوچک‌تر باشد، خاصیت اسیدی آن بیشتر خواهد بود.

با توجه به شکل روبه‌رو، مقایسه pH مواد زیر به این صورت می‌باشد:

آب باتری خودرو > اسید معده > آب گوجه‌فرنگی > قهوه > آب خالص > شربت معده > آمونیاک > تمیزکننده اجاق گاز > لوله بازکن

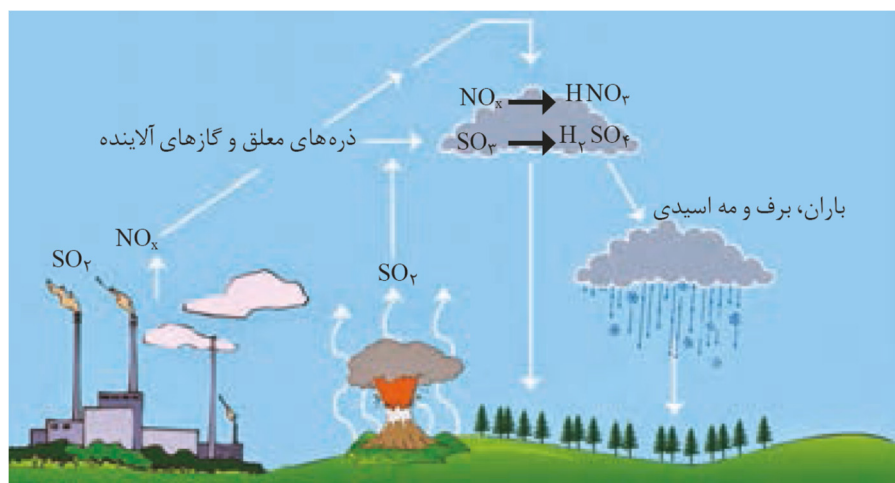


● گستره pH محلول‌های آبی در دمای اتاق

هنگام ساختمان سازی در محل تهیه بتن یا در جایی که مقداری سیمان یا گچ برجای می‌ماند تا مدت‌ها گیاهی رشد نمی‌کند. دلیل این موضوع، خصلت بازی ترکیب موجود در گچ و سیمان ( $\text{CaCO}_3$ ) است.

به دلیل آلودگی‌های ناشی از صنایع و فناوری‌های ساخته بشر، گاهی باران مشکل‌ساز می‌شود. باران به دلیل وجود کربن‌دی‌اکسید محلول در آن، اندکی اسیدی و دارای pH کمتر از ۷ است.

آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند و بالا می‌روند، سرانجام باید به زمین برگردند. این آلاینده‌ها به طور عمده شامل اکسیدهای اسیدی  $\text{NO}_2$  و  $\text{SO}_2$  هستند که هنگام بارش در آب حل می‌شوند. بارشی که خاصیت اسیدی چشمگیری دارد و به زمین فرو می‌ریزد؛ در این حالت می‌گوییم باران اسیدی باریده است. باران اسیدی حاوی اسیدهای قوی نظیر نیتریک اسید ( $\text{HNO}_3$ ) و سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) است.





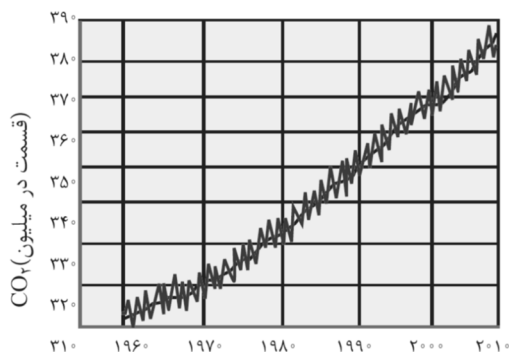
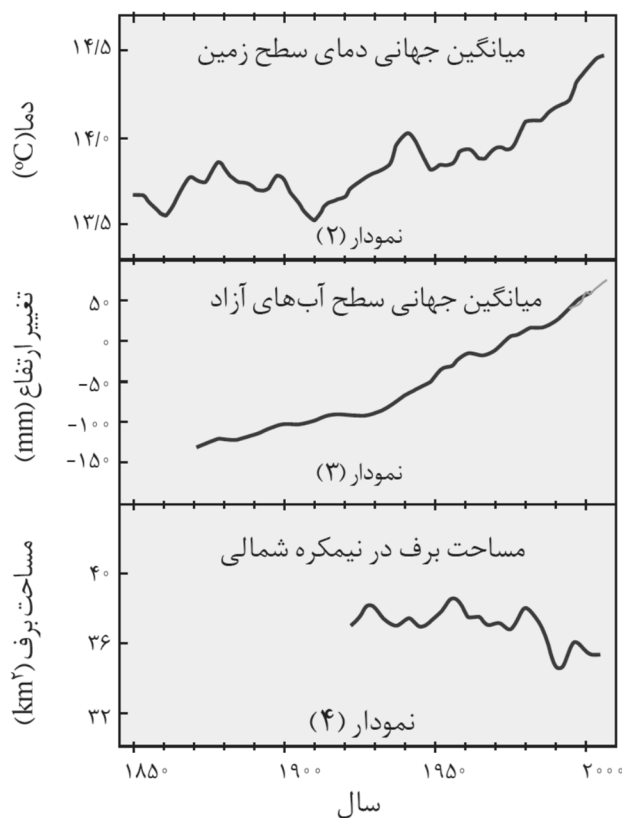
آثار زیان بار باران اسیدی بر روی پوست، دستگاه تنفس و چشم‌ها به سرعت قابل تشخیص است. گاهی خاصیت اسیدی باران باعث خشکی و ترک خوردگی پوست بدن می‌شود. تغییر pH آب در زندگی جانداران آثار جبران ناپذیری برجای می‌گذارد.

دانشمندان با استفاده از بالون‌های هواشناسی، ماهواره‌ها، کشتی‌های اقیانوس‌پیما و گویچه‌های شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می‌کنند.

شواهد نشان می‌دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است.


دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ بین ۱/۸ تا ۴ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت.


آمارها نشان می‌دهند که سالانه میلیاردها تن کربن‌دی‌اکسید به هواکره وارد می‌شود به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هواکره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای زیر حائز اهمیت فراوان هستند.





به صورت کلی، با گذشت زمان غلظت کربن‌دی‌اکسید هواکره و میانگین جهانی دمای سطح زمین افزایش یافته است و در نتیجه آن و به دنبال کاهش مساحت برف در مناطق قطبی مثل نیمکره شمالی، میانگین جهانی سطح آب‌های آزاد شاهد افزایش ارتفاع بوده است.





شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته، در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. 


کربن دی‌اکسید مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در آب‌وهوای کره زمین دارد. 

در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، انواع آلاینده‌ها نظیر  $C_xH_y$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  وارد هواکره می‌شود. 


سبک زندگی انسان، نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی هواکره تأثیر می‌گذارد. در واقع، سبک زندگی می‌تواند بیانگر میزان اثرگذاری هریک از انسان‌ها روی کره زمین و هواکره باشد. ردپا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. یکی از این ردپاها، ردپای کربن دی‌اکسید است. ردپای کربن دی‌اکسید نشان می‌دهد در تولید یک محصول یا بر اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هواکره می‌شود. 

هرچه کربن دی‌اکسید وارد شده به طبیعت زیادتر باشد، ردپای ایجاد شده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود. زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است. 


برای اینکه مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی کربن دی‌اکسید به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود. یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم کربن دی‌اکسید مصرف می‌کند. 

میزان کربن دی‌اکسید ایجاد شده از منابع گوناگون انرژی با هم تفاوت دارد. مقایسه ردپای کربن دی‌اکسید ایجاد شده توسط منابع گوناگون برای تولید برق به صورت زیر است: 

باد > گرمای زمین > انرژی خورشیدی > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ

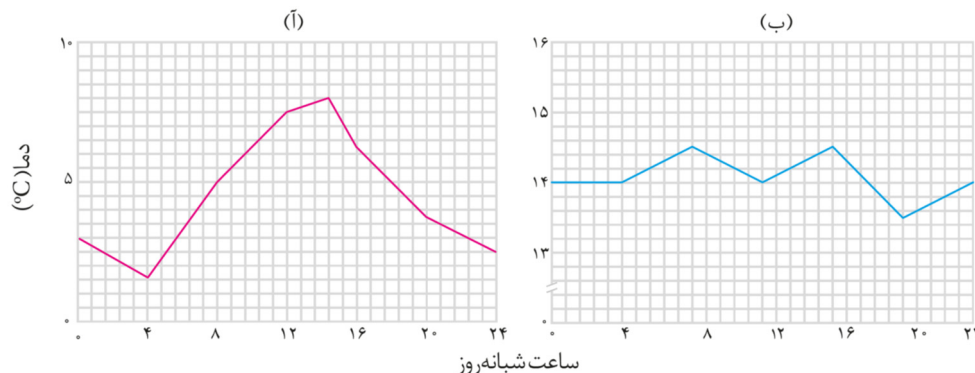
طبیعت به کمک گیاهان، کربن دی‌اکسید را مصرف می‌کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای کاهش ردپای کربن دی‌اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک‌های صنعتی و روستاها است. با توجه به جدول زیر، هر چه میانگین قطر درخت بیشتر باشد، مقدار کربن دی‌اکسید مصرفی کاهش می‌یابد. 

میانگین قطر درخت (سانتی متر)	مقدار کربن دی‌اکسید مصرفی (کیلوگرم در سال)
$\geq 35$	۹۲/۷
۲۹-۳۴	۵۵/۳
۲۲-۲۸	۳۴/۶
۱۴-۲۱	۱۹/۱
۸-۱۳	۹/۴
۴-۷	۴/۴
$\leq 3$	۱/۰

گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دورتا دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در تمام فصول سال به ویژه در زمستان، فرآورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و ... کشت می‌شود. گلخانه، گیاه یا میوه را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. 



در طول شبانه روز، دمای درون گلخانه در حدود ۱۴ سلسیوس ثابت می ماند و حداکثر به اندازه ۰/۵ درجه کم یا زیاد می شود (نمودار ب)، در حالی که تغییرات دما در بیرون گلخانه در طی ساعات روز و شب شدید است و افت و خیز زیادی دارد (نمودار آ).

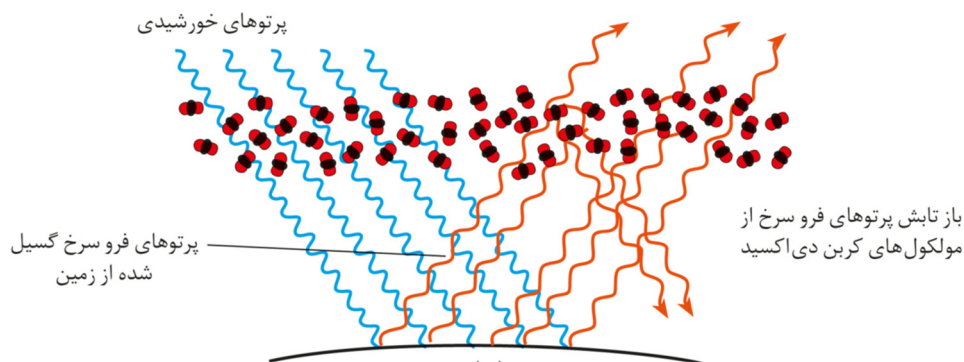


سرنوشت پرتوهای خورشیدی گسیل شده به سمت زمین:

- (۱) بخش عمده ای از پرتوهای خورشیدی به وسیله زمین جذب می شود.
- (۲) بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به وسیله هواکره جذب می شود.
- (۳) بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده و به فضا برمی گردد.

زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می دهد. پرتوهای فروسرخ از جنس گرما هستند. در هواکره، گازهای گلخانه ای مانع از خروج کامل گرمای آزاد شده می شوند.

نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول ها و دیگر ذره های آن برخورد می کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می رسد. از این رو، زمین گرم می شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن ها بلندتر است. پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج های بلندتر به هواکره برمی گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند  $\text{CO}_2$  (مهم ترین گاز گلخانه ای)،  $\text{H}_2\text{O}$  و ... مانع از خروج آن ها می شوند و بدین ترتیب، زمین را گرم تر می کنند. به این اثر، اثر گلخانه ای می گویند.



لایه هواکره با دارا بودن گازهای گلخانه ای، برای زمین همانند لایه ی پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن زمین می شود. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت.

در غیاب لایه هواکره (نبود گازهای گلخانه ای) میانگین دمای کره زمین به  $-18^\circ\text{C}$  کاهش می یافت.



**نکته ۷:** پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج بلندتر به هواکره برمی گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و ... مانع از خروج آنها می شوند و بدین ترتیب زمین را گرم تر می کنند.

**نکته ۸:** هر چه مقدار گازهای گلخانه‌ای (مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و ...) در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر می رود.

**نکته ۹:** شیمی سبز، شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جستجوی فرایندها و فرآورده‌هایی هستند که به کمک آنها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد.

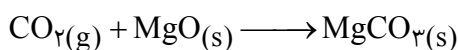
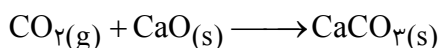
**نکته ۱۰:** در راستای اهداف شیمی سبز، بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردپاهای سنگین روی کره زمین برجای می گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد.

**نکته ۱۱:** سوخت سبز، سوختی است که در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می آید.

**نکته ۱۲:** سوخت‌های سبز زیست تخریب پذیر هستند، از این رو به وسیله جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می شوند.

**نکته ۱۳:** اتانول و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از سوخت‌های سبز هستند.

**نکته ۱۴:** برای تبدیل  $\text{CO}_2$  به مواد معدنی در راستای اهداف شیمی سبز، کربن دی‌اکسید تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می دهند.



**نکته ۱۵:** پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب پذیر)، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می شوند و به همین دلیل در ساختار آنها اکسیژن نیز وجود دارد.

**نکته ۱۶:** پلاستیک‌های سبز در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می شوند و به طبیعت بازمی گردند.

**نکته ۱۷:** کربن دی‌اکسید را می توان به جای رها کردن در هواکره در مکان‌های عمیق و امن در زیر زمین ذخیره و نگهداری کرد.

**نکته ۱۸:** سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند.

**نکته ۱۹:** هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به شکل ترکیب‌های گوناگون یافت می شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند.

**نکته ۲۰:** تولید و حمل و نقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است.

**نکته ۲۱:** کارخانه قیمت تمام شده یک کالا را با حساب کردن کل هزینه‌های تولید و با در نظر گرفتن سود آن شرکت مشخص می کند.





**نکته ۲۲:** در این حالت برای حساب کردن قیمت تمام شده، فقط ملاحظات اقتصادی آن در نظر گرفته شده است.

**نکته ۲۳:** هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه‌هایی را تحمیل می‌کند که به قیمت تمام شده، اضافه نشده است.

**نکته ۲۴:** توسعه پایدار یعنی اینکه در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن در نظر گرفته شود.



**نکته ۲۵:** دگرشکل (آلوتروپ) به هر یک از شکل‌های مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود.

**نکته ۲۶:** عنصر اکسیژن به دو شکل گاز اکسیژن و گاز اوزون در هواکره یافت می‌شود.

نام دگر شکل	فرمول شیمیایی	جرم مولی	نقطه جوش (°C)
اکسیژن	O <sub>2</sub>	۳۲	-۱۸۳
اوزون	O <sub>3</sub>	۴۸	-۱۱۲

**نکته ۲۷:** اوزون، گازی با مولکول‌های سه اتمی در لایه‌های بالایی هواکره (استراتوسفر) مانند پوششی کره زمین را احاطه کرده، هر چند که مقدار آن در هواکره ناچیز است.

**نکته ۲۸:** اصطلاح لایه اوزون به منطقه مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد.

**نکته ۲۹:** مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند.

**نکته ۳۰:** در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.

**نکته ۳۱:** ساختار هر ماده، تعیین کننده خواص و رفتار آن، است.

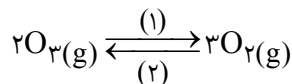
**نکته ۳۲:** هنگامی که تابش پراثری فرابنفش به مولکول اوزون می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دو اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

**نکته ۳۳:** ذره‌های تولید شده می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود.



**نکته ۳۴:** با تکرار پیوسته این دو واکنش، لایه اوزون بخش قابل توجهی از تابش فرابنفش را جذب می‌کند و تابش‌های کم انرژی‌تر فرسوخ را به زمین گسیل می‌دارد.

**نکته ۳۵:** شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت ۱، واکنش رفت و به واکنش در جهت ۲، واکنش برگشت می‌گویند.



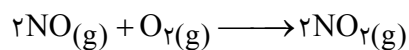
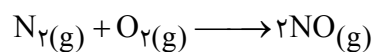
**نکته ۳۶:** در باتری‌های قابل شارژ، واکنش شیمیایی برگشت‌پذیر رخ می‌دهد.

**نکته ۳۷:** اوزون در لایه تروپو سفر نیز یافت می‌شود و از آنجا که از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، اوزون تروپو سفری الاینده‌ای سمی و خطرناک به‌شمار می‌آید.

**نکته ۳۸:** وجود اوزون در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود.

**نکته ۳۹:** گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد.

**نکته ۴۰:** در هنگام رعد و برق (به علت دمای بالا)، دو گاز نیتروژن و اکسیژن در هوا باهم ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند.



**نکته ۴۱:** در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. این گازها از واکنش گازهای اکسیژن و نیتروژن درون موتور خودرو در دمای بالا به‌وجود می‌آیند.

**نکته ۴۲:** گاز نیتروژن دی‌اکسید به رنگ قهوه‌ای است، از این رو هوای آلوده کلان‌شهرها اغلب به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود.



**نکته ۱:** نزدیک به ۷۵٪ سطح زمین را آب پوشانده است به همین دلیل زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود.

**نکته ۲:** جرم کل آب‌های روی کره زمین در حدود  $10^{18} \times 1/5$  تن برآورد می‌شود که بخش عمده‌ی این آب در اقیانوس‌ها و دریاها توزیع شده است.

**نکته ۳:** اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم آب همه سطح آن را تا ارتفاع ۲ متر می‌پوشاند.

**نکته ۴:** آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن است که اغلب مزه‌ی شور دارد زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است.

**نکته ۵:** برآورد نشان می‌دهد که  $10^{16} \times 5$  تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد.

**نکته ۶:** سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ کره به آب کره وارد می‌شوند، از آنجا که جرم کل مواد حل شده در آب‌های کره زمین تقریباً ثابت است، پس باید همین مقدار ماده از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شوند.

**نکته ۷:** کره‌ی زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بش هواکره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است.

**نکته ۸:** مبادله مواد بین آب کره و هواکره: بخار شدن حجم عظیمی از آب دریاها

مبادله مواد بین هواکره و سنگ کره یا آب کره: بارش باران

مبادله مواد بین زیست کره و هواکره: کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) تولیدی توسط جانداران

مبادله مواد بین آب کره و زیست کره: مصرف اکسیژن محلول در آب

مبادله مواد بین سنگ کره و هواکره: ورود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار در اثر فعالیت‌های آتشفشانی

**نکته ۹:** لاشه جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک تری وارد آب کره، هواکره یا سنگ کره می‌شود.

**نکته ۱۰:** جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب‌های کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کره‌ی زمین می‌کنند.

**نکته ۱۱:** زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های گوناگون آن با یکدیگر بر هم کنش فیزیکی و شیمیایی دارند.

**نکته ۱۲:** هواکره: از مولکول‌های کوچک شامل نیتروژن، اکسیژن و ... تشکیل شده است.

آب کره: از مولکول‌های کوچک آب، یون‌ها و ... تشکیل شده است.

سنگ کره: از مواد جامد مانند ماسه، نمک‌ها و ... تشکیل شده است.

زیست کره: شامل جانداران روی کره زمین است. در واکنش‌های آنها مولکول‌ها نقش اساسی ایفا می‌کنند.

**نکته ۱۳:** در آب دریا کاتیون‌های فلزات گروه ۱ و ۲ نظیر  $Na^+$  (سدیم)،  $Mg^{2+}$  (منیزیم)،  $Ca^{2+}$  (کلسیم) و  $K^+$

(پتاسیم) وجود دارد.



**نکته ۱۴:** در آب دریا بیشترین مقدار در آنیون‌ها به  $\text{Cl}^-$  و بیشترین مقدار در کاتیون‌ها به  $\text{Na}^+$  تعلق دارند، به عبارت دیگر بین نمک‌های محلول در آب دریا  $\text{NaCl}$  بالاترین غلظت را دارد.

**نکته ۱۵:** وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های گوناگون در آن می‌باشد. به عنوان مثال در اثر حل شدن نمک  $\text{CaBr}_2$ ، یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Br}^-$  (برمید) در آب دریا مشاهده می‌شود.

**نکته ۱۶:** با وجود آنکه حدود ۷۵٪ از سطح کره زمین با آب پوشیده شده است. **۵۰ درصد** جمعیت جهان از کم آبی رنج می‌برد و **۶۶ درصد** از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبرو خواهند شد.

**نکته ۱۷:**  $۹۷/۲\%$  آب کره را اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهند از بخش باقی‌مانده که شامل آب شیرین و آب شور دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار آب موجود در هواکره است  $۲/۱۵\%$  را کوه‌های یخ و باقی‌مانده را آب‌های زیرزمینی که شامل **نهرها و جوی‌ها و چشمه‌ها** هستند تشکیل می‌دهد.

**نکته ۱۸:** (مربوط به آیا می‌دانید) خشک‌ترین قاره جهان آسیاست که بیش از ۶۰ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده است.

سهم کشور ما از جمعیت جهان در حدود ۱ درصد و از منابع آب شیرین تنها  $۰/۲۶$  درصد است.

**نکته ۱۹:** بیشتر آب‌های روی زمین شور هستند و نمی‌توان از آنها در کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد.

**نکته ۲۰:** اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و ... منابع ارزشمندی برای تهیه و استخراج مواد شیمیایی گوناگون، تولید فرآورده‌های پروتئینی، مواد و وسایل تزئینی و داروهای گوناگون و ... هستند.

**نکته ۲۱:** آب باران در **هوای پاک** تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرآیند، الگویی برای تهیه آب خالص است. فرآیندی که **تقطیر** و فرآورده‌ی آن **آب مقطر** نام دارد.

**نکته ۲۲:** دریا مخلوطی همگن از انواع **مختلفی** از یون‌ها و مولکول‌های حل شده در آب است.

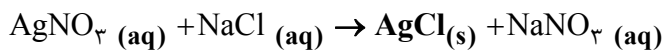
**نکته ۲۳:** آب آشامیدنی و شیرین مخلوطی زلال و همگن بوده و مقادیری کمی از یون‌هایی نظیر  $\text{Cl}^-$  (کلرید)،  $\text{Na}^+$  (سدیم)،  $\text{Ca}^{2+}$  (کلسیم)،  $\text{Mg}^{2+}$  (منیزیم)،  $\text{Fe}^{2+}$  (آهن (II))،  $\text{OH}^-$  (هیدروکسید)،  $\text{NO}_3^-$  (نیترات) را در خود دارد. البته مقدار و نوع یون‌های موجود در آب آشامیدنی از محلی به محل دیگر متفاوت است.

**نکته ۲۴:** برخی از یون‌ها به طور طبیعی در آب آشامیدنی حل شده‌اند و برخی دیگر مانند یون **فلوئورید** ( $\text{F}^-$ ) در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شوند. وجود این یون **سبب حفظ سلامت دندان‌ها** می‌شود.



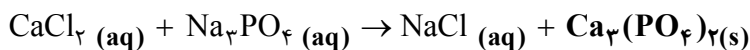
**بررسی نکات کاوش کنید صفحه‌های ۹۶ و ۹۷ کتاب درسی:**

**نکته ۳۵:** برای شناسایی یون کلرید ( $\text{Cl}^-$ ) در محلول آبی از کاتیون نقره ( $\text{Ag}^+$ ) [به عبارت دیگر محلول آبی حاوی  $\text{Ag}^+$  مثلاً  $\text{AgNO}_3$  (نقره نیترات)] استفاده می‌شود زیرا رسوب سفید نقره کلرید ( $\text{AgCl}$ ) تشکیل می‌دهند.



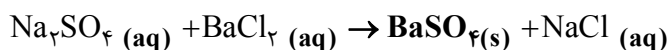
جای این دو کاتیون جابه‌جا می‌شود.

**نکته ۳۶:** برای شناسایی یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) در محلول آبی، از آنیون فسفات ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) [به عبارت دیگر محلول آبی حاوی آنیون فسفات مثلاً سدیم فسفات ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )] استفاده می‌شود زیرا رسوب سفیدرنگ کلسیم فسفات ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) تشکیل می‌دهند.



جای این دو کاتیون جابه‌جا می‌شود.

**نکته ۳۷:** برای شناسایی یون باریم ( $\text{Ba}^{2+}$ ) از آنیون سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) [در واقع محلول آبی حاوی آنیون سولفات مثلاً سدیم سولفات ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )] استفاده می‌شود زیرا رسوب سفیدرنگ باریم سولفات ( $\text{BaSO}_4$ ) تشکیل می‌شود.



**نکته ۳۸:** همه این واکنش‌های شناسایی آنیون یا کاتیون شیمیایی هستند.

**نکته ۳۹:** در یون‌های چنداتمی مانند  $\text{SO}_4^{2-}$ ، بار الکتریکی  $-2$ ، به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق کل یون است.

**نکته ۳۰:** یون‌هایی مانند  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{Na}^+$  و  $\text{F}^-$  تک اتمی هستند در حالیکه یونی مانند  $\text{NO}_3^-$  (نیترات) و  $\text{SO}_4^{2-}$  (سولفات) که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده باشند را یون چند اتمی می‌گویند.

**نکته ۳۱:** در یون‌های چنداتمی، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل می‌شوند، در نتیجه در ترکیب‌های یونی که کاتیون یا آنیون آنها چند اتمی باشد، هر دو نوع پیوند یونی و کووالانسی وجود دارد.

**نکته ۳۲:** چندتایی بودن یک ترکیب یونی براساس تعداد عنصرها یا نوع اتم‌های سازنده‌ی آن بیان می‌شود. به عنوان مثال  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  یک ترکیب یونی سه تایی است زیرا از سه نوع عنصر تشکیل شده است ولی شامل ۹ اتم است.

**نکته ۳۳:** دقت کنید که شرط چند اتمی بودن یک یون این است که بیش از یک اتم داشته باشد نه لزوماً بیش از یک نوع اتم به عنوان مثال  $\text{N}_3^-$  (آزید) فقط از یک نوع اتم تشکیل شده ولی چنداتمی است.

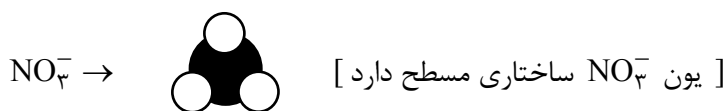
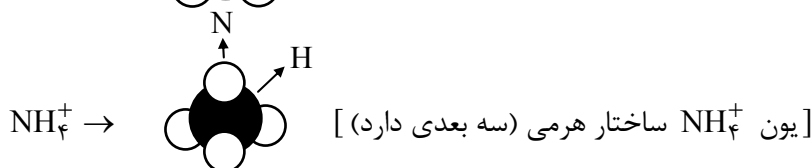
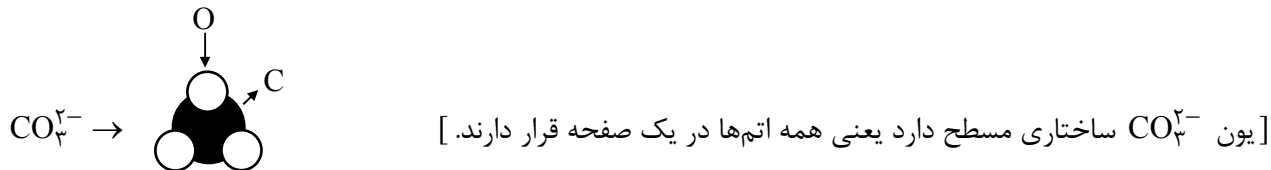
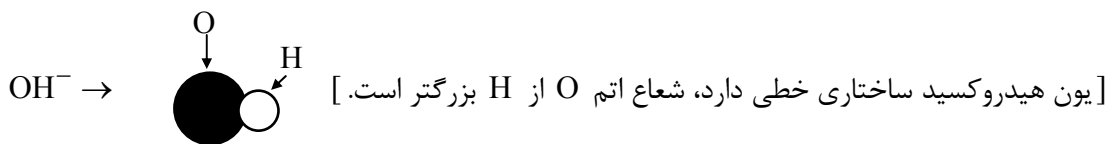
**نکته ۳۴:** جمع‌بندی نکات ۳۳ و ۳۴ آن است که معنای چند اتمی بودن برای یون و ترکیب یونی متفاوت است.

یون چنداتمی  $\Leftarrow$  بیش از یک اتم

ترکیب یونی چندتایی  $\Leftarrow$  بیش از یک نوع عنصر



**نکته ۳۵:** مدل فضاپرکن روشی برای نمایش سه بعدی مولکول‌هاست در این مدل اتم‌ها به صورت کره‌ای شکل نمایش داده می‌شوند. به مدل فضا پرکن یون‌های زیر توجه کنید:



**نکته ۳۶:** برای فرمول نویسی مراحل زیر را انجام می‌دهیم: آمونیوم کربنات

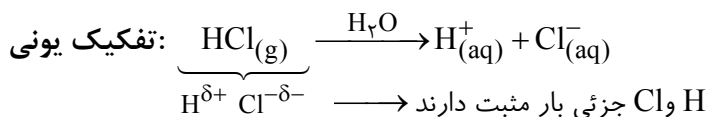
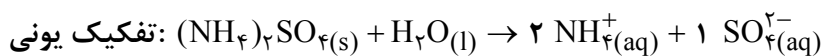
(۱) فرمول کاتیون و فرمول آنیون را نوشته  $\text{NH}_4^+ \text{CO}_3^{2-}$

(۲) بار کاتیون را اندیس آنیون و بار آنیون را اندیس کاتیون قرار می‌دهیم. (اگر یون چند اتمی بود آن را داخل پرانتز قرار می‌دهیم)

(۳) سپس بارها از بالا آنیون و کاتیون حذف کرده اندیس‌ها را در صورت امکان ساده می‌کنیم.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

**نکته ۳۷:** کاتیون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) از معدود کاتیون‌های غیرفلزی است زیرا ما اغلب با کاتیون‌های فلزی مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Ca}^{2+}$  و ... سر و کار داریم.

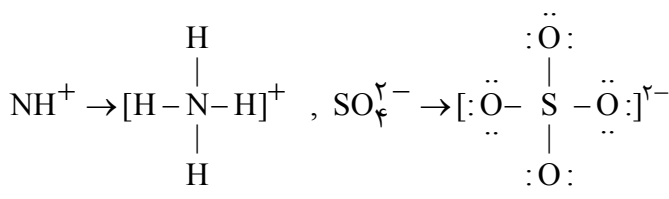
**نکته ۳۸:** تفکیک یونی یک ترکیب یونی در آب به معنای حل شدن ترکیب و جدا شدن یون‌های آن می‌باشد. واژه تفکیک زمانی به کار می‌رود که در ترکیب اولیه یون وجود داشته باشد، در مقابل یونش به معنای به یون تبدیل شدن است یعنی در ترکیب اولیه یون موجود نبوده است) به مثال‌های زیر دقت کنید:



همانطور که ملاحظه می‌کنید از حل شدن ۱ مول آمونیوم سولفات در آب ۳ مول یون حاصل می‌شود.



**نکته ۳۹:** ساختار لوئیس یون‌های آمونیوم و سولفات به صورت زیر است:



**نکته ۴۰:** گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  به عنصرهایی مانند N، P، S و ..... نیاز دارند.

**نکته ۴۱:** آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

**نکته ۴۲:** محلول، مخلوط همگن از دو یا چند ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی محلول در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

مثال: در محلول آبی ضدیخ ( اتیلن گلیکول با فرمول ساختاری  $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$  ) حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و ..... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

**نکته ۴۳:** سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب، ضد یخ محلول اتیلن گلیکول در آب، گلاب مخلوطی از چند ماده‌ی آلی در آب است.

**نکته ۴۴:** برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشف غلیظ است. محلول غلیظ یعنی مقدار حل‌شونده (ها) زیاد است.

**نکته ۴۵:** به طور کلی هر چه محصول غلیظ‌تر باشد می‌توان گفت شمار ذره‌های حل‌شونده در واحد حجم بیش‌تر می‌باشد.

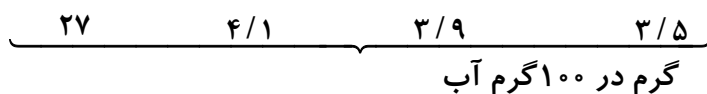
محلول مس (II) سولفات غلیظ پر رنگ‌تر (آبی) است.

**نکته ۴۶:** در هر ۱۰۰ گرم آب دریای مرده (بحرالمیت) حدود ۲۷ گرم حل‌شونده (انواع نمک) وجود دارد. به دلیل غلظت بالا با آب این دریا انسان به راحتی می‌تواند روی آن شناور بماند.

**نکته ۴۷:** دریاچه‌ی ارومیه یکی از دریاچه‌های شور دنیا است محلول آبی این دریاچه بسیار غلیظ است از این رو دریاچه‌ی ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.

**نکته ۴۸:** مقایسه مقدار نمک حل شده در آب دریاچه‌ی گوناگون:

اقیانوس آرام > دریای میدیترانه > دریای سرخ > دریای مرده



**نکته ۴۹:** هر محلول از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده است در واقع حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است.

**نکته ۵۰:** خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل‌شونده و مقدار هر یک از آن‌ها بستگی دارد.



**نکته ۵۱:** محلول‌ها به سه دسته گاز، مایع، جامد طبقه‌بندی می‌شوند.

محلول‌های گازی: مانند هوا  
محلول‌های مایع: مانند سرم فیزیولوژی، ضدیخ و گلاب

محلول جامد: سکه (شامل فلزات متفاوت مانند مس، آهن و ...)

**نکته ۵۲:** غلظت برای یک محلول برابر با مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند.

**نکته ۵۳:** از آنجاکه در آزمایشگاه با محلول‌هایی یا مقادیر متفاوتی از حل‌شونده‌ها (از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد) سروکار داریم غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند.

**نکته ۵۴:** محلول مس (II) سولفات آبی‌رنگ است.

**نکته ۵۵:** از کمیت ppm (قسمت در میلیون) برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها، آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا استفاده می‌شود.

**نکته ۵۶:** ppm نشان‌دهنده گرم حل‌شونده در یک میلیون گرم از محلول است.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \quad [\text{در این رابطه یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد}]$$

**نکته ۵۷:** غلظت یون نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد.

**نکته ۵۸:** ppm رابطه‌ی دیگر به صورت زیر هم دارد، این رابطه زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که حلال آب و محلول رقیق باشد.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \rightarrow \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \leftarrow \text{ppm دارای واحد روبروست}$$

**نکته ۵۹:** درصد جرمی یکی دیگر از غلظت‌های محلولی بوده و برابری با مقدار جرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم محلول

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

**نکته ۶۰:** روی ظرف محلول شست‌وشوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد»

نوشته شده است که به معنای ۰/۹ گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم محلول است یا به عبارت دیگر ۰/۹ گرم حل‌شونده در ۹۹/۱ گرم آب.

**نکته ۶۱:** درصد جرمی همانند ppm بدون یکاست، زیرا یکای جرم صورت و مخرج آن حتماً باید یکسان باشد.

**نکته ۶۲:** رابطه درصد جرمی و ppm به صورت مقابل است:  $\text{ppm} = 10^4 \times \text{درصد جرمی}$

**نکته ۶۳:** درصد جرمی را با نماد  $\frac{\omega}{\omega}$  نشان می‌دهند که هم ارز با شمار قسمت‌های حل‌شونده در ۱۰۰ قسمت محلول.

**نکته ۶۴:** هرگاه دو یا چند محلول هم جنس و با درصدهای جرمی مشخص را با یکدیگر مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول نهایی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول (۲)} \times \text{درصد جرمی محلول (۲)}) + (\text{جرم محلول (۱)} \times \text{درصد جرمی محلول (۱)})}{\text{جرم محلول (۱)} + \text{جرم محلول (۲)} + \dots}$$

**نکته ۶۵:** دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است و در آن حدود  $5 \times 10^{16}$  تن

از مواد گوناگون وجود دارد.



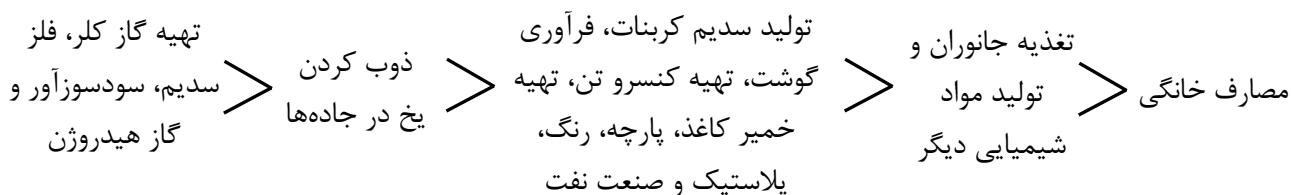


**نکته ۷۶:** گرمای شدید سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاها شده، در نتیجه بلورهای جامد زیبایی که شامل انواع نمک‌ها هستند تشکیل می‌شود.

**نکته ۷۷:** مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی و شیمیایی از آن جدا کرد.

**نکته ۷۸:** سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی را استخراج می‌شود.

**نکته ۷۹:** کاربردهای نمک خوراکی (NaCl) به ترتیب:



با توجه به مقایسه بالا بیشترین کاربرد NaCl برای تهیه گاز کلر و فلز سدیم، سود سوز آور و گاز هیدروژن و کمترین کاربرد آن مصارف خانگی است.

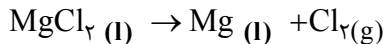
**نکته ۷۰:** فلز منیزیم ماده ارزشمندی است که در تهیه آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد.

**نکته ۷۱:** یکی از منابع تهیه این فلز آب دریاست، منیزیم در آب دریا به شکل  $Mg^{2+}(aq)$  وجود دارد.

**نکته ۷۲:** برای استخراج و جداسازی آن، در مرحله نخست، منیزیم را به صورت ماده‌ی جامد و نامحلول

$Mg(OH)_2$  رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند (در اثر واکنش  $Mg(OH)_2$  با HCl) در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازنده آن تجزیه می‌کنند.

• دقت کنید که  $MgCl_2$  نمی‌تواند (aq) باشد.



**نکته ۷۳:** غلظت‌های بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی

بیان می‌شود.

**نکته ۷۴:** سرکه‌ی خوراکی که با خاصیت اسیدی ملایم به عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود، محلول ۵ درصد

جرمی استیک اسید در آب است.

**نکته ۷۵:** محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن به محلول-

های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

**نکته ۷۶:** تهیه‌ی محلول‌ها به حالت مایع با درصد جرمی معین کار آسانی نیست، تجربه نشان می‌دهد که

اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه‌ی در آزمایشگاه آسان‌تر از جرم آن است.

**نکته ۷۷:** مبنای محاسبه‌ی کمی در شیمی، مول است.

**نکته ۷۸:** بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر است که با مول‌های حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد.

چنین غلظتی را غلظت مولی (مولار) می‌نامند.

**نکته ۷۹:** غلظت مولار عبارت است از تعداد مول‌های حل‌شونده که در یک لیتر محلول حل شده است.

$$\text{واحد} : \frac{\text{mol}}{\text{L}} \longrightarrow \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \text{غلظت مولی (مولار)}$$

یادآوری: هر ۱ لیتر معادل ۱۰۰۰ میلی‌لیتر یا سی‌سی است.

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cc} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ L}$$



**نکته ۸۰:** بر طبق رابطه غلظت مولار، هر چه مقدار حل شونده کمتر و حجم محلول بیشتر باشد، غلظت مولی کاهش یافته و محلول رقیق تر می شود.

در عوض هر چه مقدار حل شونده بیش تر و حجم محلول کمتر باشد، غلظت مولی افزایش یافته و محلول غلیظ تر می شود.

**نکته ۸۱:** با افزودن مقداری حل شونده به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول افزایش می یابد.

با افزودن مقداری مقداری حلال به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول کاهش می یابد.

**نکته ۸۲:** با رقیق یا غلیظ کردن یک محلول مقدار حل شونده تغییر نمی کند.

به رابطه‌ی زیر دقت کنید:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

حاصل ضرب  $M \times V$  نشان دهنده مول حل شونده است.  
که ثابت است.

حجم جدید  
غلظت مولار جدید  
غلظت مولار اولیه  
حجم اولیه

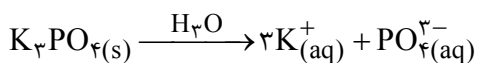
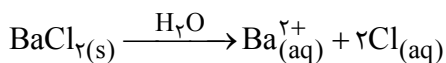
حاصل ضرب  $M \times V$  نشان دهنده مول حل شونده است.

که ثابت است.

**نکته ۸۳:** به ازای حل شدن مول یکسان از دو ترکیب یونی در حجم یکسانی از محلول لزوماً غلظت‌های مولار

محلول‌های حاصل یکسان نخواهد بود و به شمار یون‌ها در ترکیب بستگی دارد.

مثال: در اثر حل کردن ۱ مول باریم کلرید و پتاسیم فسفات، غلظت مولار در محلول  $K_3PO_4$  بالاتر خواهد بود زیرا یون‌های بیشتری در آب آزاد می کند.



**نکته ۸۴:** هرگاه دو یا چند محلول هم جنس با غلظت‌های مولی مشخص را با یکدیگر مخلوط کنیم غلظت مولی

محلول نهایی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$M_{\text{نهایی}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2 + M_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

حجم محلول (۳)  
غلظت مولار محلول (۳)  
حجم محلول (۲)  
غلظت مولار محلول (۲)  
حجم محلول (۱)  
غلظت مولار محلول (۱)

**نکته ۸۵:** دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر)، میلی گرم‌های گلوکز را در دسی لیتر (dL) خون نشان

می دهد.

(هر ۱dL معادل ۱۰۰ میلی لیتر است)

**نکته ۸۶:** برای تبدیل عدد دستگاه گلوکومتر به غلظت مولار از رابطه روبرو استفاده کنید:

عدد دستگاه

$$\frac{\square \times 10^{-2}}{180} = M \text{ مولار}$$

جرم مولی  $C_6H_{12}O_6$  (گلوکز)

**نکته ۸۷:** آمارها نشان می دهد که نزدیک به ۳ درصد جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند.



**نکته ۸۸:** بیماری سنگ کلیه افزون بر زمینه ژن شناختی می‌تواند به دلایلی از قبیل تغذیه نامناسب کم تحرکی، مصرف بیش از اندازه نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیات و نیز اختلالات هورمونی ایجاد شود.

**نکته ۸۹:** اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه تشکیل می‌شوند.

**نکته ۹۰:** در افراد مبتلا به سنگ کلیه: انحلال‌پذیری آن > مقدار نمک کلسیم‌دار محلول در ادرار آن‌ها

در افراد سالم: انحلال‌پذیری نمک کلسیم‌دار < مقدار نمک کلسیم‌دار محلول در ادرار آن‌ها

**نکته ۹۱:** شیمی‌دان‌ها بیشترین مقدار از یک حل‌شونده را در ۱۰۰ گرم حلال و دمای معین، انحلال‌پذیری آن ماده می‌نامند.

در این عبارت واژه بیشترین نشان‌دهنده‌ی رسیدن محلول به حالت سیرشده است.

محلولی که نمی‌تواند حل‌شونده بیشتری در خود حل کند.

**نکته ۹۲:** انواع محلول برحسب مقدار حل‌شونده:

**محلول سیرنشده:** مقدار حل‌شونده کمتر از میزان انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

**محلول سیرشده:** مقدار ماده‌ی حل‌شونده دقیقاً برابر انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

**محلول فراسیر شده:** مقدار حل‌شونده بیش‌تر از انحلال‌پذیری آن ماده در دمای معین است.

**نکته ۹۳:** محلول‌های فراسیرشده برخلاف محلول‌های سیرشده یا سیرنشده ناپایدار هستند.

به طوری که اگر تغییر دمای ناگهانی (کاهش یا افزایش) ایجاد شود یا حل‌شونده‌ی اضافی به محلول اضافی شود و یا ضربه‌ای به محلول وارد شود، مقدار اضافی حل‌شونده در محلول رسوب داده شده و محلول فراسیرشده به محلول سیرشده و رسوب تبدیل می‌شود.

مقدار رسوب حاصل را به صورت زیر محاسبه می‌کنند:

[انحلال‌پذیری حل‌شونده در دمای مورد نظر - مقدار حل‌شونده‌ی موجود در محلول فراسیر شده = گرم رسوب]

**نکته ۹۴:** اگر محلول سیرنشده‌ی در اختیار داشته باشیم مقدار حل‌شونده اضافی برای آن که محلول سیرنشده را به محلول سیرشده تبدیل کنیم از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

مقدار حل‌شونده موجود در محلول سیرنشده - عدد انحلال‌پذیری در دمای مورد نظر = مقدار حل‌شونده‌ی اضافه شده

**نکته ۹۵:** اگر به محلول فراسیرشده‌ای b گرم از حل‌شونده اضافه کنیم، مقدار رسوب از b گرم بیشتر خواهد بود، به عبارت دقیق‌تر مقدار رسوب برابر است با:

$$\underbrace{\quad\quad\quad}_a + \underbrace{\quad\quad\quad}_b$$

گرم حل‌شونده اختلاف عدد انحلال‌پذیری و گرم

اضافه شده حل‌شونده در محلول فراسیرشده

**نکته ۹۶:** برای تشخیص محلول سیرشده، سیرنشده و فراسیرشده، مقدار شخصی از حل‌شونده مثلاً a گرم به محلول مورد نظر اضافه می‌کنیم ۴ اتفاق ممکن است رخ دهد:

(۱) همه حل‌شونده اضافه شده حل شود  $\Leftarrow$  بدین معناست که محلول اولیه سیرنشده بوده است.

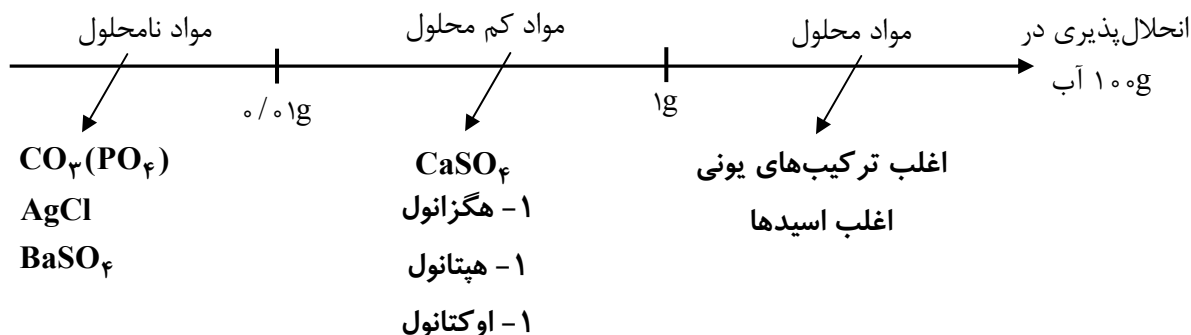
(۲) در اثر اضافه کردن مقداری رسوب (کمتر از a) مشاهده شود  $\Leftarrow$  بدین معناست که محلول اولیه سیرنشده بوده بخشی از a گرم را در خود حل کرده و مابقی را به صورت رسوب پس داده است.

(۳) a گرم رسوب مشاهده شود که در آن صورت محلول اولیه سیر شده بوده است.

(۴) بیش از a گرم رسوب مشاهده شود  $\Leftarrow$  محلول اولیه فراسیر شده بوده است.



**نکته ۹۷:** شیمی دان‌ها مواد حل‌شونده‌ی جامد را بر اساس انحلال‌پذیری در آب در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  به سه دسته محلول، کم محلول و نامحلول تقسیم می‌کنند.



**نکته ۹۸:** ترکیبات یونی که کاتیون آن‌ها  $\text{NH}_4^+$  (آمونیم) یا کاتیون فلزات گروه اول باشد در آب محلول‌اند. مانند  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ،  $\text{KCl}$ ،  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  و .....

**نکته ۹۹:** ترکیباتی که آنیون آن‌ها  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{ClO}_3^-$  باشد در آب محلول هستند. مانند  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ ،  $\text{AgNO}_3$  و .....

**نکته ۱۰۰:** ترکیبات متانول، اتانول، ۱- پروپانول، اتیلن گلیکول و استون به هر نسبت در آب می‌شود یا به عبارت دیگر نمی‌توان از آن‌ها محلول سیرشده‌ای تهیه کرد.

**نکته ۱۰۱:** گاهی اوقات عدد انحلال‌پذیری از ۱۰۰ (جرم آب) بیشتر می‌شود، به عنوان مثال در دمای  $25^{\circ}\text{C}$ ،  $205^{\circ}\text{C}$  گرم شکر در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود در این‌جا از آنجا که جامد است همچنان آب به عنوان حلال در نظر گرفته می‌شود.

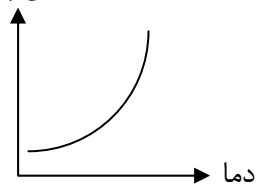
**نکته ۱۰۲:** هنگامی که مخلوطی از اتانول و آب (که هر دو مایع‌اند) داریم، حلال ماده‌ای است که مول بیشتری داشته باشد.

**نکته ۱۰۳:** همانطور که قبلاً گفته شود هر سه رسوب کلسیم فسفات  $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ ، باریم سولفات  $(\text{BaSO}_4)$  و نقره کلرید  $(\text{AgCl})$  سفیدرنگ هستند.

**نکته ۱۰۴:** انحلال‌پذیری نمک‌ها به نوع آن‌ها و دما بستگی دارد.

**نکته ۱۰۵:** انحلال اغلب نمک گرماگیر است و با افزایش دما، انحلال‌پذیری آن‌ها افزایش می‌یابد.

انحلال پذیری

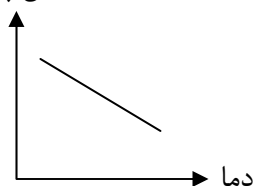


نمودار انحلال این نوع نمک‌ها می‌تواند به صورت مقابل باشد:

**نکته ۱۰۶:** برخی نمک‌ها مانند  $\text{CaCl}_2$  (کلسیم کلرید)،  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  (لیتیم سولفات) گرمازا است و با افزایش دما

انحلال‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد.

انحلال پذیری



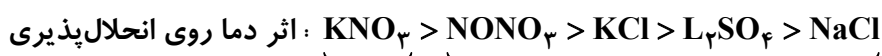
نمودار آنها می‌تواند به صورت رو برو باشد:



**نکته ۱-۷:** نمودارهای انحلال پذیری ترکیبات بر اساس داده‌های تجربی رسم می‌شوند مطابق این نمودارها با افزایش دما، انحلال پذیری اغلب نمک‌ها افزایش می‌یابد.

**نکته ۱-۸:** هرچه شیب نمودار انحلال پذیری بیشتر باشد، دما تأثیر بیش‌تری بر انحلال پذیری ترکیب خواهد داشت.

**نکته ۱-۹:** مقایسه شیب نمودارهای صفحه ۱۰۹ کتاب درسی:



نمودار انحلال پذیری این نمک‌ها نمودار انحلال پذیری  $\text{KNO}_3$

با دما منحنی است. با دما خطی است

**نکته ۱۱-:** برای مقایسه شیب نمودارها باید به اندازه‌ی (بزرگی) شیب توجه کرد نه علامت آن به عنوان مثال شیب نمودار انحلال پذیری  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  منفی و  $\text{NaCl}$  مثبت است اما چون اندازه‌ی شیب نمودار  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  بیش‌تر از  $\text{NaCl}$  می‌باشد، بنابراین تأثیر دما بر انحلال پذیری  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  بیش‌تر است.

مقایسه شیب‌ها

معادله انحلال پذیری  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ :  $S = -0.15\theta + 35$  ، معادله انحلال پذیری  $\text{NaCl}$ :  $S = 0.07\theta + 33$

( $\theta$ : دما و  $S$ : انحلال پذیری)

مقایسه شیب‌ها

**نکته ۱۱۱:** برای بدست آوردن معادله انحلال پذیری از رابطه  $\frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1}$  برای محاسبه شیب استفاده می‌کنیم و معادله

انحلال پذیری به صورت:  $S = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \theta + S_1$

به دست می‌آید. ( $S_1$  انحلال پذیری نمک در دمای  $\theta_1$ ،  $S_2$  انحلال پذیری نمک در دمای  $\theta_2$  می‌باشد).

**نکته ۱۱۲:** معادله‌های انحلال پذیری نمک‌های مطرح در نمودار صفحه ۱۹:

$\text{NaNO}_3$ :  $S = 0.18\theta + 72$        $\text{KCl}$ :  $S = 0.33\theta + 25$

$\text{Li}_2\text{SO}_4$ :  $S = -0.15\theta + 35$        $\text{NaCl}$ :  $S = 0.07\theta + 33$

(عرض از مبدأ تقریبی قرار داده شده است)

**نکته ۱۱۳:** آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گاز در طبیعت یافت می‌شود، وجود و تبدیل این حالت به یکدیگر زندگی را در سیاره‌ی آبی ممکن و دلپذیر ساخته است.

**نکته ۱۱۴:** آب ویژگی‌های گوناگون و شگفت‌انگیزی از جمله توانایی حل کردن اغلب مواد، افزایش حجم هنگام انجماد و داشتن نقطه جوش بالا و غیر مادی و کشش سطحی بالایی نیز دارد.

**نکته ۱۱۵:** از آنجاکه مولکول‌های آب قطبی‌اند، میله‌ای شیشه‌ای که به موی خشک مالش داده شده و دارای بار الکتریکی منفی دارد، می‌تواند مسیر جریان باریکه‌ی آب را منحرف کند.

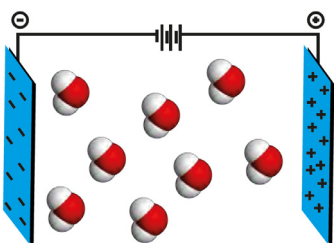
**نکته ۱۱۶:** نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده‌ی مولکول آب نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آن دارد.

**نکته ۱۱۷:** در مولکول آب اتم اکسیژن دارای جزئی بار منفی ( $\delta^-$ ) و اتم‌های هیدروژن دارای جزئی بار مثبت ( $\delta^+$ ) هستند به دلیل همین سرهای مثبت و منفی، مولکول آب قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

**نکته ۱۱۸:** نحوه قرارگیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی بدین صورت

است که سرهای مثبت (اتم‌های هیدروژن) به سمت صفحه منفی میدان و سرهای

منفی (اتم اکسیژن) به سمت صفحه مثبت جهت‌گیری می‌کنند.





**نکته ۱۱۹:** مولکول‌های دو قطبی یا قطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند در حالیکه‌ی مولکول‌های غیرقطبی نظیر  $O_2$ ،  $CO_2$  و متان ( $CH_4$ ) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.



**نکته ۱۲۰:** بین  $F_2$  و  $HCl$  که تقریباً جرم مولی مشابهی دارند. نقطه جوش  $HCl$  بالاتر است زیرا مولکول‌های قطبی‌اند و نیروی بین مولکول‌های آن قوی‌تر است.

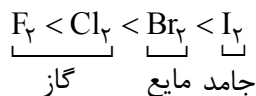
**نکته ۱۲۱:** در مواد مولکولی با جرم مولی مشابه ماده با مولکول‌های قطبی نقطه جوش بالاتری دارد.

**نکته ۱۲۲:** بین گازهای  $N_2$  و  $CO$  که جرم مولی برابر دارند، مولکول  $CO$  قطبی و  $N_2$  غیر قطبی است بنابراین مولکول  $CO$  به دلیل داشتن نیروهای بین مولکولی قوی‌تر، آسان‌تر و در دمای بالاتر به مایع تبدیل می‌شود.

**نکته ۱۲۳:** بین دو گاز هر کدام که نیروهای بین مولکولی قوی‌تری داشته باشد آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

**نکته ۱۲۴:** نقطه جوش همان نقطه میعان و نقطه ذوب هم نقطه انجماد است. به همین دلیل هرچه یک گاز نقطه جوش بالاتری داشته باشد بدین معناست که نقطه میعان بالاتری نیز دارد.

**نکته ۱۲۵:** بین مولکول‌های دو اتمی هالوژن‌ها از بالا به پایین (در جدول تناوبی) نقطه جوش نیروهای بین مولکولی افزایش می‌یابد.



**نکته ۱۲۶:** مولکول‌های هالوژن‌ها غیر قطبی‌اند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

**نکته ۱۲۷:** نقطه جوش  $F_2$ ،  $Cl_2$ ،  $Br_2$  و  $I_2$  به ترتیب برابر است با  $-۱۸۸^\circ C$ ،  $-۳۴/۴$ ،  $+۵۸/۸$  و  $+۱۸۴/۴$  می‌باشد.

**نکته ۱۲۸:** با وجود آنکه  $I_2$  غیر قطبی است نقطه جوش آن از آب بالاتر است. زیرا جرم مولی آن خیلی از آب بیشتر است.

**نکته ۱۲۹:** در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، دمای جوش افزایش می‌یابد.

**نکته ۱۳۰:** به برهم کنش‌های میان مولکول‌های سازنده‌ی یک ماده، نیروهای بین مولکولی می‌گویند.

**نکته ۱۳۱:** نیروهایی که ذره‌های سازنده‌ی گاز به یکدیگر وارد می‌کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد جامد یا مایع را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد نیروهای بین مولکولی نام دارد.

**نکته ۱۳۲:** به جز پیوندهای هیدروژنی به نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروهای وان‌دروالسی می‌گویند.

**نکته ۱۳۳:** گازها دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش هستند. اما در مایع برهم‌کنش مولکول‌ها بیشتر است و در جامدها برهم‌کنش میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد.

**نکته ۱۳۴:** در شرایط یکسان، نیروهای بین مولکولی در حالت جامد قوی‌تر از حالت مایع و آن هم به مراتب قوی‌تر از گاز است.

**نکته ۱۳۵:** نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند.

**نکته ۱۳۶:** نیروهای بین مولکولی به طور عمده به میزان قطبی بودن مولکول‌ها و جرم آن‌ها وابسته است.



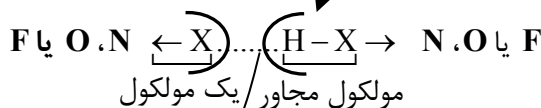
**نکات جدول ۲ صفحه ۱۱۳ کتاب درسی:**

**نکته ۱۳۷:** با وجود آنکه  $H_2O$  و  $H_2S$  هر دو ترکیب قطبی‌اند و جرم مولی  $H_2S$  نیز از آب بیشتر است اما به دلیل وجود پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب، نیروهای بین مولکولی در آب قوی‌تر و نقطه جوش آن بالاتر است.

**نکته ۱۳۸:** نقطه جوش آب  $100^\circ C$  و در دمای  $25^\circ C$  به صورت مایع است در حالیکه نقطه جوش هیدروژن سولفید  $60^\circ C-$  و در دمای  $25^\circ C$  به صورت گاز است.

**نکته ۱۳۹:** اختلاف نقطه جوش  $160^\circ C$  بین  $H_2O$  و  $H_2S$  با وجود آنکه جرم مولی آب نزدیک به نصف جرم مولی هیدروژن سولفید است نشان می‌دهد، نیروی جاذبه‌ی بین مولکول‌های آب از آنچه انتظار می‌رود قوی‌تر است.

**نکته ۱۴۰:** در هر مولکولی که پیوندهای کووالانسی  $O-H$ ،  $N-H$  یا  $H-F$  موجود باشد آن مولکول از سر  $O$ ،  $N$  یا  $F$  خود با  $H$  متصل به  $O$ ،  $N$  یا  $F$  مولکول دیگر پیوند هیدروژنی (قوی‌ترین نیروی جاذبه بین مولکولی) برقرار می‌کند. در این نوع نیروی جاذبه بین مولکولی اتم  $H$  مانند یک پل عمل می‌کند از طرفی با پیوند کووالانسی به اتم‌های  $O$ ،  $N$  یا  $F$  متصل است و از سر دیگر با  $O$ ،  $N$  و  $F$  با پیوند هیدروژنی متصل که به صورت زیر نمایش می‌دهند:



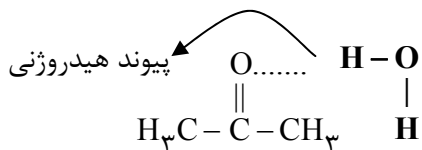
← جاذبه بین مولکولی (پیوند هیدروژنی)

**نکته ۱۴۱:** باید بدانید که پیوند کووالانسی به مراتب قوی‌تر از پیوند هیدروژنی است، پیوند هیدروژنی در بین نیروهای بین مولکولی از همه قوی‌تر است، به مقایسه روبه‌رو توجه کنید:

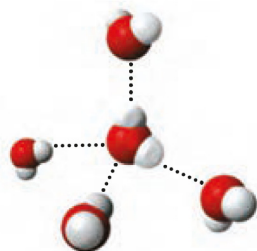
وان‌دروالسی > پیوند هیدروژنی > پیوند کووالانسی

نیروهای بین مولکولی      پیوند بین اتم‌ها

**نکته ۱۴۲:** ممکن است که بین مولکول‌های یک ماده پیوند هیدروژنی موجود نباشد، ولی آن ماده با آب بتواند پیوند هیدروژنی بدهد. به عنوان مثال استون. بین مولکول‌های استون پیوند هیدروژنی وجود ندارد زیرا پیوندهای کووالانسی  $O-H$ ،  $N-H$  یا  $H-F$  در ساختار آن موجود نیست در عوض بین مولکول‌های استون در آب می‌تواند پیوند هیدروژنی از سر اتم اکسیژن گروه کربونیل و هیدروژن مولکول آب برقرار شود.



**نکته ۱۴۳:** هر مولکول آب در حالت مایع می‌تواند با ۴ مولکول آب دیگر پیوند هیدروژنی برقرار کند.





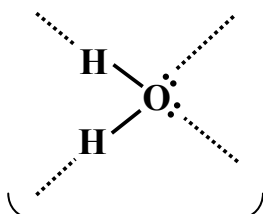
**نکته ۱۴۴:** در مورد ۳ ترکیب HF، NH<sub>3</sub> و H<sub>2</sub>O که دارای پیوند هیدروژنی هستند به مطالب زیر توجه فرمایید:

(۱) ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی:  $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$

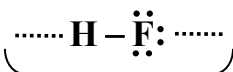
(۲) ترتیب نقطه جوش:  $\text{H}_2\text{O} > \text{HF} > \text{NH}_3$

همانطور که ملاحظه می کنید به دلیل آنکه تعداد پیوند هیدروژنی بین مولکول های آب بیشتر است با وجود آنکه قدرت پیوند هیدروژنی کمتر است ولی نقطه جوش بالاتری دارد.

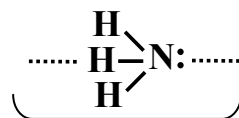
**نکته ۱۴۵:** برای تعداد پیوند هیدروژنی در HF، NH<sub>3</sub> و H<sub>2</sub>O:



حداکثر ۴ پیوند هیدروژنی



حداکثر ۲ پیوند هیدروژنی



حداکثر ۲ پیوند هیدروژنی

**نکته ۱۴۶:** جهت گیری مولکول قطبی یک ماده در میدان الکتریکی مبنای اندازه گیری کمیتی به نام گشتاور دو قطبی است.

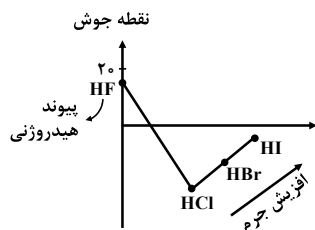
**نکته ۱۴۷:** گشتاور دو قطبی با افزایش قطبیت مولکول ها افزایش می یابد.

**نکته ۱۴۸:** گشتاور دو قطبی مولکول های غیر قطبی (تقریباً) برابر صفر است.

**نکته ۱۴۹:** گشتاور دو قطبی (μ) مولکول ها را با یکایی دمای (D) گزارش می کنند.

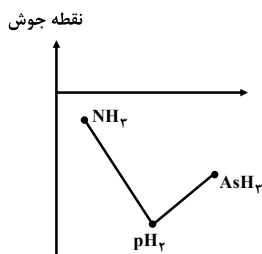
**نکته ۱۵۰:** به دلیل وجود پیوند هیدروژنی بین مولکول های آب گشتاور دو قطبی آن (که برابر ۱/۸۵D است) در حدود دو برابر گشتاور دو قطبی هیدروژن سولفید (با عدد ۰/۹۷۵D) است.

**نکته ۱۵۱:** مقایسه نقطه جوش بین ترکیبات هیدروژن دار گروه ۱۷: HF از سه ترکیب دیگر نقطه جوش بالاتری دارد زیرا بین مولکول های آن پیوند هیدروژنی وجود دارد، از بین سه ترکیب دیگر نقطه جوش HI از دو ترکیب HCl و HBr بالاتر است زیرا هر سه ترکیب هایی قطبی هستند و جرم HI بالاتر است به نمودار زیر توجه کنید.



**نکته ۱۵۲:** HF در دمای اتاق (دمای ۲۵°C) به صورت گازی و در شرایط STP (دمای ۰°C) به صورت مایع است.

**نکته ۱۵۳:** در میان ترکیبات هیدروژن دار گروه ۱۵ آمونیاک از دو ترکیب دیگر (PH<sub>3</sub> و AsH<sub>3</sub>) نقطه جوش بالاتری دارد زیرا بین مولکول های آمونیاک پیوند هیدروژنی وجود دارد، بین AsH<sub>3</sub> و PH<sub>3</sub> نقطه جوش AsH<sub>3</sub> از PH<sub>3</sub> بالاتر است زیرا جرم مولی بالاتری دارد. به نمودار زیر توجه کنید.

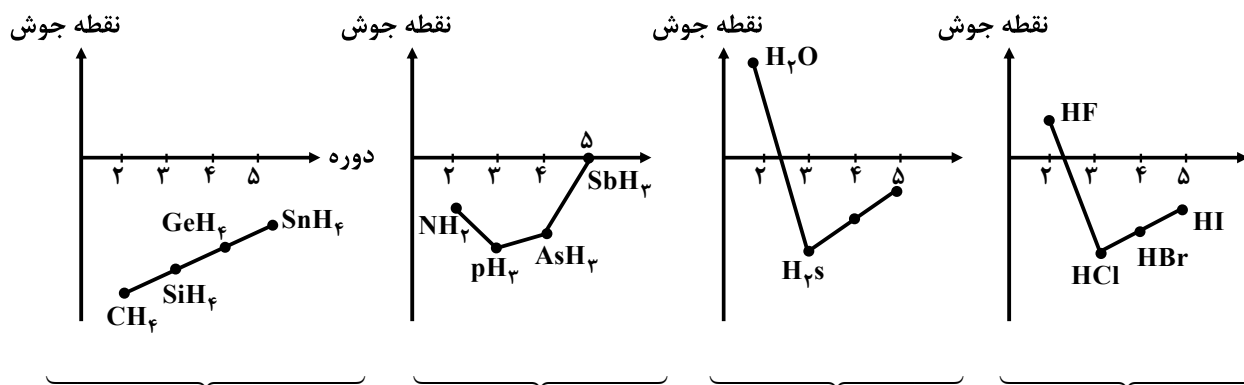


توجه کنید که هر سه ترکیب در دمای اتاق و شرایط STP به صورت گازند.





**نکته ۱۵۴:** به طور کلی مقایسه نقطه جوش ترکیبات هیدروژن دار گروه‌های ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ به صورت زیر است:



HF به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی بالاترین نقطه جوش را دارد.  $H_2O$  به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی بالاترین نقطه جوش را دارد.  $SbH_3$  به دلیل جرم مولی بیشتر حتی از  $NH_3$  که دارای پیوند هیدروژنی است نقطه جوش بالاتری دارد. با افزایش جرم مولی نقطه جوش افزایش می‌یابد و در هیچ یک پیوند هیدروژنی وجود ندارد.

**نکته ۱۵۵:**

از بین ترکیبات هیدروژن دار گروه ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷:

• بین مولکول‌های HF،  $H_2O$  و  $NH_3$  پیوند هیدروژنی وجود دارد.

• ترکیبات هیدروژن دار گروه ۱۴ غیر قطبی‌اند و بین مولکول‌های آنها جاذبه وان دروالسی (از نوع دو قطبی القائی - دو قطبی القائی) وجود دارد.

• ترکیبات هیدروژن دار گروه‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷ قطبی‌اند و بجز  $H_2O$ ، HF و  $NH_3$  بین سایر آنها جاذبه وان دروالسی (از نوع دو قطبی - دو قطبی) وجود دارد.

**نکته ۱۵۶:** اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند.

**نکته ۱۵۷:** اتانول و استون ساختار لوویس به صورت مقابل دارند.



**نکته ۱۵۸:** نقطه جوش اتانول ( $78^\circ\text{C}$ ) از نقطه جوش استون ( $56^\circ\text{C}$ ) بالاتر است زیرا بین مولکول‌های اتانول، پیوند هیدروژنی وجود دارد، در حالیکه بین مولکول‌های قطبی استون پیوند هیدروژنی وجود ندارد و جاذبه بین مولکول‌ها از نوع وان دروالسی است.

**نکته ۱۵۹:** استون با وجود جرم مولی بیشتر نسبت به اتانول، نقطه جوش پایین‌تری دارد.

پیوندهای هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

**نکته ۱۶۰:** مولکول‌های  $H_2O$  بخار جدا از هم هستند، گوئی پیوندهای هیدروژنی میان آنها وجود ندارد. در این حالت مولکول‌های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند.



- نکته ۱۷۱:** در آب مایع با اینکه مولکول‌ها، پیوندهای هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند.
- نکته ۱۷۲:** بر خلاف آب، ساختار یخ منظم است، در یخ مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند. در واقع در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و با دو اتم هیدروژن مولکول‌های اطراف با پیوند هیدروژنی متصل است.
- نکته ۱۷۳:** در ساختار یخ، مولکول‌ها با یکدیگر تشکیل ساختارهای شش ضلعی منظم می‌دهند. که شبکه سه بعدی بزرگی مانند شانه عسل با فضای خالی پدید می‌آید. در این ساختار، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش ضلعی قرار دارند و با تشکیل دو پیوند کووالانسی به دو اتم H و در پیوند هیدروژنی به دو اتم H مولکول‌های مجاور متصل می‌شوند.
- نکته ۱۷۴:** شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف از وجود این حلقه‌های شش ضلعی است.
- نکته ۱۷۵:** مقایسه تعداد پیوندهای هیدروژنی در مولکول‌های آب:

### بخار آب > آب مایع > یخ

- نکته ۱۷۶:** شبکه بلوری یخ با داشتن فضاهای خالی منظم در سه بعد گسترش یافته است و ساختار باز دارد.
- نکته ۱۷۷:** حجم آب هنگام یخ زدن افزایش می‌یابد و باعث می‌شود دیوارهٔ یاخته‌ها در بافت کلم بر اثر یخ زدن تخریب شوند.
- نکته ۱۷۸:** از آنجا که حجم آب به هنگام انجماد افزایش می‌یابد ولی جرم آن ثابت است در نتیجه چگالی یخ از آب کمتر است و روی آب شناور می‌ماند.

### آب و دیگر حلال‌ها

- نکته ۱۷۹:** آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی را در خود حل کند.
- نکته ۱۷۰:** به محلول‌هایی که آب به عنوان حلال آنها باشد، حلال آبی، و به محلول‌هایی که حلال آنها آلی است، محلول‌های غیر آبی می‌گویند.
- نکته ۱۷۱:** محلول سبز رنگ بنزین خودرو که مخلوطی از هیدروکربن‌ها بین ۵ تا ۱۲ اتم کربن است را محلول غیر آبی می‌گویند.



ب) محلول ید در هگزان

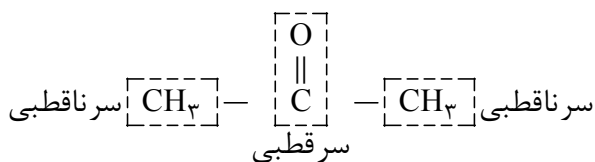


آ) بنزین خودرو

- نکته ۱۷۲:** محلول ید ( $I_2$  که یک ترکیب غیر قطبی است) در هگزان (حلال آلی غیر قطبی) را محلول غیر آبی می‌گویند که رنگ بنفش هم دارد.
- نکته ۱۷۳:** اتانول با فرمول  $C_2H_6O$  و گشتاور دو قطبی مثبت به عنوان حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد.
- نکته ۱۷۴:** استون با فرمول  $C_3H_6O$  و گشتاور دو قطبی مثبت به عنوان حلال چربی، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها کاربرد دارد.



**نکته ۱۷۵:** در مورد استون توجه کنید که در عین حال که به هر نسبت در آب حل می‌شود، حلال چربی نیز هست که این به دلیل داشتن سرهای قطبی و ناقطبی مولکول استون است.



**نکته ۱۷۶:** هگزان با فرمول  $C_6H_{14}$  با گشتاور دو قطبی تقریباً صفر، حلال مواد ناقطبی و رقیق کننده رنگ (تینر) است.

**نکته ۱۷۷:** گشتاور دو قطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است.

**نکته ۱۷۸:** برای مخلوط کردن همگن (محلول) بودن همزمان دو شرط لازم است.

۱- حالت فیزیکی  
۲- ترکیب شیمیایی یکسان در سرتاسر مخلوط فاصله داشته باشد به عنوان مثال مخلوط آب و یخ با اینکه در سرتاسر مخلوط ترکیب شیمیایی یکسان وارد ولی بدلیل یکسان نبودن حالت فیزیکی مخلوط ناهمگن محسوب می‌شود.

همچنین مخلوط آب و هگزان با اینکه در سرتاسر مخلوط به صورت مایع است ولی به دلیل یکسان نبودن ترکیب شیمیایی مخلوط ناهمگن محسوب می‌شود.



(ب) آب و هگزان



(آ) آب و یخ

**نکته ۱۷۹:** اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند. محلول‌هایی که بیشتر واکنش‌های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در آنها انجام می‌شود.

**نکته ۱۸۰:** بخش عمده جرم بدن را، آب تشکیل می‌دهد، بیش از نیمی از این آب در درون یاخته‌ها و باقی آن در مایع‌های برون سلولی جریان دارد.

**نکته ۱۸۱:** مایع برون سلولی، مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول‌ها و دستگاه گردش خون، جابه‌جا می‌کند.

**نکته ۱۸۲:** هر فرد بالغ روزانه به طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌لیتر آب به صورت ادرار، تعریق پوستی،

(۱) (۲)

(۳)

بخار آب دریا زدم از دست می‌دهد اگر این مقدار آب با خوردن مواد غذایی، میوه‌ها و نوشیدنی‌ها جبران نشود بدن دچار کم آبی می‌شود.

**نکته ۱۸۳:** آب با حل کردن مواد زائد تولید شده در سلول‌ها و دفع آنها نقش کلیدی در حفظ سلامت بدن دارد.

**نکته ۱۸۴:** با افزودن استون به آب یا اندکی ید به هگزان، مخلوط همگن تشکیل می‌شود.

**نکته ۱۸۵:** شبیه، شبیه را حل می‌کند، به عبارت دیگر مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند. موادی که دارای پیوند هیدروژنی‌اند در حلال‌های دارای پیوند هیدروژنی حل می‌شوند مثال اتانول در آب



**نکته ۱۸۶:** فرآیند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

میانگین جاذبه‌ها در **حلال خالص و حل شونده‌ی خالص** > جاذبه‌های حل شونده با حلال در محلول

**نکته ۱۸۷:** در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان **ناچیزی** در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم پوشی است.

**نکته ۱۸۸:** زمانی که اتانول در آب حل می‌شود **پیوند هیدروژنی جدیدی** بین مولکول‌های **اتانول و آب** به وجود می‌آید.

میزان این نیروی تشکیل شده بین **آب و اتانول** (حلال و حل شونده) به اندازه‌ی است که بر **پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول غلبه کرده** و منجر به **انحلال اتانول در آب** و تشکیل محلول همگن می‌شود.

**نکته ۱۸۹:** مقایسه قدرت پیوند هیدروژنی:

اتانول - آب < آب - آب < اتانول و اتانول

**نکته ۱۹۰:** انحلال اتانول در آب **یک انحلال مولکولی** است زیرا در اثر انحلال، مولکول‌های حل شونده **ماهیت خود را حفظ کرده** و دچار تغییر شکل نمی‌شوند.

**نکته ۱۹۱:** انحلال ید در هگزان، استون در آب، انحلال‌های **مولکولی** است.

**تفکیک یونی در فرآیند انحلال:**

**نکته ۱۹۲:** در انحلال **یونی**، ماده حل شونده **ویژگی ساختاری** خود را حفظ نکرده و یون‌های سازنده شبکه بلور یونی **تفکیک و آبپوشیده** می‌شوند.

**نکته ۱۹۳:** سدیم کلرید یک ترکیب یونی با بلورهای **مکعبی** است که در آن یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  با آرایش منظم در سه بعد جای گرفته‌اند.

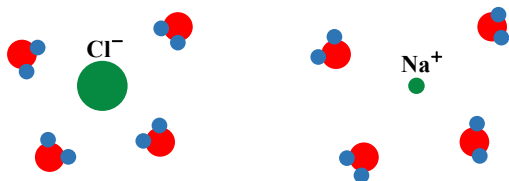
**نکته ۱۹۴:** هنگامی که بلور کوچکی از این ماده جامد در آب وارد می‌شود، **مولکول‌های قطبی آب** از **سره‌های مخالف** به یون‌های بیرونی بلور نزدیک شده نیروی جاذبه **یون - دو قطبی** میان آنها برقرار می‌شود.

**نکته ۱۹۵:** جاذبه یون - دو قطبی باعث جدا شدن **یون‌ها از شبکه** شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده شوند.

این یون‌ها **آبپوشیده** در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد به طوری که محلول آب نمک را می‌توان **محلولی محتوی یون‌های  $\text{Na}^+(\text{aq})$  و  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  دانست**.

**نکته ۱۹۶:** تشکیل یون‌های آبپوشیده به صورت زیر است:

مولکول آب از سر هیدروژن اطراف  $\text{Cl}^-$  و از سر اکسیژن اطراف  $\text{Na}^+$  قرار می‌گیرند.



**نکته ۱۹۷:** نیروی **یون - دو قطبی** از نیروهای بین مولکولی (**هیدروژنی و وان‌دروالسی**) **قوی‌تر**، اما از پیوندها (**کووالانسی و یونی**) ضعیف‌تر است.

نیروی وان‌دروالسی > هیدروژنی > جاذبه یون - دو قطبی



**نکته ۱۹۸:** اگر یک ترکیب یونی در آب حل شود می توان نتیجه گیری کرد که:

**میانگین قدرت پیوند در جامد یونی و پیوندهای هیدروژنی در آب > نیروی جاذبه یون - دو قطبی**

به عنوان مثال  $MgSO_4$  (منیزیم سولفات) در آب محلول است در نتیجه:

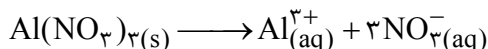
**میانگین قدرت پیوند یونی در  $MgSO_4$  و پیوندهای هیدروژنی در آب > نیروی جاذبه یون - دو قطبی**

$BaSO_4$  در آب نامحلول است در نتیجه:

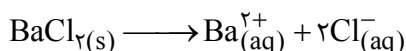
**میانگین قدرت پیوند یونی در  $BaSO_4$  و پیوندهای هیدروژنی آب < نیروی جاذبه یون - دو قطبی**

**نکته ۱۹۹:** در اثر حل شدن هر ترکیب یونی، یون ها از هم تفکیک شده و معادله انحلال را به صورت زیر می نویسند:

انحلال آلومینیوم نیترات ( $Al(NO_3)_3(s)$ )



انحلال باریم کلرید ( $BaCl_2(s)$ )



**نکته ۲۰۰:** برای هر محلولی که حاصل ضرب غلظت مولار در تعداد یون های حاصل از انحلال عدد بزرگ تری باشد. در

نتیجه انحلال آن غلظت مولار یون های آن بالاتر است.

[تعداد یون های حاصل  $\times$  غلظت مولار]

**نکته ۲۰۱:** همه جانداران از جمله ماهی ها برای زنده ماندن به اکسیژن ( $O_2$ ) نیازمندند.

**نکته ۲۰۲:** ماهی ها با عبور دادن آب از درون آبشش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می کند.

**نکته ۲۰۳:** با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی (در دمای  $20^\circ C$  و فشار  $1 atm$  در حدود  $0.005$  / گرم در  $100$

گرم آب) در آب حل می شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد.

**نکته ۲۰۴:** با توجه به بازه اعداد ترکیبات محلول، کم محلول و نامحلول، گاز  $O_2$  ترکیبی نامحلول در آب است زیرا

انحلال پذیری آن کمتر از  $0.01$  / گرم در  $100$  گرم آب است.

**کاوش کنید صفحه ۱۲۱:**

**نکته ۲۰۵:** با وارد کردن قرص جوشان به داخل آب، یک واکنش شیمیایی انجام شده که باعث تولید گاز  $CO_2$

می شود.

**نکته ۲۰۶:** در طی یک آزمایش با حل کردن قرص جوشان در آب گرم و سرد به صورت جداگانه، در خواهیم یافت

که مقدار گاز  $CO_2$  جمع آوری شده از آزمایش مربوط به آب گرم، بیشتر از آب سرد است.

مقدار  $CO_2$  تولیدی در واکنش قرص جوشان با آب سرد > مقدار  $CO_2$  تولیدی در واکنش قرص جوشان با آب گرم

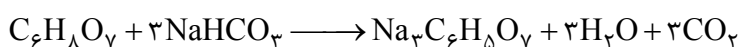
**نکته ۲۰۷:** با افزایش دما انحلال پذیری گازها (از جمله  $CO_2$ ) کاهش می یابد، به همین دلیل مقدار گاز  $CO_2$  بیشتری

از واکنش قرص جوشان با آب گرم تولید می شود.

**نکته ۲۰۸ (فراتر از کتاب):** اجزای اصلی سازنده ی قرص جوشان می توان به سیتریک اسید ( $C_6H_8O_7$ ) و سدیم

هیدروژن کربنات یا جوش شیرین ( $NaHCO_3$ ) اشاره کرد. هنگامی که قرص جوشان در آب حل می شوند در واقع این

دو ماده با هم واکنش می دهند:





**نکته مهم:** به دو دلیل مرتبط زیر مقدار نمک موجود در آب دریا روی انحلال پذیری گازها تأثیر گذاشته و باعث کاهش انحلال پذیری گازها می شود.

دلیل ۱: انحلال پذیری نمکها در آب بیش از گازهاست.

دلیل ۲: با حل کردن نمک در آب توانایی آب برای حل کردن مادهی دیگر از جمله گازها کاهش می یابد.

به عنوان مثال انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی بیشتر از آب دریا (که دارای انواع نمکهاست) است.

**نکته ۴-۹:** انحلال پذیری گازها در آب به سه عامل: نوع گاز، فشار گاز و دمای گاز بستگی دارد.

**نکته ۳۱-:** بین سه گاز  $N_2$ ،  $O_2$  و  $NO$ ، انحلال پذیری  $NO$  از هر سه بیشتر و  $N_2$  از همه کمتر است.

مقایسه انحلال پذیری:

$$\underbrace{NO}_{\text{قطبی}} > \underbrace{O_2}_{\text{غیر طبیعی}} > \underbrace{N_2}_{\text{غیر طبیعی}}$$

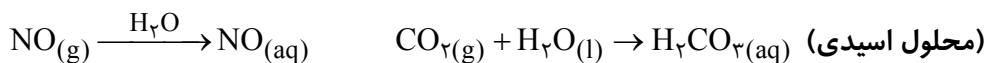
بین  $N_2$  و  $O_2$  از آنجاکه جرم مولی  $O_2$  بالاتر است نیروی بین مولکولی قوی دارد و بهتر در آب حل می شود. ← به دلیل قطبی بودن نیروهای بین مولکولی قوی تری دارد و بهتر در آب حل می شود.

**نکته ۳۱۱:** انحلال پذیری هر سه گاز  $N_2$ ،  $O_2$  و  $NO$  در دمای  $20^\circ C$  و فشار  $1 \text{ atm}$  کمتر از  $1/10$  گرم در  $100$  گرم آب است پس هر سه نامحلول هستند (حتی  $NO$  که مولکولهای قطبی دارد)

**نکته ۳۱۲:** انحلال  $NO$  (همان مقدار کمی که حل می شود) انحلال مولکولی است و مانند بسیاری از سایر اکسیدهای نافلزی مانند  $N_2O_5$ ،  $SO_3$ ، ... در آب به یون تبدیل نمی شود.

**نکته ۳۱۳:** انحلال پذیری  $CO_2$  در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، از  $NO$  بیشتر است که احتمالاً به دلایل زیر است.

(۱) واکنش  $CO_2$  با آب واکنش شیمیایی است در صورتیکه انحلال  $NO$  صرفاً مولکولی است.



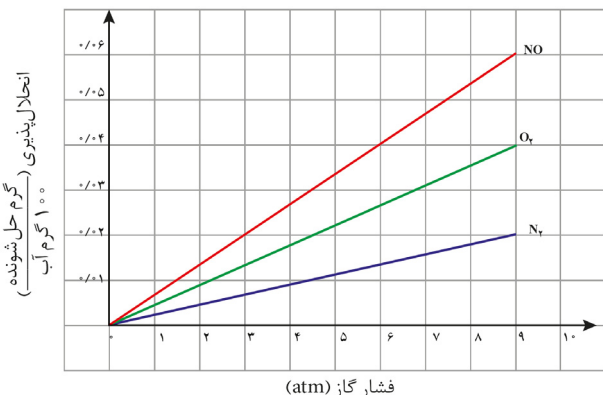
**نکته ۳۱۴:** بر اساس قانون هنری، در دمای ثابت با افزایش فشار بر روی سطح یک محلول، میزان انحلال پذیری گاز افزایش می یابد.

**نکته ۳۱۵:** در قانون هنری انحلال پذیری گازها از رابطه  $S = k \times P$  پیروی می کند. ↑ فشار گاز  
↓ ثابت هنری  
↓ انحلال پذیری گاز

طبق این قانون: با افزایش فشار انحلال پذیری با شیب ثابت (به صورت خطی) افزایش می یابد و عرض از مبدأ هم صفر است.



**نکته ۲۱۷:** با توجه به جدول زیر، از آنجا که شیب نمودار انحلال پذیری NO از  $N_2$  و  $O_2$  بیشتر است. اولاً انحلال پذیری NO در تمام فشارها بیش از  $N_2$  و  $O_2$  است. **ثانیاً:** تأثیر افزایش فشار روی انحلال پذیری NO از دو گاز دیگر بیشتر است.



**نکته ۲۱۷:**  $n$  با برابر کردن فشار یک گاز انحلال پذیری آن  $n$  برابر می شود (زیرا نمودار انحلال پذیری بر حسب فشار خطی است)

**نکته ۲۱۸:** شیب نمودار (انحلال پذیری - فشار) ( $k$  در رابطه  $S = kP$ ) به نوع گاز و دما بستگی دارد.

**نکته ۲۱۹:** با افزایش دما انحلال پذیری گازها کاهش می یابد برای توضیح دلیل این کاهش به ۲ مورد زیر می توان اشاره کرد:

(۱) انحلال گازها گرم از است، در نتیجه با افزایش دما، انحلال پذیری گازها کاهش می یابد.

(۲) با افزایش دما جنبش مولکول های گاز افزایش یافته و از محلول خارج می شوند.

**نکته ۲۲۰:** رابطه انحلال پذیری گازها با دما بر خلاف فشار، غیر خطی است، یعنی نمی توان ادعا کرد که با  $n$  برابر کردن دما، انحلال پذیری گاز  $\frac{1}{n}$  می شود فقط می توان ادعا کرد کاهش می یابد.

**نکته ۲۲۱:** هر چه شیب منحنی (انحلال پذیری - دما) بیشتر باشد، تأثیر دما بر کاهش انحلال پذیری افزایش می یابد.

**نکته ۲۲۲:** فلزها و گرافیت (به عنوان یک نافلز) [مغز مداد] رسانای جریان برق هستند.

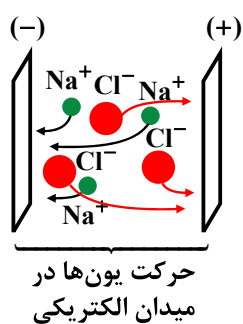
**نکته ۲۲۳:** دو مدل رسانایی داریم، رسانایی الکترونی که به وسیله الکترون ها (درون فلزات یا گرافیت) انجام می شود و رسانایی یونی که بوسیله یون ها درون محلول های آبی یا نمک های مذاب انجام می شود.

**نکته ۲۲۴:** رسانایی بوسیله یون ها هنگامی انجام می شود که یون ها بتوانند از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا شوند زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه جا خواهند شد.

**نکته ۲۲۵:** ترکیبات یونی در حالت محلول یا مذاب رسانای جریان برق اند زیرا یون ها حرکت آزادانه دارند اما در حالت جامد به دلیل عدم جابه جایی یون ها رسانای یونی نیستند. به عنوان مثال محلول سدیم کلرید در آب ( $NaCl(aq)$ ) و یا سدیم کلرید مذاب ( $NaCl(l)$ ) رسانای جریان برق است ولی در حالت جامد، نارسا است.

**نکته ۲۲۶:** در محلول آبی سدیم کلرید یا نمک مذاب سدیم کلرید، یون های  $Na^+$  و  $Cl^-$

وجود دارند، هنگامی که این یون ها در میدان الکتریکی قرار می گیرند، یون های  $Na^+$  به سمت قطب منفی و یون های  $Cl^-$  به سمت قطب مثبت حرکت می کنند در نتیجه با جابه جایی این یون ها در واقع بار الکتریکی جابه جا می شود و این امر باعث رسانایی الکتریکی محلول و مذاب  $NaCl$  می شود به شکل زیر توجه نمائید.





**نکته ۲۲۷:** دقت کنید که مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند در حالیکه یون‌ها در میدان الکتریکی حرکت می‌کنند.

**نکته ۲۲۸:** به موادی مانند  $\text{NaCl}_{(s)}$  الکترولیت و به  $\text{NaCl}_{(aq)}$  محلول الکترولیت می‌گویند.

**نکته ۲۲۹:** بین سه محلول پتاسیم هیدروکسید، هیدروفلوئوریک‌اسید و اتانول با مولار یکسان و در دمای یکسان (مثلاً  $0.1$  مولار در دمای  $25^\circ\text{C}$ ) رسانایی محلول پتاسیم هیدروکسید از همه بیشتر و محلول اتانول نارساناست. در نتیجه با توجه به شکل زیر لامپ در محلول  $\text{KOH}$  کاملاً روشن در محلول  $\text{HF}$  نیمه روشن و در محلول اتانول خاموش است.



$\text{HF}_{(aq)}$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$

$\text{KOH}_{(aq)}$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(aq)}$   
 $0.1 \text{ molL}^{-1}$   
 $(25^\circ\text{C})$

**نکته ۲۳۰:** انواع مواد با توجه به نوع حل شدن

- الکترولیت**
- ۱- الکترولیت قوی ← در اثر حل شدن به طور کامل به یون تبدیل می‌شود.
  - ۲- الکترولیت ضعیف ← در اثر حل شدن به طور جزئی به یون تبدیل می‌شود.

۳- غیرالکترولیت ← کاملاً مولکولی حل می‌شود.

**نکته ۲۳۱:** الکترولیت‌های قوی خود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- اسیدهای قوی:  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_3$

۲- بازهای قوی: هیدروکسید فلزات گروه ۱ و ۲ (بجز  $\text{Mg}$  و  $\text{Be}$ ):

$\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{CsOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$

۳- بسیاری از نمک‌ها مانند  $\text{NaCl}$  و  $\text{KNO}_3$  و ...

**نکته ۲۳۲:** الکترولیت‌های ضعیف

۱- اسیدهای ضعیف: هر اسیدی که جزو اسیدهای قوی نباشد ضعیف است.

۲- بازهای ضعیف: هر بازی که جزو بازهای قوی نباشد ضعیف است.

به عنوان مثال آلکانوئیک‌اسیدها (اسیدهای آلی) و آمین‌ها (بازهای آلی) الکترولیت ضعیف‌اند.

۳- بسیاری از نمک‌ها می‌توانند جزو الکترولیت‌های ضعیف باشند.

**توجه:** بررسی الکترولیت یا غیر الکترولیت بودن نمک‌ها در کتاب‌های درسی مطرح نشده است]

**نکته ۲۳۳:** غیرالکترولیت

اغلب ترکیبات آلی محلول در آب (بجز اسیدها و بازهای آلی) غیر الکترولیت‌اند یعنی به صورت مولکولی حل می‌شوند. به عنوان مثال اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )، استون ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )، شکر ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )، اتیلن گلیکول ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ )، گلوکز ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) غیر الکترولیت بوده و هنگام انحلال به صورت مولکولی حل می‌شود و یون تولید نمی‌کنند.





**نکته ۲۳۴:** رسانایی الکتریکی محلول‌ها به شمار یون‌ها آنها بستگی دارد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

درصد یونش  $\times$  تعداد یون‌های حاصل از حل شدن ماده اولیه  $\times$  حجم محلول  $\times$  غلظت مولار ترکیب اولیه = شمار یون‌ها  
در مورد اسیدها و بازهای ضعیف کاربرد دارد

**نکته ۲۳۵:** برای آنکه محلولی رسانای خوب جریان برق باشد تنها الکترولیت بودن کافی نیست بلکه باید مقدار یون‌ها نیز کافی باشد.

**نکته ۲۳۶:** ترکیبات  $\text{AgCl}$ ،  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  و  $\text{BaSO}_4$  الکترولیت قوی هستند اما به دلیل نامحلول بودن در آب، رسانای جریان برق نمی‌باشند.

پیوند با زندگی:

**نکته ۲۳۷:** بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نکردنی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکت ما را کنترل می‌کنند. این هنگام رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود، محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگون مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و ... است.

**نکته ۲۳۸:** پس از انجام فعالیت بدنی سنگین احساس خستگی ناشی از کاهش چشمگیر یونها در الکترولیت‌های بدن است. از این رو نوشیدن مایع‌هایی حاوی این یونها بعد از ورزش به ورزشکاران توصیه می‌شود.

**نکته ۲۳۹:** یکی از مهم‌ترین یون‌ها در الکترولیت‌های بدن یون پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) است، در مورد این یون به نکات زیر توجه کنید.

۱- نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است.

۲- کمبود آن به ندرت احساس می‌شود زیرا بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند.

۳- وجود یون پتاسیم ( $\text{K}^+$ ) برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است.

۴- انتقال پیام‌های عصبی بدون وجود این یون امکان‌پذیر نیست.

۵- اختلال در حرکت این یون، مانع از انتقال پیام‌های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود.

جالب است که بدانید: مارهای سیاه با تزریق کانال‌های پتاسیم را در سلول‌های عصبی مسدود می‌کند و شکار خود را از پای در می‌آورند.

**نکته ۲۴۰:** هر فرد روزانه ۳۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند.

**نکته ۲۴۱:** مصرف آب به فعالیت‌های روزانه هر شخص محدود نمی‌شود، بلکه روزانه در صنایع گوناگون (بخصوص کشاورزی) حجم بسیار زیادی آب مصرف می‌شود.

**نکته ۲۴۲:** مقایسه میزان آب مصرفی برای تولید برخی فرآورده‌ها:

یک کیلوگرم گوجه فرنگی > ۱۰۰ گرم شکلات > یک بلوز نخی > یک کیلوگرم چرم

**نکته ۲۴۳:** همانند کربن دی‌اکسید برای هر فرد، ردپای آب نیز تعریف می‌شود.

**نکته ۲۴۴:** ردپای آب نشان می‌دهد که هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود.

این میزان همه آبی را که در تولید کالاها، ارائه خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود، نشان می‌دهد.

**نکته ۲۴۵:** مصرف سالانه ۱۵۰ کیلوگرم گندم توسط هر فرد ردپای آب معادل ۲۷۴۵۰۰ لیتر خواهد بود.



**نکته ۲۴۶:** هر چه ردپای آب ایجاد شده، سنگین تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و زودتر به پایان می‌رسند.

**نکته ۲۴۷:** برآوردهای پژوهشگران نشان می‌دهد که میانگین ردپای آب برای هر فرد در یک سال در حدود ۱ میلیون لیتر است.

**نکته ۲۴۸:** تقریباً همه‌ی آب مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، ساخت‌وساز، خانه، مدرسه، دانشگاه و ... و صنایع گوناگون از آب‌های سطحی (رود، دریاچه و نهر آب شیرین) یا آب‌های زیرزمینی (چشمه، قنات و چاه عمیق) تهیه می‌شوند.

**نکته ۲۴۹:** آب آشامیدنی را می‌توان از تصفیه‌ی آب رودها، دریاچه‌ها و چاه‌ها تهیه کرد. این ویژگی نشان می‌دهد آب آشامیدنی با آب مصرفی در صنایع دیگر متفاوت است.

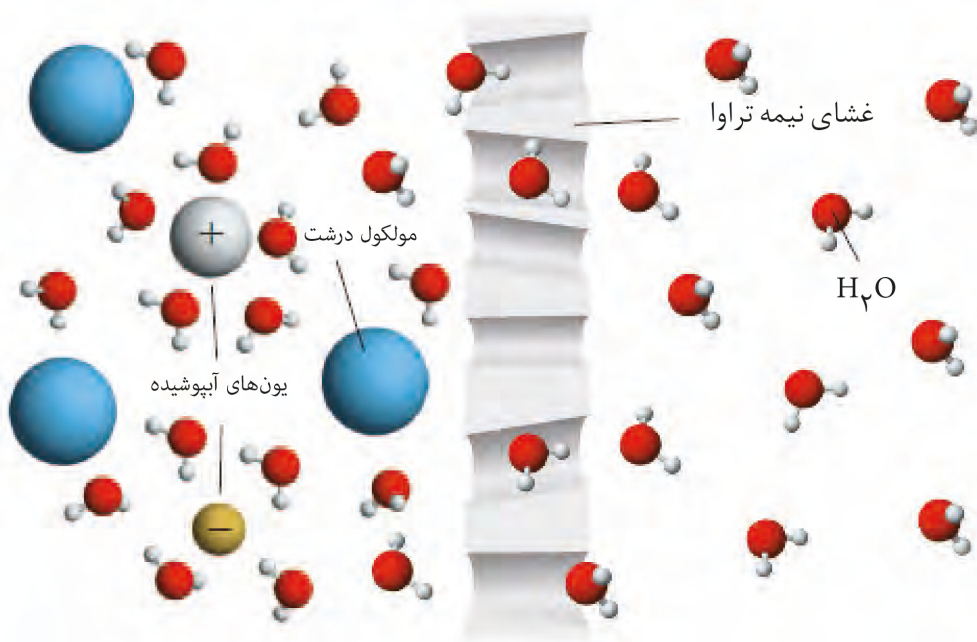
**نکته ۲۵۰:** هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها منبع بسیار بزرگی برای تهیه آب به شمار می‌آیند، اما به اندازه‌ی شور هستند که باید قبل از مصرف، نمک‌زدایی و تصفیه شوند.

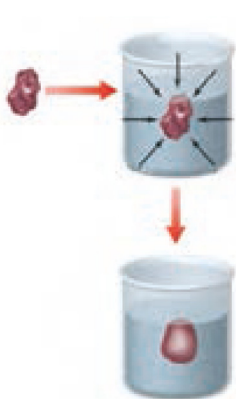
اسمز و اسمز معکوس

**نکته ۲۵۱:** هنگامی که حبوبات و میوه‌های خشک برای مدتی درون آب قرار می‌دهیم متورم می‌شوند در حالیکه خیار در آب شور چروکیده می‌شود. در اثر فرایند اسمز آب از دیواره سلولی میوه‌ها وارد آن شده و باعث تورم و آبدار شدن میوه‌ها می‌شود.

**نکته ۲۵۲:** اسمز فرآیندی است که طی آن مولکولی‌های آب از طریق غشای نیمه تراوا از محیط رقیق‌تر به محیط غلیظ‌تر جابه‌جا می‌شوند.

**نکته ۲۵۳:** دیواره‌ی یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌هایی بسیار ریز دارد به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. این دیواره‌ها غشای نیمه‌تراوا نامیده می‌شوند.



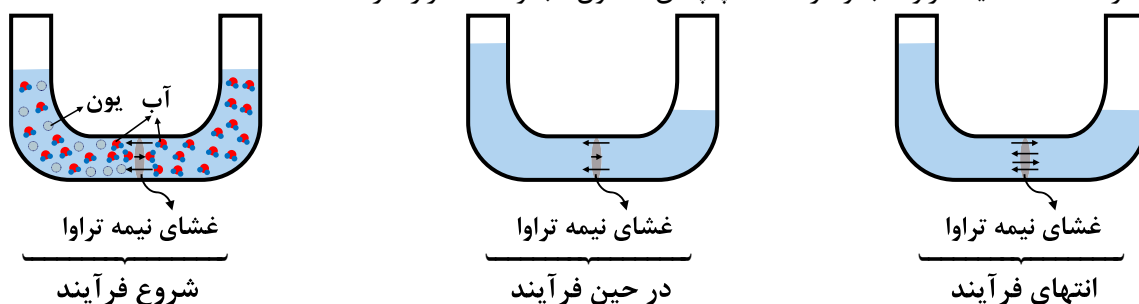


**نکته ۲۵۴:** هنگامی که میوه‌های خشک مانند میوز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، **خودبه‌خودی** از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند در نتیجه بین فرآیند که به آن **گذرندگی** یا **اسمز** می‌گویند میوه **آبدار و متورم** می‌شود در این فرآیند برخی نمک‌ها ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابند.

**نکته ۲۵۵:** در میوه‌ها، دیواره سلولی مانند **غشای نیمه‌تراوا** عمل کرده و از عبور مولکول‌های درشت جلوگیری می‌کند.

**نکته ۲۵۶:** شکل زیر فرآیند اسمز را نشان می‌دهد:

در سمت راست غشاء نیمه‌تراوا آب و در سمت چپ آن محلول آب و نمک قرار دارد.



در انتهای فرآیند **اسمز** تعداد مولکول‌های آب که از محلول رقیق به محلول غلیظ می‌رود با تعداد مولکول‌های آب که از محلول غلیظ به محلول رقیق می‌رود برابر است. در شروع فرآیند، مولکول‌های آب از محلول رقیق به غلیظتر رفته از تعداد مولکول‌های آب که از غلیظ به رقیق می‌رود **بیشتر** است پس برآیند حرکت مولکول‌های آب از محلول رقیق‌تر به غلیظ‌تر است.

**نکته ۲۵۷:** پس از اتمام فرآیند اسمز اتفاقات زیر رخ می‌دهد:

۱- حجم و ارتفاع مایع سمت راست (محلول رقیق‌تر) **کاهش** و ارتفاع محلول سمت چپ (محلول غلیظ‌تر) **افزایش** می‌یابد.

۲- غلظت محلول سمت چپ (غلیظ‌تر)، **کمتر** شده و در نتیجه **رقیق‌تر** می‌شود.

**نکته ۲۵۸:** فرآیند اسمز به صورت **خودبه‌خودی** و بدون اعمال **هیچ عامل خارجی** انجام می‌شود.

**نکته ۲۵۹:** آیا فرآیند اسمز برای نمک‌دائی آب و تهیه آب شیرین به کار می‌آید؟

خیر، زیرا در فرآیند اسمز، مولکول‌های آب از محلول رقیق‌تر به غلیظ‌تر می‌روند و فقط غلظت نمک‌های آب دریا را **کاهش** می‌دهند.

در صورتیکه در **فرآیند نمک‌زدایی**، یون‌ها از محلول جدا می‌شوند اما در فرآیند اسمز مقدار یون‌ها در آب دریا **ثابت** است فقط با گذشت زمان، غلظت آب دریا کاهش می‌یابد.



### اسمز معکوس



**نکته ۲۷۰:** فرآیندی است که در طی آن با اعمال فشار بر روی محلول غلیظ برعکس اسمز، مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر به رقیق‌تر جابه‌جا می‌شوند به همین دلیل به آن اسمز معکوس می‌گویند.

**نکته ۲۷۱:** بعد از اتمام فرآیند اسمز معکوس اتفاقات زیر رخ می‌دهد:

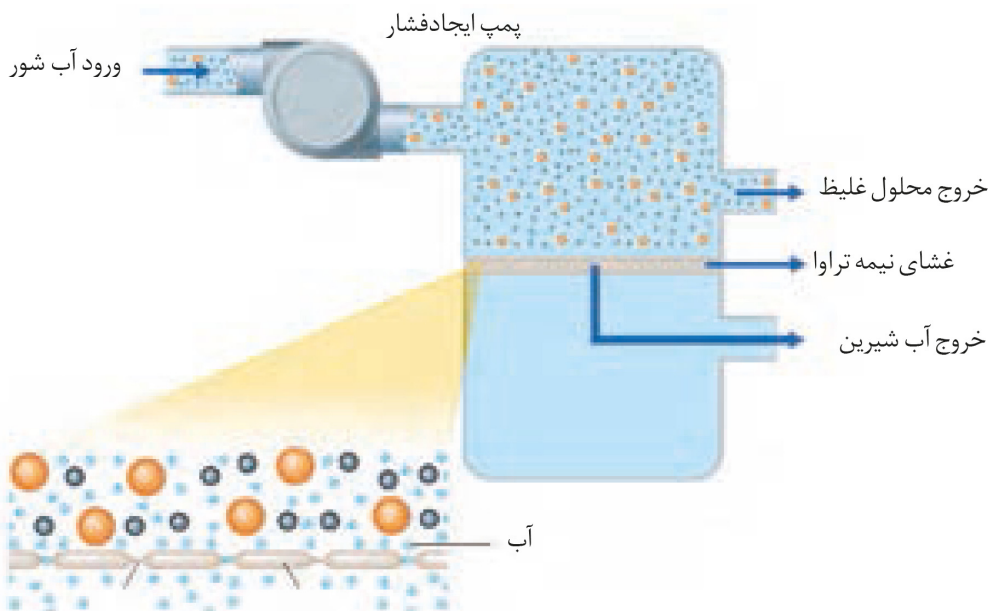
۱- حجم و ارتفاع محلول رقیق، افزایش می‌یابد.

۲- غلظت محلول غلیظ، افزایش می‌یابد.

**نکته ۲۷۲:** اسمز معکوس بر خلاف اسمز به صورت غیر خودبه‌خودی و با اعمال فشار انجام می‌شود.

**نکته ۲۷۳:** تصفیه آب با استفاده از روش اسمز معکوس بر خلاف روش اسمز امکان‌پذیر است زیرا در روش اسمز معکوس با اعمال فشار مولکول‌های آب از محلول غلیظ‌تر (مثلاً آب دریا) به محلول رقیق‌تر (آب خالص) مهاجرت می‌کنند بنابراین آب خالص و شیرین با حجم بیشتری بدست می‌آید.

**نکته ۲۷۴:** با توجه به شکل زیر، با ایجاد فشار پمپ طی فرآیند اسمز معکوس، مولکول‌های آب از غشای نیمه‌تراوا عبور کرده و به صورت آب خالص از محلول آب دریا خارج می‌شوند در نتیجه در پایین دستگاه آب شیرین حاصل می‌شود.



### انواع روش تصفیه آب

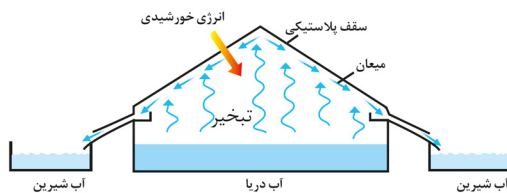
#### تقطیر

**نکته ۲۷۵:** در فرآیند تقطیر آب دریا در حوضچه‌هایی با سقف پلاستیکی در معرض نور خورشید قرار می‌دهند تا تبخیر شود، مولکول‌های بخار با برخورد با سقف و در کنار آن مایع می‌شوند و در ظرف‌هایی جداگانه جدا می‌شوند بدیهی است که در این فرآیند ناخالصی‌های نمی‌توانند همراه آب بخار شوند. در نتیجه آب حاصل خالص است و می‌توان به عنوان آب آشامیدنی استفاده کرد.

**نکته ۲۷۶:** فرآیند تقطیر شامل دو مرحله تبخیر و میعان، فرآیندی کاملاً فیزیکی است.



**نکته ۲۷۷:** اگر در آب ترکیب آلی فرار (مایعی با نقطه جوش کمتر از آب) وجود داشته باشند نمی‌توان آنها را با این روش جداسازی کرد زیرا این مایعات قبل از آب تبخیر می‌شوند و در مرحله بعد هم می‌شوند و در نهایت در آب تصفیه شده وجود خواهند داشت با روش تقطیر فقط می‌توان نافلرها، آلاینده‌ها حشره کش‌ها و آفت کش‌ها و فلزهای سمی را جدا کرد.

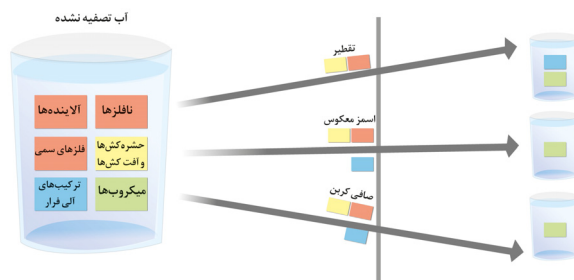


### صافی کردن (توضیح روش در کتاب نیامده)

**نکته ۲۷۸:** در این روش از فیلترهایی استفاده می‌شود که دارای کربن متخلخل به عنوان صافی هستند در این روش می‌توان ناخالصی‌ها آب شامل آلاینده‌ها، نافلرها، حشره کش‌ها، آفت کش‌ها، فلزهای سمی و ترکیبات آلی فرار را جذب کرد.

**نکته ۲۷۹:** با توجه به شکل زیر:

- ۱- اسمز معکوس و صافی کربن نسبت به روش تقطیر روش‌های مناسب‌تری هستند. زیرا در روش تقطیر مواد آلی فرار را نمی‌توان جدا کرد.
- ۲- میکروب‌ها را در هیچ روشی نمی‌توان جدا کرد به همین دلیل، آب تصفیه شده را پیش از مصرف کلر زنی کرده تا میکروب‌ها باقی مانده از بین روند.
- ۳- با استفاده از هر سه روش می‌توان آلاینده‌ها، آفت کش‌ها و حشره کش‌ها، نافلرها و نافلزهای سمی را جدا کرد.

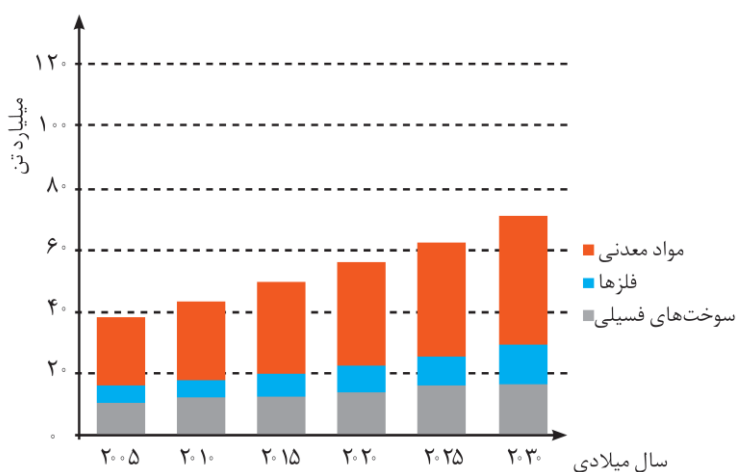




- ۱- کره زمین سرشار از نعمت‌ها و هدایای آشکار و پنهانی است که با کمک علم شیمی می‌توان ساختار دقیق هدایا را شناسایی کرد و به رفتار آنها پی‌برد و بهره‌برداری درست از آنها را آموخت.
- ۲- رشد و گسترش تمدن بشری در گروهی کشف و شناخت مواد جدید است.
- ۳- گسترش فناوری به میزان دسترسی به مواد مناسب وابسته است، به طوری که کشف و درک خواص یک ماده جدید پرچم‌دار توسعه فناوری است.
- ۴- گسترش صنعت خودرو مدیون شناخت و دسترسی به فولاد است. فولاد، آلیاژی از آهن و کربن می‌باشد.
- ۵- پیشرفت صنعت الکترونیک بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام نیمه‌رسانا ساخته می‌شود.
- ۶- عناصر گروه چهاردهم جدول دوره‌ای مثل سیلیسیم و ژرمانیم خاصیت نیمه‌رسانایی دارند.
- ۷- انسان‌های پیشین فقط از برخی مواد طبیعی مانند چوب، سنگ، خاک، پشم و پوست بهره می‌بردند، اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند سفال را تولید و برخی فلزها را نیز استخراج کنند که خواص مناسب‌تری داشتند.
- ۸- با گسترش دانش شیمی، شیمی‌دان‌ها به رابطه میان خواص مواد با عنصرهای سازنده آنها پی‌بردند. آنها همچنین دریافتند که گرما دادن به مواد و افزودن آنها به یکدیگر سبب تغییر و گاهی بهبود خواص می‌شود.
- ۹- در فرآیند تولید دوچرخه، سنگ آهن استخراج شده از معادن (هماتیت) پس از خالص‌سازی، با انجام عمل فرآوری (نه فناوری) به ورقه فولادی تبدیل می‌شود و در ساخت بدنه دوچرخه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تایر دوچرخه نیز حاصل فرآوری مواد نفتی است.

**نکته:** در مراحل تولید لوازم و ابزارها، مقداری از مواد اولیه به ضایعات تبدیل می‌شوند و دور ریخته می‌شوند.

- ۱۰- همه مواد طبیعی و مصنوعی از کره زمین به دست می‌آیند.
- ۱۱- همه موادی که از طبیعت به دست می‌آیند، به شکلی به طبیعت بر می‌گردند، پس جرم کل در کره زمین به تقریب ثابت می‌ماند.
- ۱۲- میزان بهره‌برداری از منابع یک کشور، دلیلی بر توسعه یافته بودن آن کشور نیست.
- ۱۳- نمودار زیر میزان تولید یا مصرف نسبی برخی مواد در جهان را نشان می‌دهد:



### نکات نمودار بالا:

- ◀ مقایسه تولید یا مصرف نسبی مواد از سال ۲۰۰۵: مواد معدنی < سوخته‌های فسیلی < فلزها
- ◀ مقایسه سرعت (شیب) افزایش بهره‌برداری از مواد: مواد معدنی < فلزها < سوخته‌های فسیلی
- ◀ پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، میزان استخراج و مصرف مواد به حدود ۷۰ میلیارد تن در سال برسد.



۱۴- جنس هر یک از وسایل زیر را به خاطر بسپارید:

استکان شیشه‌ای: شن و ماسه      ظرف غذاخوری: خاک چینی      قاشق و چنگال: فولاد زنگ نزن

**نکته:** منابع تهیه‌ی نمک خوراکی در خشکی و اعماق دریا وجود دارند.

۱۵- سه عنصر اصلی در کودهای شیمیایی، نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) می‌باشد.

۱۶- عنصرها به صورت غیریکنواخت در جهان توزیع شده‌اند و همین موضوع می‌تواند دلیلی برای پیدایش تجارت جهانی باشد.

۱۷- هدف همه‌ی شیمی‌دان‌ها از مشاهده‌ی مواد و انجام آزمایش‌های گوناگون، یافتن اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر درباره‌ی ویژگی‌ها و خواص مواد است. برقراری ارتباط میان داده‌ها و اطلاعات حاصل از مشاهدات و آزمایش‌ها، همچنین یافتن الگوها و روندها، گامی مهم‌تر و موثرتر در پیشرفت علم به شمار می‌آید.

۱۸- علم شیمی را می‌توان مطالعه‌ی هدف‌دار، منظم و هوشمندانه‌ی رفتار عنصرها و مواد برای یافتن الگوها و روندهای رفتار فیزیکی و شیمیایی آن‌ها دانست.

۱۹- شیمی‌دان‌ها ۱۱۸ عنصر شناخته شده را بر اساس بنیادی‌ترین ویژگی آن‌ها یعنی عدد اتمی (Z) کنار هم چیده‌اند.

۲۰- در جدول دوره‌ای، ۷ دوره (ردیف) و ۱۸ گروه (ستون) دیده می‌شود. عنصرهایی که آرایش الکترونی لایه‌ی ظرفیت مشابهی دارند، در یک گروه زیر هم قرار دارند. تعیین موقعیت (گروه و دوره) یک عنصر، کمک شایانی به پیش‌بینی خواص و رفتار آن می‌کند.

۲۱- عنصرهای جدول دوره‌ای را بر اساس رفتار آن‌ها می‌توان در سه دسته‌ی فلز، نافلز و شبه فلز جای داد.

۲۲- بیشتر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند که به طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند.

**نکته:** فلزها در دسته‌های s، p، d و f جدول تناوبی حضور دارند.

۲۳- هفده نافلز در جدول دوره‌ای عناصر حضور دارند که در سمت راست و بالای جدول چیده شده‌اند.

**نکته:** در دمای اتاق، ۱۱ عنصر نافلزی به حالت گازی (۶ گاز نجیب و عناصر  $H_2$ ،  $N_2$ ،  $O_2$ ،  $F_2$  و  $Cl_2$ )، یک عنصر ( $Br_2$ ) به حالت مایع و ۵ عنصر (C، P، S و Se و I) به حالت جامد هستند. به جز هیدروژن و هلیوم، بقیه‌ی نافلزها در دسته‌ی p جدول قرار گرفته‌اند.

۲۴- شبه فلزها همانند مرزی بین فلزها و نافلزها قرار دارند. عنصرهایی که در سمت چپ یا پایین شبه فلزها در جدول قرار گرفته‌اند، فلز و عنصرهایی که در سمت راست یا بالای شبه فلزها جای دارند، نافلز هستند.

**نکته:** عنصرهای شبه فلز عبارتند از: بور (B) از گروه ۱۳، سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge) از گروه ۱۴، آرسنیک (As) و آنتیموان (Sb) از گروه ۱۵، تلوریم (Te) و پولونیم (Po) از گروه ۱۶ و استاتین (At) از گروه ۱۷. شبه فلزها در دوره‌های دوم تا ششم جدول قرار دارند و از نظر موقعیت، حالتی مشابه پلکان دارند.

۲۵- خواص فیزیکی شبه فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده در حالی که رفتار شیمیایی آنها همانند نافلزها است.

۲۶- خواص کلی فلزها:

- ↳ رسانایی گرمایی و الکتریکی بالا
- ↳ دارا بودن جلا و استحکام زیاد
- ↳ شکل‌پذیری و چکش‌خواری
- ↳ سطح براق و درخشان
- ↳ در واکنش با دیگر اتم‌ها، الکترون از دست می‌دهند. ← رفتار شیمیایی

**توجه:** البته همانطور که ذکر شده، این‌ها خواص کلی فلزها هستند و استثنائاتی نیز وجود دارد. به عنوان مثال، Be توانایی از دست دادن الکترون و تشکیل کاتیون ندارد.



۲۷- خواص کلی نافلزها:

رفتار فیزیکی {  
 < جریان برق و گرما را عبور نمی دهند.  
 < در اثر ضربه خرد می شوند و شکننده هستند.  
 < سطح غیر درخشان و کدر

< در واکنش با دیگر اتمها، الکترون به اشتراک می گذارند یا می گیرند. ← رفتار شیمیایی

**توجه:** همانند مورد قبلی در اینجا هم موارد خاصی دیده می شود. به عنوان مثال، گرافیت، رسانای الکتریسیته است.

۲۸- خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها در جدول، به صورت دوره ای تکرار می شود که به **قانون دوره ای عنصرها** معروف است.

۲۹- در دوره سوم جدول تناوبی، ۸ عنصر وجود دارد که سه تا از آنها (Al, Mg, Na) فلز، Si شبه فلز و چهارتای دیگر (Ar, Cl, S, P) نافلز هستند. سدیم فلزی بسیار نرم است و با چاقو به راحتی بریده می شود. یکی از دگرشکل های فسفر، به رنگ **سرخ** می باشد.

۳۰- ویژگی های عنصرهای گروه چهاردهم ( $ns^2 np^2$ ):

{  
 سطح کدر و تیره ای دارد.  
 در اثر ضربه خرد می شود.  
 در واکنش با دیگر اتمها، الکترون به اشتراک می گذارد. به عبارتی، کربن یون تک اتمی ( $C^{4-}$  و  $C^{4+}$ ) نمی تواند تشکیل دهد.  
 < کربن (C) >

{  
 سطح صیقلی دارند.  
 در اثر ضربه خرد می شود و شکننده هستند.  
 رسانایی الکتریکی کمی دارند.  
 در واکنش با دیگر اتمها الکترون به اشتراک می گذارند.  
 < سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge) >

{  
 سطح درخشان و براقی دارند.  
 چکش خوار بوده، در اثر ضربه خرد نمی شوند و جامدهای شکل پذیر هستند.  
 رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارند.  
 در واکنش با دیگر اتمها الکترون از دست می دهند.  
 (دارای یون های پایدار با بار ۲+ و ۴+ می باشند).  
 < قلع (Sn) و سرب (Pb) >

۳۱- نخستین گاز نجیب هلیوم نام دارد. هلیوم با اینکه در گروه ۱۸ جدول دوره ای عنصرها جای دارد، اما عنصری از دسته **s** است و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن ( $1s^2$ ) با دیگر گازهای نجیب ( $ns^2 np^6$  یا اصطلاحاً **هشت تایی**) متفاوت است.

۳۲- جست و جو برای کشف **عنصرهایی طبیعی** به پایان رسیده و تنها راه افزایش شمار عنصرها، تهیه و تولید آنها به صورت **ساختگی** است. گزارش هایی درباره ساخت و شناسایی عنصر شماره ۱۲۰ یا ۱۲۱ در آزمایشگاه های تحقیقاتی و مدرن منتشر شده است.

۳۳- شارل ژانت شیمی دان فرانسوی در سال ۱۹۲۷ با کنار هم چین عنصرهای شناخته شده در زمان خود، الگویی ارائه کرد که بر اساس آن می توان عنصرهای با عدد اتمی بزرگ تر از ۱۱۸ را نیز طبقه بندی کرد.

**نکات جدول پیشنهادی ژانت:**

< برخلاف جدول امروزی، دسته s در سمت راست دسته p قرار گرفته است و عنصر He، هم گروه با فلزات قلیایی خاکی است.  
 < عنصرهای دسته p از تناوب ۳، عنصرهای دسته d از تناوب ۵ و عنصرهای دسته f از تناوب ۷ آغاز می شوند.





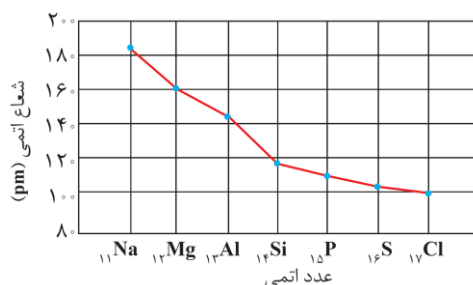
این جدول با مدل کوانتومی هم خوانی دارد. در دو ردیف جدید این جدول، زیر لایه  $g$  (با عدد کوانتومی فرعی ۴) به عنوان پنجمین زیر لایه پس از زیر لایه های  $s, p, d$  و  $f$  پر می شود و پذیرای عنصرهای با عدد اتمی ۱۲۱ تا ۱۳۸ در صورت ساخته شدن است. (گنجایش زیر لایه ها طبق رابطه  $2l + 1$  محاسبه می شود).

**۳۴-** هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان تر الکترون از دست بدهد، **خصلت فلزی** بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است.

**۳۵-** شعاع اتمی در گروه ها، با افزایش لایه های الکترونی اطراف هسته، از بالا به پایین **افزایش** می یابد.

**۳۶-** شعاع اتمی در دوره ها، به دلیل افزایش تعداد پروتون ها و نیروی جاذبه موثر هستند به الکترون ها و ثابت ماندن تعداد لایه های الکترونی، از چپ به راست **کاهش** می یابد.

**۳۷-** در دوره سوم، بیشترین **اختلاف شعاع اتمی** بین دو عنصر متوالی  $Al$  و  $Si$  دیده می شود.



**۳۸-** هر چه شعاع اتمی یک فلز بیشتر باشد، اتم آن اندازه بزرگتری دارد. اتم های فلزی بزرگتر، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون و تشکیل کاتیون دارند. پس روند کلی **خاصیت فلزی و شعاع اتمی** مشابه یکدیگر است و با پیمایش در جدول از بالا به سمت پایین و از راست به سمت چپ افزایش می یابد.

**۳۹-** به فلزهای گروه اول جدول تناوبی، **فلزهای قلیایی** می گویند. توجه کنید هیدروژن جزو این گروه **نیست**.

**۴۰-** رنگ شعله لیتیم **قرمز**، سدیم **زرد** و پتاسیم **بنفش** می باشد.

**۴۱-** فلزهای گروه دوم به **فلزات قلیایی خاکی** معروف هستند که کاتیون پایدار آن ها دارای بار  $+2$  بوده و در مقایسه با فلزهای قلیایی هم دوره خود، تمایل کمتری به تشکیل کاتیون دارند.

**۴۲-** **تولید نور، آزادسازی گرما، تشکیل رسوب و خروج گاز** نشانه هایی از تغییر شیمیایی هستند.

**نکته:** هر چه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد، واکنش سریع تر و شدیدتر بوده و واکنش دهنده ها فعالیت شیمیایی بیشتری دارند.

**۴۳-** نافلزها در واکنش های شیمیایی بر خلاف فلزها تمایل دارند با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل شوند. روند کلی **خصلت نافلزی** بر عکس خاصیت فلزی می باشد؛ به گونه ای که در گروه ها از بالا به پایین خصلت نافلزی **کم** می شود و در دوره ها، با صرف نظر از عناصر گروه ۱۸، با پیمایش از چپ به راست، **افزایش** می یابد.

**۴۴-** نافلزهای گروه ۱۷ (هالوژن ها) با گرفتن یک الکترون به یون **هالید** ( $A^-$ ) تبدیل می شوند.

**نکته:** در تولید لامپ چراغ های جلوی خودروها، از هالوژن ها استفاده می شود.

**۴۵-** در جدول زیر شرایط واکنش هالوژن ها با گاز هیدروژن نشان داده شده است. **فلوئور واکنش پذیرترین نافلز** جدول دوره ای است.

نام هالوژن	شرایط واکنش با گاز هیدروژن
فلوئور	حتی در دمای $200^\circ C$ به سرعت واکنش می دهد.
کلر	در دمای اتاق به آرامی واکنش می دهد.
برم	در دمای $200^\circ C$ واکنش می دهد.
ید	در دمای بالاتر از $400^\circ C$ واکنش می دهد.



۴۶- هر فلز رفتارهای ویژه خود را دارد. به عنوان مثال:

◀ جلای نقره‌ای فلز سدیم در مجاورت هوا به سرعت از بین می‌رود و سطح آن کدر و تیره می‌شود.

◀ آهن فلزی محکم است و از آن برای ساخت در و پنجره فلزی استفاده می‌شود. این فلز با اکسیژن در هوای مرطوب به کندی واکنش می‌دهد و به زنگ آهن تبدیل می‌شود.

◀ طلا در گذر زمان جلای فلزی خود را حفظ می‌کند و همچنان خوش‌رنگ و درخشان باقی می‌ماند.

۴۷- فلزهای دسته d (فلزات واسطه) نیز رفتاری مشابه فلزهای دسته s و p (فلزات اصلی) دارند. آنها نیز رسانای جریان الکتریکی و گرما هستند، چکش‌خوارند و قابلیت ورقه شدن دارند. با این وجود هر یک از این فلزها نیز رفتارهای ویژه‌ای دارند.

۴۸- سرخی یاقوت، سبزی زمرد و رنگ زیبای فیروزه نشان دهنده وجود برخی از ترکیب‌های فلزهای واسطه است.

۴۹- اولین فلز واسطه‌ای که لایه سوم آن از الکترون پر می‌شود، Cu ۲۹ است که آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن از اصل آقبا پیروی نمی‌کند. ( $3d^1 4s^1$ )

۵۰- اغلب فلزها در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون اکسیدها، کربنات‌ها و ... یافت می‌شوند.

**نکته:** به طور کلی، اغلب عنصرها در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شوند.

۵۱- هنگام تشکیل کاتیون از فلزهای واسطه تناوب چهارم، ابتدا الکترون‌ها از زیر لایه ۴s و سپس ۳d جدا می‌شود اتم اغلب فلزهای واسطه با تشکیل کاتیون به آرایش گاز نجیب دست نمی‌یابند.

**نکته:** آرایش الکترونی کاتیون فلزهای واسطه و اتم فلز واسطه هم الکترون با آن (مثل  $Mn^{2+}$  ۲۵ و Sc ۲۳) متفاوت است و اولی به ۳d و دومی به ۴s ختم می‌شود.

۵۲- نخستین فلز دسته d جدول تناوبی، اسکاندیم (Sc ۲۱) است که در وسایل خانه مانند تلویزیون رنگی و برخی شیشه‌ها وجود دارد.

**نکته:** تنها یون پایدار اسکاندیم،  $Sc^{3+}$  است که به آرایش گاز نجیب دوره قبلی خود (Ar) می‌رسد و در نمایش آن از اعداد رومی استفاده نمی‌شود.

۵۳- نکات مهم درباره فلز طلا (Au):

◀ فلز طلا به اندازه‌ای چکش‌خوار و نرم است که چند گرم از آن را می‌توان با چکش خواری به صفحه‌ای با مساحت چند متر مربع تبدیل کرد و ساخت برگه‌ها و رشته سیم‌های بسیار نازک (نخ طلا) به راحتی امکان‌پذیر است.

◀ رسانایی الکتریکی بالا و حفظ این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون

◀ واکنش ندادن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان

◀ بازتاب زیاد پرتوهای خورشیدی

◀ طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می‌شود، اما مقدار آن در معادن بسیار کم است و در استخراج آن پسماند بسیار زیاد تولید می‌شود.

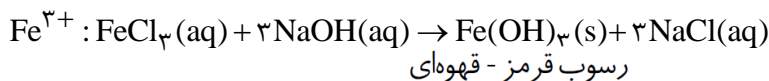
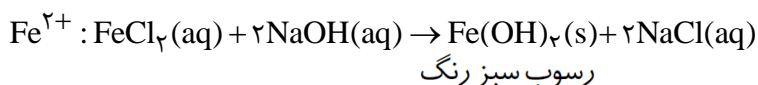
◀ مجتمع طلای موته در اصفهان و زرشوران در آذربایجان غربی از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

◀ در میان فلزها، تنها طلا به شکل کلوخه‌ها یا رگه‌های زرد لابه‌لای خاک یافت می‌شود.

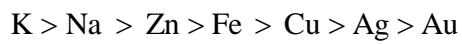
۵۴- برخی نافلزها مثل اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و برخی از فلزها مثل نقره، مس، طلا و پلاتین به صورت آزاد نیز در طبیعت وجود دارند.

۵۵- آهن فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. اکسیدهای فلز آهن به دو صورت  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  موجودند.

۵۶- برای شناسایی یون‌های آهن (II) و آهن (III) در یک نمونه، می‌توان از واکنش رسوب دادن نمک محلول آن استفاده کرد. رنگ رسوب ایجاد شده در شناسایی یون به ما کمک می‌کند.



۵۱- مقایسه واکنش پذیری فلزات:



واکنش پذیری ناچیز      واکنش پذیری کم      واکنش پذیری زیاد

۵۱- هر چه یک فلز واکنش پذیرتر باشد:

◀ تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون، تشکیل کاتیون و انجام واکنش دارد.

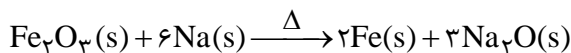
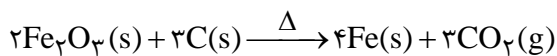
◀ تامین شرایط نگهداری و همچنین فرآیند استخراج آن دشوارتر است.

◀ میل بیشتری به ایجاد ترکیب دارد و ترکیب‌های آن پایدارتر است.

۵۲- در واکنش‌های شیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شود، واکنش‌پذیری فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر است.

نمک فلز فعال‌تر + فلز ضعیف‌تر → نمک فلز ضعیف‌تر + فلز فعال‌تر

۶۰- سنگ معدن آهن، هماتیت نام دارد و فرمول شیمیایی آن  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  است. برای جداسازی آهن از  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، می‌توان از دو واکنش زیر بهره برد:



**نکته:** از آنجا که دسترسی به کربن آسان‌تر است و صرفه اقتصادی بیشتری دارد، در فولاد مبارکه همانند همه شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود.

۶۱- درصد خلوص، کمیتی است که مقدار یک ماده خالص را در ۱۰۰ گرم از یک نمونه ناخالص نشان می‌دهد.

۶۲- بازده درصدی، کمیتی است که کارایی یک واکنش را نشان می‌دهد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار فرآورده‌ای که در عمل به دست آمده (مقدار عملی)}}{\text{مقدار فرآورده مورد انتظار در واکنش (مقدار نظری)}} \times 100$$

۶۳- به دلایل زیر بازده درصدی واکنش‌های شیمیایی اغلب از صد کمتر است:

◀ واکنش‌دهنده‌ها ناخالص باشند.

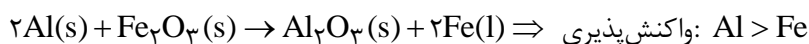
◀ ممکن است واکنش به طور کامل انجام نشود.

◀ واکنش‌های ناخواسته دیگر همزمان با واکنش مورد نظر ما وقوع پیدا کنند.

۶۴- یکی از راه‌های تهیه سوخت سبز، استفاده از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب‌زمینی و ذرت است. اتانول یکی از سوخت‌های سبز است که می‌توان آن را از واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز تهیه کرد:



۶۵- یکی از واکنش‌هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می‌شود، واکنش ترمیت است. این واکنش به شدت گرماده ( $\Delta H < 0$ ) است و از آهن مذاب تولید شده برای جوشکاری خطوط راه‌آهن استفاده می‌شود.



۶۶- آهن (III) اکسید ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود.



۶۵- یکی از روش‌های بیرون کشیدن فلز از لابه‌لای خاک، استفاده از گیاهان است. در این روش در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی را می‌کارند که می‌توانند آن فلز را جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می‌کنند، می‌سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می‌کنند.

**نکته:** استخراج فلزهای طلا و مس به کمک گیاهان از نظر اقتصادی به صرفه است ولی استخراج فلزهای نیکل و روی به کمک گیاهان مقرون به صرفه نیست.

۶۶- به دلیل نیاز روز افزون جهان به منابع شیمیایی و کاهش میزان این منابع در سنگ‌کره، شیمی‌دان‌ها را بر آن داشت تا در جست‌وجوی منابع تازه باشند.

۶۹- بستر اقیانوس‌ها منبعی غنی از منابع فلزی گوناگون است. این منابع در برخی مناطق اقیانوس محتوی **سولفید** چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به صورت کلوخه‌ها و پوسته‌هایی غنی از فلزهایی مانند **منگنز، کبالت، آهن، نیکل، مس** و ... یافت می‌شود.

**نکته:** غلظت **بیش‌تر** گونه‌های فلزی موجود در کف اقیانوس نسبت به ذخایر زمینی، بهره‌برداری از این منابع را نوید می‌دهد.

۷۰- بر اساس **توسعه پایدار** باید در تولید یک ماده یا عرضه خدمات، هزینه‌ها و ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در نظر گرفت. به طوری که اگر مجموع هزینه‌های بهره‌برداری از یک معدن با در نظر گرفتن این ملاحظه‌ها، کمترین مقدار ممکن باشد، در این صورت در مسیر، پیشرفت پایدار حرکت کرده‌ایم و ردپای زیست محیطی ما کاهش می‌یابد.

۷۱- جامعه‌ای در مسیر توسعه پایدار است که اقتصاد آن شکوفا باشد، در عین حال به محیط زیست آسیب کمتری بزند و مردم به اخلاق آراسته و به خوش‌نامی معروف باشند.

۷۲- شکل زیر جریان فلز بین محیط زیست و جامعه را نشان می‌دهد.



۷۳- فلزها منبعی **تجدیدناپذیر** هستند، زیرا فرسایش و خوردگی آن‌ها به قدری کند است که می‌توان از آهنگ برگشت فلزها به طبیعت در مقایسه با آهنگ مصرف و استخراج آن‌ها صرف نظر نمود.

۷۴- پسماند سرانه سالانه فولاد ۴۰ کیلوگرم است.

۷۵- در استخراج فلز، تنها درصد کمی از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود؛ به طوری که در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرمی آهن، تقریباً ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع معدنی دیگر استفاده می‌شود.

۷۶- مزایای **بازیافت فلزها** از جمله آهن عبارتند از:

- ◀ کاهش ردپای کربن‌دی‌اکسید
- ◀ کاهش سرعت گرمایش جهانی
- ◀ حفظ گونه‌های زیستی
- ◀ کمک به رشد توسعه پایدار کشور
- ◀ حفظ منابع تجدیدناپذیر



◀ ذخیره نمودن انرژی: از بازگردانی ۷ قوطی فولادی آتقدر انرژی ذخیره می شود که می توان یک لامپ ۶۰ واتی را در حدود ۲۵ ساعت روشن نگه داشت.

۴۱- در اواخر سده ۱۸ میلادی شیمی دان ها با ماده ای روبه رو شدند که بعدها نفت خام نامیده شد. این ماده یکی از سوخت های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه رنگ یا قهوه ای متمایل به سبز از دل زمین بیرون کشیده می شود.

۴۲- امروزه نفت خام در دنیای کنونی دو نقش اساسی ایفا می کند:

◀ منبع تامین انرژی

◀ ماده اولیه برای تهیه بسیاری از مواد و کالاهای مورد استفاده در صنایع گوناگون

۴۳- موارد مصرف طلایی سیاه (نفت خام):

◀ حدود ۵۰% نفتی که از چاه های نفت بیرون کشیده می شود به عنوان سوخت در وسایل نقلیه استفاده می شود.

◀ بیش تر از ۴۰% آن برای تامین گرما و انرژی الکتریکی مورد نیاز ما به کار می رود.

◀ کم تر از ۱۰% از نفت خام مصرفی در دنیا برای تولید الیاف و پارچه، شوینده ها، مواد آرایشی و بهداشتی، رنگ، پلاستیک، مواد منفجره و لاستیک به کار می رود.

۴۴- روزانه بیش از ۸۰ میلیون بشکه نفت خام در دنیا به شکل های گوناگون مصرف می شود.

**نکته:** هر بشکه نفت خام هم ارز با ۱۵۹ لیتر است.

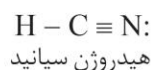
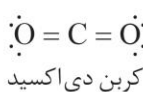
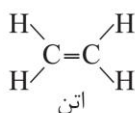
۴۵- نفت خام مخلوطی از هزاران ترکیب شیمیایی است که بخش عمده آن را هیدروکربن های گوناگون تشکیل می دهند. عنصر اصلی سازنده نفت خام کربن است.

۴۶- هیدروکربن به ترکیب هایی گفته می شود که تنها شامل اتم های کربن و هیدروژن هستند که با توجه به ساختارهای متفاوت انتظار می رود رفتار آن ها نیز با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

### نکات مهم درباره عنصر کربن (C)

◀ در لایه ظرفیت این اتم ۴ الکترون وجود دارد و در ترکیب های مولکولی و کووالانسی آن، اطراف هر اتم کربن همواره ۴ جفت الکترون پیوندی دیده می شود تا با رسیدن به آرایش هشت تایی، پایدار شود. کربن توانایی تشکیل پیوندهای یگانه، دوگانه و سه گانه را در ترکیب های خود دارد.

◀ ترکیب های شناخته شده از اتم کربن، از مجموع ترکیب های شناخته شده از دیگر عنصرهای جدول دوره ای بیشتر است.



۴۷- اتم کربن می تواند با اتم عنصرهای هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و ... به شیوه های گوناگون متصل شود و مولکول شمار زیادی از مواد مانند کربوهیدرات ها (مثل سلولز)، چربی ها (مثل روغن زیتون و چربی کوهان شتر)، آمینواسیدها، آنزیم ها، پروتئین ها و ... را بسازد. افزون بر این، اتم های کربن می توانند با یکدیگر به روش های گوناگونی متصل شده و دگرشکل های مختلفی مثل گرافیت، الماس و ... ایجاد کنند.

۴۸- آلکان ها دسته ای از هیدروکربن ها هستند که در آنها هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به اتم های کناری متصل شده است.

◀ فرمول عمومی:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  ← سرگروه و ساده ترین عضو خانواده آلکان ها متان ( $\text{CH}_4$ ) است.

◀ تعداد پیوند اشتراکی:  $3n + 1$



(۱) راست زنجیر: هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است.

← انواع آلکان‌ها

(۲) شاخه‌دار: برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل‌اند.

**نکته:** در نمایش هیدروکربن‌ها به کمک فرمول **پیوند-خط**، پیوندهای بین اتم‌ها با خط تیره مشخص شده اما [نماد شیمیایی] اتم‌های کربن و هیدروژن نشان داده نمی‌شوند.

**۱۵-** آلکان‌ها مانند سایر هیدروکربن‌ها، اغلب ترکیب‌های **ناقطبی** هستند و گشتاور دو قطبی آنها حدود صفر است. نیروی بین مولکولی در آلکان‌های راست زنجیر از نوع **نیروهای ضعیف وان دروالسی** است و با افزایش شمار اتم‌های کربن و اندازه آلکان‌ها، **افزایش می‌یابد.**

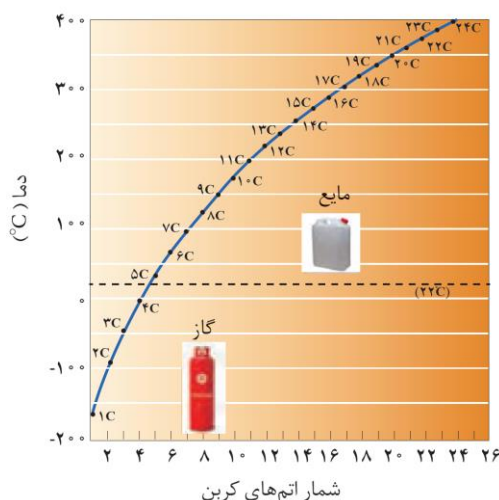
**۱۶-** **نقطه جوش** دمایی است که در آن مایعی می‌جوشد یا یک گاز مایع می‌شود. نقطه جوش آلکان‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن آن **بیشتر می‌شود.**

**۱۷-** **فرار بودن** تمایل یک مایع برای تبدیل به حالت گاز را نشان می‌دهد و با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌ها **کاهش می‌یابد.**

**۱۸-** **گران‌روی یا ویسکوزیته**، چسبندگی و **مقاومت** ماده در برابر جاری شدن را نشان می‌دهد. چسبندگی آلکان‌های راست زنجیر با افزایش جرم مولی **زیاد می‌شود.**

**۱۹-** **گریس و وازلین** دو آلکان هستند که به ترتیب دارای فرمول‌های مولکولی تقریبی  $C_{18}H_{38}$  و  $C_{25}H_{52}$  می‌باشند.

**۲۰-** نمودار زیر ترتیب نقطه جوش آلکان‌های راست‌زنجیر را نشان می‌دهد. نقطه جوش **۴ آلکان اول** زیر  $0^{\circ}C$  است. پنتان ( $C_5H_{12}$ ) اولین آلکان **مایع** در دمای اتاق است و گریس ( $C_{18}H_{38}$ ) و آلکان‌های بزرگتر به حالت **جامد** می‌باشند.



**نکته:** سوخت فندک، **بوتان** ( $C_4H_{10}$ ) است که تحت فشار پر شده و در دمای اتاق به حالت گاز در آمده است.

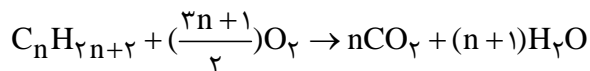
**۲۱-** آلکان‌ها به دلیل **ناقطبی بودن** در آب نامحلول‌اند. این ویژگی سبب می‌شود تا بتوان از آنها برای **حفاظت از فلزها** استفاده کرد. به طوری که قرار دادن فلزها در آلکان‌های مایع یا اندود کردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آنها، مانع از رسیدن آب به سطح فلز می‌شود و از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند.

**۲۲-** اصطلاح **سیر شده** به ترکیب‌های آلی گفته می‌شود که فاقد پیوند دوگانه یا سه‌گانه کربن-کربن هستند و امکان افزودن اتم هیدروژن به مولکول آنها وجود ندارد. **آلکان‌ها** هیدروکربن‌های خطی سیر شده و **سیکلوآلکان‌ها** هیدروکربن‌های حلقوی سیر شده می‌باشند.



**۹۳-** به دلیل سیرشدگی، آلکان‌ها تمایل چندانی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارد. این ویژگی سبب می‌شود. تا میزان سمی بودن آنها کمتر شده و استنشاق آن‌ها بر شش‌ها و بدن تاثیر چندانی نداشته باشد و تنها سبب کاهش مقدار اکسیژن در هوای دم می‌شود. اگر میزان بخارهای وارد شده به شش‌ها زیاد باشد، ممکن است سبب مرگ فرد شود.

**نکته:** واکنش شیمیایی عمده‌ای که آلکان‌ها در آن شرکت می‌کنند، واکنش **سوختن** است.



**۹۴-** افرادی که با گریس کار می‌کنند دستشان را با بنزین یا نفت می‌شویند، زیرا گریس ماده‌ای با مولکول‌های ناقطبی است و بدین ترتیب در **حلال‌های ناقطبی** مانند بنزین به خوبی حل می‌شود.

**۹۵-** پوست بدن دارای مقادیری چربی است. پس از شستن دست با بنزین، در اثر حل و شسته شدن این چربی، پوست خشک می‌شود. به طول کلی، شستن پوست و یا تماس آن با آلکان‌های مایع در دراز مدت به بافت‌های پوست آسیب می‌رساند.

**۹۶-** جدول زیر نام و فرمول مولکولی ده آلکان راست زنجیر را نشان می‌دهد.

فرمول مولکولی	نام
$C_{10}H_{22}$	دکان
$C_9H_{20}$	نونان
$C_8H_{18}$	اوکتان
$C_7H_{16}$	هپتان
$C_6H_{14}$	هگزان
$C_5H_{12}$	پنتان
$C_4H_{10}$	بوتان
$C_3H_8$	پروپان
$C_2H_6$	اتان
$CH_4$	متان

**نکته:** نام آلکان‌ها به پسوند «ان» ختم می‌شود.

**۹۷-** مراحل نام‌گذاری آلکان‌ها بر اساس قواعد آیوپاک:

**(I) انتخاب زنجیره اصلی:** زنجیره اصلی، بلندترین زنجیره‌ی متشکل از بیش‌ترین تعداد اتم کربن است. در شرایطی که چندین زنجیره ویژگی مذکور را داشته باشند، زنجیره اصلی زنجیره‌ای است که دارای بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی می‌باشد.

**(II) شماره گذاری زنجیره اصلی:** شماره گذاری زنجیره اصلی را از سمتی انجام می‌دهیم که **زودتر** به شاخه فرعی برسیم. اگر فاصله نخستین شاخه فرعی از دو سر زنجیره اصلی یکسان باشد، شماره گذاری را از سمتی انجام می‌دهیم که **زودتر** به شاخه فرعی دوم برسیم.

**نکته:** با جدا کردن یک اتم هیدروژن از یک مولکول آلکان، **گروه آلکیلی** ایجاد می‌شود که یک نوع شاخه فرعی با فرمول عمومی  $C_nH_{2n+1}$  می‌باشد. برای نام‌گذاری شاخه‌های آلکیلی راست زنجیر از روش زیر استفاده می‌شود:

«پیشوند یونانی تعداد + پسوند یل» مثل متیل، اتیل و ...

**(III) نام‌گذاری آلکان:** برای نام‌گذاری آلکان ابتدا شماره و نام شاخه‌های فرعی را نوشته و سپس نام آلکان مربوط به زنجیره اصلی را در ادامه آن می‌نویسیم. در صورتی که تعدادی شاخه فرعی یکسان وجود داشته باشد، پیش از نوشتن نام آن شاخه فرعی، تعداد آن را نیز با اعداد یونانی (دی، تری، تترا و ...) باید ذکر کرد.

**نکته:** در نوشتن نام آلکان‌ها، نام شاخه‌های فرعی به ترتیب **حروف الفبای انگلیسی** نوشته می‌شوند.

برمو (B) ← کلرو (C) ← اتیل (E) ← فلئورو (F) ← یدو (I) ← متیل (M) ← پروپیل (P)

**توجه:** در نام‌گذاری آلکان‌ها، هیچ‌گاه «۱- متیل» و «۲- اتیل» دیده نمی‌شود.

**۹۸- ایزومرها، ترکیب‌هایی هستند که فرمول مولکولی یکسان** اما ساختار شیمیایی متفاوتی دارند و به این ترتیب دارای خواص فیزیکی و شیمیایی مختلفی می‌باشند. محاسبه تعداد ایزومرهای یک آلکان یکی از پرسش‌های قابل مطرح در این بخش است. حتما دقت شود که از شمارش موارد تکراری پرهیز کنید.

**۹۹- آلکن‌ها، هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختار خود یک پیوند دوگانه کربن-کربن ( $C=C$ ) دارند.**



۱۰۰- فرمول عمومی آلکن‌ها  $C_nH_{2n}$  است. در نام‌گذاری آن‌ها، زنجیره اصلی زنجیره‌ای است که پیوند دوگانه در محل آن قرار دارد و بیشترین تعداد اتم‌های کربن را دارد. در آلکن‌ها برخلاف آلکان‌ها شماره‌گذاری از سمتی انجام می‌شود که زودتر به پیوند دوگانه برسیم. بعد از نوشتن نام شاخه‌های فرعی به روش آلکان‌ها، محل پیوند دوگانه با شماره نخستین کربنی که به پیوند دوگانه متصل است، مشخص می‌شود و سپس نام زنجیره اصلی را با پیشوند «ین» می‌نویسیم.

۱۰۱- نخستین عضو خانواده آلکن‌ها دارای دو اتم کربن بوده و اتن ( $C_2H_4$ ) نام دارد. در گذشته گاز اتن را با نام اتیلن می‌خواندند.

### ویژگی‌های گاز اتن:

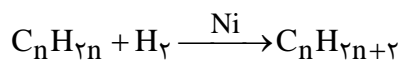
این ماده در بیشتر گیاهان وجود دارد. گوجه فرنگی و موز رسیده گاز اتن آزاد می‌کنند. در کشاورزی از گاز اتن به عنوان «عمل آورنده» استفاده می‌شود.

گاز اتن سنگ بنای پتروشیمی است. صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم جهان است. در این صنعت، ترکیب‌ها، مواد و وسایل گوناگون از نفت یا گاز طبیعی به دست می‌آیند که به فراورده‌های پتروشیمیایی معروف هستند؛ موادی مانند آمونیاک، پلی اتن، سولفوریک اسید و ...

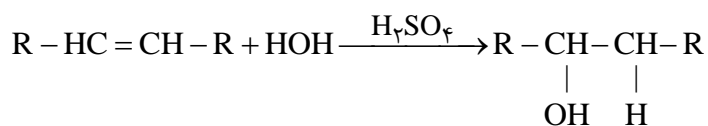
۱۰۲- وجود پیوند دوگانه در آلکن‌ها سبب شده که آلکن‌ها برخلاف آلکان‌ها، واکنش‌پذیری بیشتری داشته و در واکنش‌های گوناگونی شرکت کنند. آلکن‌ها برخلاف آلکان‌ها، ترکیباتی سیر نشده هستند.

۱۰۳- واکنش‌های سیر شدن آلکن‌ها:

واکنش با گاز هیدروژن: در این واکنش، هیدروکربن سیرشده یعنی آلکان به وجود می‌آید. از فلز نیکل به عنوان کاتالیزگر استفاده می‌شود.

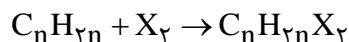


واکنش با آب: در این واکنش، الکل به وجود می‌آید. کاتالیزگر مورد استفاده ترکیب‌های اسیدی نظیر  $H_2SO_4$  است.

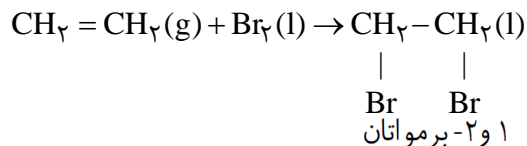


**نکته:** با وارد کردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب، اتانول ( $C_2H_5OH$ ) در مقیاس صنعتی تولید می‌شود. اتانول، الکلی دو کربنی، بی‌رنگ و فرار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیه مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود. از اتانول به عنوان ضدعفونی کننده استفاده می‌شود.

واکنش با هالوژن‌ها:



**نکته:** هر گاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است:



**نکته:** واکنش آلکن‌ها با برم یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیر شده (آلکان‌ها و سیکلوآلکان‌ها) است.

**نکته:** هر گاه تکه‌ای گوشت چرب در ارلنی حاوی بخار قرمز رنگ برم قرار بگیرد، بخار موجود در ارلن بی‌رنگ می‌شود. دلیل این امر، واکنش چربی سیرنشده موجود در گوشت با بخار برم است.

پلیمری شدن: با استفاده از این واکنش می‌توان انواع لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، الیاف و پلیمرهای سودمند را تهیه کرد.





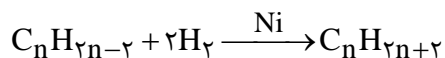
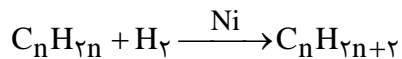
**۱-۴ آلکین‌ها**، هیدروکربن‌های سیرنشده‌ای هستند که در ساختار آنها یک پیوند سه‌گانه کربن-کربن ( $C \equiv C$ ) وجود دارد. فرمول عمومی آلکین‌ها  $C_nH_{2n-2}$  است. **اتین یا استیلن** ( $C_2H_2$ ) نخستین و **پروپین** ( $C_3H_4$ ) دومین عضو خانواده آلکین‌هاست.

**نکته:** در **جوشکاری کاربیدی**، از سوختن گاز اتین، دمای لازم برای جوش دادن قطعه‌های فلزی تامین شود. کاربید، آنیونی با فرمول  $C_2^{2-}$  است که در اثر جدا شدن اتم‌های هیدروژن از اتین ایجاد می‌شود.

**توجه:** گرمای حاصل از سوختن هر مول اتان از اتن و اتن از اتین بیشتر است اما دمای شعله اتین از بقیه بیشتر می‌باشد.

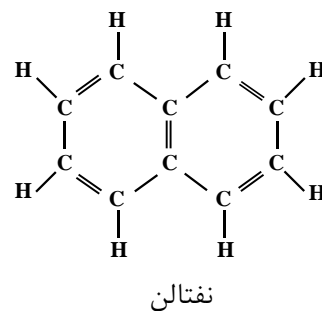
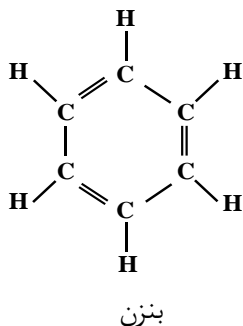
**۱-۵** واکنش‌پذیری آلکین‌ها از آلکن‌ها و آلکان‌ها بیشتر است و با مواد شیمیایی مختلف واکنش می‌دهند.

**۱-۶** برای سیر شدن هر مول آلکن و آلکین با گاز هیدروژن، به ترتیب **یک** و **دو مول گاز هیدروژن** مصرف می‌شود.

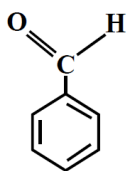


**۱-۷** ترکیب‌های آلی بسیاری شناخته شده است که در آنها اتم‌های کربن طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند. هیدروکربن‌های حلقوی به دو دسته کلی **آروماتیک** و **غیر آروماتیک** تقسیم می‌شوند.

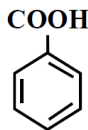
**۱-۸** هیدروکربن‌های آروماتیک، ترکیب‌هایی هستند در ساختار آن‌ها حلقه بنزنی مشاهده می‌شود. **بنزن** سرگروه این خانواده و ترکیب سیرنشده‌ای با فرمول شیمیایی  $C_6H_6$  می‌باشد. **نفتالن** ( $C_{10}H_8$ ) از دیگر ترکیب‌های آروماتیک است. نفتالن مدت‌ها به عنوان ضد بید برای نگه‌داری فرش و لباس کاربرد داشته است.



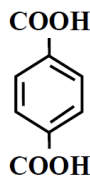
**۱-۹** برخی از هیدروکربن‌های آروماتیک که در کتاب‌های شیمی آمده است:



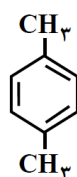
بنزaldehid



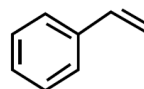
بنزویک اسید



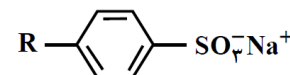
ترفتالیک اسید



پارازایلن



استیرن



پاک‌کننده‌های غیر صابونی

**۱۱-۰** یکی از انواع ترکیب‌های آلی غیر آروماتیک، **سیکلوآلکان‌ها** هستند. سیکلو (Cyclo) پیشوندی به معنای حلقوی است که برای نام‌گذاری برخی ترکیب‌های آلی حلقوی به کار می‌رود. سیکلو آلکان‌ها، هیدروکربن‌های سیرشده‌ای هستند که در ساختار گسترده آنها، یک حلقه کربنی دیده می‌شود و پیوند بین اتم‌های کربن فقط از نوع یگانه است. فرمول عمومی سیکلوآلکان‌ها،  $C_nH_{2n}$  است.

**نکته:** سیکلوآلکان‌ها، ایزومر ساختاری آلکن‌ها به شمار می‌روند.

**۱۱-۱** برای محاسبه تعداد اتم‌های هیدروژن در یک ترکیب آلی با  $n$  اتم کربن، بدون شمارش اتم‌ها می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$H : 2n + 2 - (2 \times \text{تعداد حلقه}) - (2 \times \text{تعداد پیوند دوگانه}) - (4 \times \text{تعداد پیوند سه‌گانه})$$



۱۱۲- تعداد پیوندهای اشتراکی در یک ترکیب آلی را می‌توان طبق رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\text{تعداد پیوند اشتراکی} = \frac{(\text{تعداد اتم‌های } O \times 2) + (\text{تعداد اتم‌های } H \times 1) + (\text{تعداد اتم‌های } C \times 4)}{2}$$

۱۱۳- نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های گوناگون (به صورت عمده آلکان‌ها)، برخی نمک‌ها، اسیدها، آب و ... است. البته مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون متغیر است.

۱۱۴- بیش از ۹۰ درصد نفت خام صرف سوزاندن و تامین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن به عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به کار می‌رود.

۱۱۵- چهار جزء اصلی سازنده نفت خام بر حسب اندازه به ترتیب از کوچک به بزرگ عبارتند از:

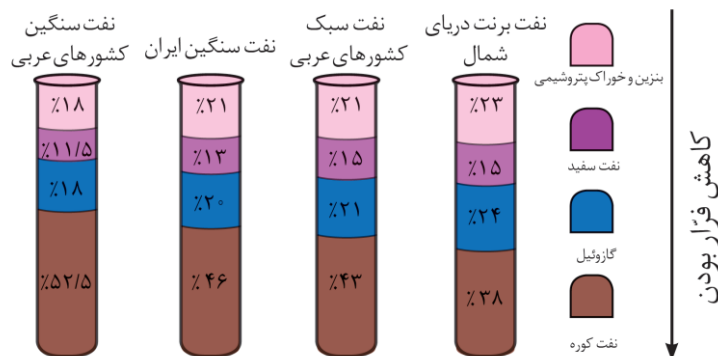
(۱) بنزین و خوراک پتروشیمی (بیشترین فراریت و کمترین نقطه جوش و گرانی) و

(۲) نفت سفید

(۳) گازوئیل

(۴) نفت کوره (بیشترین نقطه جوش و گرانی و کمترین فراریت)

۱۱۶- در شکل زیر چهار نوع نفت خام بر اساس درصد اجزای سازنده مقایسه شده‌اند. در نفت‌های سنگین در مقایسه با نفت‌های سبک، درصد نفت کوره و سایر اجزای سنگین نفت خام بیشتر و دارای چگالی و گرانی بالایی است. نفت سنگین از نظر ارزش، بهای کمتری دارند.



**نکته:**

◀ مقایسه قیمت نفت‌ها:

نفت برنت دریای شمال < نفت سبک کشورهای عربی < نفت سنگین ایران < نفت سنگین کشورهای عربی

◀ در همه ۴ نوع نفت ذکر شده، نفت کوره و نفت سفید به ترتیب بیشترین و کمترین درصد جرمی را دارند.

۱۱۷- پس از جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب، نفت خام را پالایش می‌کنند (یعنی جداسازی این مواد جزو مراحل پالایش نفت خام محسوب نمی‌شود). برای پالایش، با استفاده از تقطیر جزء به جزء، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطه جوش نزدیک به هم جدا می‌کنند. برای این کار، نفت خام را درون محفظه‌ای بزرگ گرما می‌دهند و آن را به برج تقطیر هدایت می‌کنند. برجی که در آن دما از پایین به بالا کاهش می‌یابد. هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرارتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالای برج حرکت می‌کنند. به تدریج که این مولکول‌ها بالاتر می‌روند، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند. وارد شده و از برج خارج می‌شوند.

**نکته:** در میان اجزای سازنده نفت خام، هر چه یک مولکول کوچک‌تر باشد، زودتر از نفت خام جدا شده و در برج تقطیر در سینی‌های بالاتری جمع‌آوری می‌شود.



۱۱۱- دستیابی به دانش و فناوری پالایش نفت خام سبب ایجاد تحولی بزرگ در صنعت حمل و نقل، پتروشیمی و دیگر صنایع شد و منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت و سوخت ارزان و مناسب گردید.

**نکته:** استخراج و مصرف بی حساب نفت خام سبب شده تا این اندوخته رو به پایان باشد. به طوری که طبق برآورد در بهترین حالت منابع نفت خام در سال ۲۱۲۵ و در بدترین حالت در سال ۲۰۷۵ به اتمام خواهند رسید.

۱۱۲- **زغال سنگ** یکی از سوخت‌های فسیلی است. برآوردها نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد. از این رو زغال سنگ می‌تواند به عنوان سوخت، جایگزین نفت شود.

۱۳۰- مقایسه بنزین و زغال سنگ:

◀ گرمای آزاد شده به ازای سوزاندن هر گرم بنزین از زغال سنگ بیش‌تر است.

◀ در فرمول شیمیایی زغال سنگ علاوه بر کربن و هیدروژن، عناصر اکسیژن، گوگرد و نیتروژن وجود دارد. در طرف دیگر، بنزین مخلوطی از هیدروکربن‌هاست که به طور میانگین  $C_8H_{18}$  در نظر گرفته می‌شود.

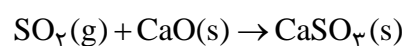
◀ **فرآورده‌های سوختن بنزین**  $CO_2$  و  $CO$  و  $H_2O$  هستند، در حالی که در سوختن زغال سنگ علاوه بر سه ترکیب ذکر شده،  $NO_2$  و  $SO_2$  نیز تولید می‌شود.

◀ به ازای هر کیلوژول انرژی حاصل از سوزاندن زغال سنگ در مقایسه با بنزین،  $CO_2$  بیش‌تری آزاد می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت جایگزینی نفت با زغال سنگ سبب ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هوا شده و تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود.

۱۳۱- راه‌های بهبود کارایی زغال سنگ:

◀ شست‌وشوی زغال سنگ به منظور حذف گوگرد و ناخالصی‌های دیگر

◀ به دام انداختن گاز گوگرد دی‌اکسید خارج شده از نیروگاه‌ها با عبور گازهای خروجی از روی کلسیم‌اکسید



۱۳۲- یکی از مشکلات زغال سنگ، شرایط دشوار استخراج آن است.

۱۳۳- **انفجار و فروریختن معدن‌های زغال سنگ** اغلب به دلیل تجمع گاز متان آزاد شده از زغال سنگ رخ می‌دهد. متان گازی سبک، بی‌بو و بی‌رنگ است و هرگاه مقدار آن در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال انفجار وجود دارد.

**نکته:** هر چه درصد متان بالاتر برود، احتمال انفجار نیز بیش‌تر خواهد بود.

**توجه:** یکی از راه‌های کاهش متان در هوای معدن استفاده از تهویه مناسب و قوی است.

۱۳۴- **سوخت هواپیما** از پالایش نفت خام در برج‌های تقطیر پالایشگاه‌ها تولید می‌شود. این سوخت به طور عمده از نفت سفید که مخلوطی از آلکان‌هاست تهیه می‌شود. نفت سفید شامل آلکان‌هایی با ۱۰ تا ۱۵ اتم کربن است.

۱۳۵- یکی از مسائل مهم در تامین سوخت، انتقال آن به مراکز توزیع و استفاده آن است که حدود ۶۶ درصد آن از طریق خطوط لوله و بقیه (حدود ۳۴ درصد) با استفاده از راه‌آهن، نفتکش جاده پیما و کشتی‌های نفتی انجام می‌شود.

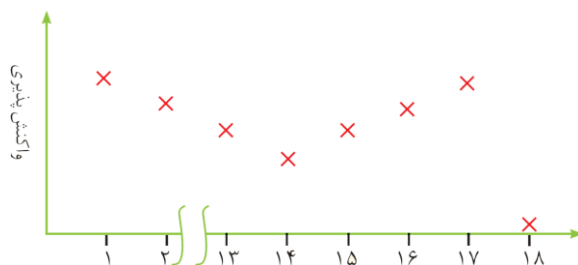
**نکات مهم تمرین‌های دوره‌ای**

◀ برای شناسایی و جداسازی یون سولفات ( $SO_4^{2-}$ ) در یک محلول، می‌توان آن را با کمک یون باریم ( $Ba^{2+}$ ) رسوب داد. نمک باریم سولفات ( $BaSO_4$ ) نامحلول و سفید رنگ است.

◀ سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی است که از واکنش  $SiO_2(s) + 2C(s) \xrightarrow{\Delta} Si(l) + 2CO(g)$  تهیه می‌شود. سیلیسیم تولید شده حالت مذاب دارد و با توجه به انجام پذیر بودن واکنش می‌توان نتیجه گرفت واکنش‌پذیری کربن از سیلیسیم بیش‌تر است.

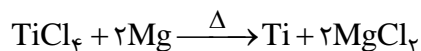


◀ نمودار زیر مقایسه واکنش پذیری عنصرهای دوره دوم را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. خصلت فلزی از چپ به راست کاهش می‌یابد و خصلت نافلزی در میان نافلزها، با افزایش عدد اتمی افزایش می‌یابد. در ضمن، واکنش پذیری عنصرهای گروه ۱۸ در حدود صفر است.

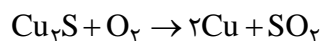


◀ ترتیب واکنش پذیری عنصرهای Mg، Fe، و Ti به صورت  $Fe < Ti < Mg$  می‌باشد.

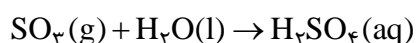
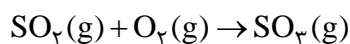
◀ تیتانیوم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. واکنش تهیه تیتانیوم از تیتانیوم (IV) کلرید به صورت زیر است:



◀ معدن مس سرچشمه کرمان، یکی از بزرگترین مجتمع‌های صنعتی معدن جهان به شمار می‌رود و بزرگترین تولید کننده مس است. برای تهیه مس خام از سنگ معدن آن، واکنش زیر انجام می‌شود.



**توجه:** این واکنش به دلیل تولید گاز آلاینده گوگرد دی‌اکسید روی محیط زیست تاثیر زیان‌باری دارد.  $SO_2$  در هوا کره به  $SO_3$  تبدیل می‌شود و سپس در اثر واکنش با آب باران و تولید سولفوریک اسید باعث ایجاد باران اسیدی می‌شود.





۱- دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می‌دانند. کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات‌بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تایید می‌کند. ( $E = mc^2$ )

۲- غذا همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. تامین غذای مناسب برای مردم جهان بسیار با اهمیت است و افزایش جمعیت جهان عامل تعیین کننده‌ای برای تامین غذا است، به طوری که امروزه تامین غذایی حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کره زمین بسیار پیچیده و دشوار است.

۳- در سال‌های اخیر میزان بهره‌برداری غلات همواره روند صعودی داشته و میزان غلات تولید و ذخیره شده به صورت کلی شاهد روند افزایشی بوده است.

۴- یکی از مهم‌ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تامین غذای افراد جامعه است.

۵- برای تولید غذا در حجم انبوه به فعالیت‌های صنعتی گوناگونی مانند تولید، حمل و نقل، نگهداری، فرآوری و ... نیاز است. مجموعه حوزه‌هایی که صنایع غذایی نامیده می‌شوند.

**نکته:** در صنعت غذایی همانند دیگر صنایع، سطح وسیعی از زمین‌های بایر و حجم عظیمی از آب‌های قابل استفاده در کشاورزی مصرف می‌شود.

**نکته:** پیشرفت دانش و فناوری موجب شده است که تولید فرآورده‌های کشاورزی و دامی افزایش یابد.

۶- سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین نشان می‌دهد. سرانه مصرف نان، برنج، شکر، نمک خوراکی و روغن در ایران از میانگین جهانی بیشتر است. دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است.

۷- گوشت قرمز و ماهی افزون بر پروتئین، محتوی انواع ویتامین و مواد معدنی است. شیر و فرآورده‌های آن، منبع مهمی برای تامین پروتئین و به ویژه کلسیم است و در پیشگیری و ترمیم پوکی استخوان نقش موثری دارد.

۸- نقش‌های غذا در بدن:

- ◀ تامین انرژی مورد نیاز بدن برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی، جابه‌جایی یون‌ها و مولکول‌ها از دیواره یاخته‌ها
- ◀ رشد و ساخت بخش‌های گوناگون بدن

**نکته:** همه این فرآیندها وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می‌کنند.

۹- سوء تغذیه هنگامی خودنمایی می‌کند که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاص از مواد مغذی همراه باشد. در این شرایط، بدن به تدریج ضعیف شده و شرایط بیماری فراهم خواهد شد.

۱۰- افزایش نامتناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در وعده‌های غذایی سبب افزایش وزن و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

۱۱- بدن برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیر ارادی گوناگون به ماده و انرژی نیاز دارد.

**نکته:** اسفناج و عدس منابع غنی از عنصر آهن هستند.

۱۲- ارزش مواد غذایی در تامین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست.



۱۳- یکی از راه‌های آزاد شدن انرژی مواد، سوزاندن آن‌هاست. هر ماده غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می‌سوزد، انرژی‌ای که می‌تواند باعث تغییر دما شود.

**نکته:** در جرم‌های یکسان، گرمای حاصل از سوزاندن مغز گردو از ماکارونی بیشتر است.

۱۴- برخی خوراکی‌ها مانند کاکائو و ترکیب‌های محتوی آن ذوب خمیری دارند، این مواد نقطه ذوب مشخص ندارند بلکه به تدریج ذوب شده و حالت خمیری و روان به خود می‌گیرند.

۱۵- با اینکه ذره‌های سازنده یک ماده در سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در جنب و جوش هستند اما میزان جنبش ذره‌ها متفاوت از یکدیگر است. به این جنبش‌های نامنظم، حرکت‌های گرمایی ذرات یک ماده گفته می‌شود.

**نکته:** جنبش‌های نامنظم ذره‌ها در حالت گاز < مایع > جامد است.

۱۶- دما کمیتی است میزان گرمی یا سردی یک ماده را نشان می‌دهد. هر چه دما بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن شدیدتر است. دمای یک ماده معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن است و به جرم ماده بستگی ندارد.

۱۷- انرژی گرمایی یک نمونه ماده، کمیتی است که مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده را نشان می‌دهد. انرژی گرمایی هم به دما هم به جرم ماده بستگی دارد.

**نکته:** یکای رایج دما، درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ ) و نماد آن « $\theta$ » می‌باشد، در حالی که یکای دما در «SI»، کلونین (K) و نماد آن «T» است. ارزش دمایی « $1^{\circ}\text{C}$ » و « $1\text{K}$ » با هم برابر است.

۱۸- روغن و چربی از جمله ترکیب‌های آلی هستند که به دلیل تفاوت در ساختار، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند.

◀ روغن: تعداد پیوندهای دوگانه زیاد ← واکنش‌پذیری بالا و حالت فیزیکی مایع

◀ چربی: تعداد پیوندهای دوگانه کم ← واکنش‌پذیری کم و حالت فیزیکی جامد

۱۹- داد و ستد گرما می‌تواند باعث تغییر دما شود. توجه کنید که گرما از ویژگی‌های یک نمونه ماده نیست و نباید برای توصیف آن به کار رود.

۲۰- گرما را با نماد «Q» نشان می‌دهند و یکای اندازه‌گیری آن در «SI» ژول (J) است.  $1\text{J} = 1\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

۲۱- هنوز در برخی موارد از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرما استفاده می‌شود. هر کالری برابر  $4/18$  ژول است که در مسائل، برای سادگی معمولاً  $4/2$  ژول در نظر گرفته می‌شود.

۲۲- ظرفیت گرمایی ماده (C) هم‌ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{Q}{\Delta T} \quad \left( \text{یکای: } \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \text{ یا } \frac{\text{J}}{\text{K}} \right)$$

۲۳- ظرفیت گرمایی ویژه ماده (c)، ظرفیت گرمایی یک گرم از ماده را نشان می‌دهد.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\cdot\Delta\theta} = \frac{Q}{m\cdot\Delta T} \quad \left( \text{یکای: } \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}} \text{ یا } \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}} \right)$$



## نکات:

ظرفیت گرمایی به نوع، مقدار و حالت فیزیکی ماده و شرایط محیط (فشار و دما) بستگی دارد اما ظرفیت گرمایی ویژه به جرم ماده بستگی ندارد.

در دمای  $75^{\circ}\text{C}$ ، تخم مرغ درون آب پخته می شود اما درون روغن زیتون تغییر محسوسی نخواهد کرد. این امر نشان می دهد ظرفیت گرمایی آب از روغن زیتون بیشتر است و برای تغییر دمای یکسان، گرمای بیشتری جذب کرده است که سبب پختن تخم مرغ شده است.

گرمای جذب یا آزاد شده در یک فرآیند از رابطه  $Q = mc\Delta\theta$  محاسبه می شود.

اگر چندین ماده با دماهای مختلف را کنار یکدیگر قرار دهیم، پس از گذشت مدتی هم دما می شوند. در چنین شرایطی، مجموع گرمای مبادله شده توسط همه مواد مساوی صفر است. ( $\theta$ : دمای تعادل)

$$Q_1 + Q_2 + \dots = 0$$

$$m_1c_1(\theta - \theta_1) + m_2c_2(\theta - \theta_2) + \dots = 0 \Rightarrow \theta = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2 + \dots}{m_1c_1 + m_2c_2 + \dots}$$

تکه نان در مقایسه با تکه هم جرم و هم سطح سیب زمینی دارای آب کمتری بوده و فرآیند هم دما شدن با محیط زودتر اتفاق می افتد.

**۲۴-** شیمی دان ها برای درک آسان تر جاری شدن انرژی گرمایی، بخشی از جهان را که مورد مطالعه و بررسی قرار می دهند، سامانه و بخشی از جهان را که با سامانه برهمکنش دارند، محیط پیرامون آن در نظر می گیرند.

**۲۵-** در فرآیند گرماده،  $Q < 0$  بوده و انرژی از سامانه به محیط جاری می شود. به این ترتیب دمای سامانه کاهش می یابد.

**۲۶-** در فرآیند گرماگیر،  $Q > 0$  بوده و انرژی از محیط به سامانه جاری می شود. به این صورت دمای سامانه افزایش می یابد.

**۲۷-** فرآیند هم دما شدن بستنی در بدن با جذب انرژی ( $Q > 0$ )، در حالی که گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی ( $Q < 0$ ) همراه است. انجام مجموعه واکنش های سوخت و ساز منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت و ساز باخته ها خواهد شد.

**نکته:** در فرآیند گوارش و سوخت و ساز خوراکی های با دمای  $37^{\circ}\text{C}$  در بدن (با دمای طبیعی  $37^{\circ}\text{C}$ )، با اینکه دما تغییر نمی کند اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون انرژی داد و ستد می شود.

**۲۸-** ویژگی بنیادی در همه واکنش های شیمیایی، دادوستد گرما با محیط پیرامون است. از این رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد.

**۲۹-** ترموشیمی شاخه ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش های شیمیایی، تغییر آن و تاثیری که بر حالت ماده دارد، می پردازد.

**۳۰-** زغال کک، واکنش دهنده ای رایج در استخراج آهن بوده که تامین کننده انرژی لازم برای انجام این واکنش نیز است.

**۳۱-** واکنش اکسایش گلوکز ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) برای تولید انرژی در بدن انجام می شود، پس گرماده است اما با وجود تولید انرژی، دمای بدن تغییر محسوسی نمی کند و واکنش در دمای ثابت انجام می شود ( $\Delta\theta = 0$ ).



**۳۲-** گرمای مبادله شده در واکنش شیمیایی ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذره ها) در مواد واکنش دهنده و فرآورده نیست، زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد.



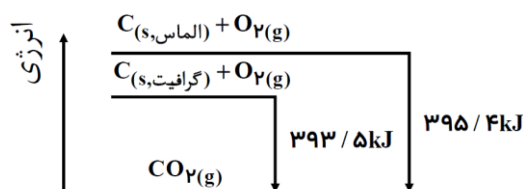
**۳۳-** گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده است. انرژی پتانسیل در یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی که ناشی از نیروهای نگه‌دارنده ذره‌های سازنده آن است. به عبارتی دیگر، با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوتی آشکار در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود.

**نکته:** در برخی منابع از انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده با نام انرژی شیمیایی یاد می‌شود.

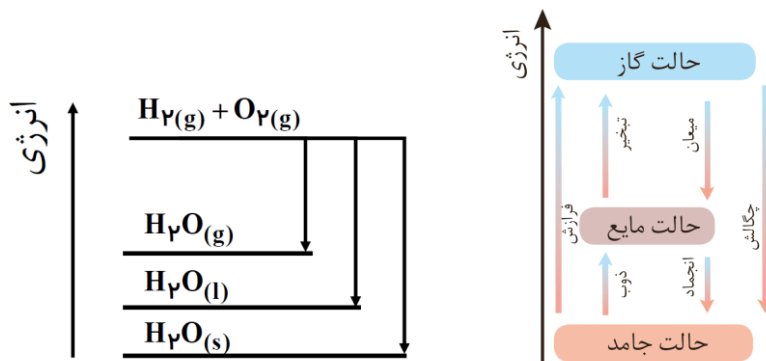
**۳۴-** در واکنش‌های شیمیایی در شرایط یکسان هر چه واکنش دهنده‌ها ناپایدارتر و فرآورده‌ها پایدارتر باشند، گرمای آزاد شده بیشتر خواهد بود.

**۳۵-** گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فرآورده واکنش سوختن کامل آن‌ها، گاز  $CO_2$  است.

**نکته:** گرافیت از الماس پایدارتر است و گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت از یک مول الماس کم‌تر است.



**۳۶-** سطح انرژی یک ماده با افزایش دما افزایش می‌یابد. به این ترتیب یک ماده در حالت گاز بیش‌ترین انرژی و در حالت جامد کم‌ترین انرژی را دارد. به این ترتیب در واکنش  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  زمانی بیش‌ترین مقدار گرما آزاد می‌شود که  $H_2O$  حالت فیزیکی جامد و  $H_2$  و  $O_2$  حالت فیزیکی گازی داشته باشند.



**نکته:** گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار واکنش دهنده‌ها، نوع فرآورده‌ها و حالت فیزیکی آنها بستگی دارد. تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.

**نکته:** فرآیندهای ذوب، تبخیر و تصعید، آنتالپی مثبت داشته و گرماگیر هستند در حالی که انجماد، میعان و چگالش گرماده با آنتالپی منفی هستند.

**۳۷-** یخچال صحرائی یک دستگاه ساده و ارزان است که توسط محمدها، آب، معلم نیجریایی طراحی و ساخته شد. دستگاهی که همانند یک یخچال اما بدون نیاز به انرژی الکتریکی، غذا را خنک و برای مدت طولانی‌تری نگه می‌دارد. در این وسیله دو ظرف سفالی (ساخته شده از خاک رس) درون یکدیگر قرار داده شده و فضای میان آنها با شن خیس پر شده است. آب در بدنه سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود. فرآیند تبخیر آب گرماگیر است و برای تبخیر هر مول آب  $44/1$  کیلوژول گرما نیاز است. جذب گرما در این فرآیند باعث افت دما و خنک ماندن فضای درونی دستگاه و محتویات آن می‌شود.





**نکته:** در پوش این مجموعه، پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می‌دهد.

**۳۹-** ذره‌های سازنده یک ماده افزون بر جنبش‌های نامنظم، با یکدیگر برهمکنش دارند. در واقع، ذره‌های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند.

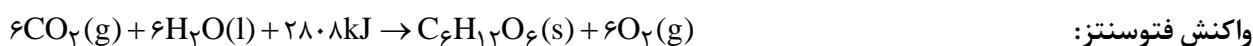
**نکته:** یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود.

**۳۹-** شیمی‌دان‌ها انرژی کل یک سامانه را هم‌ارز با محتوی انرژی یا آنتالپی آن می‌دانند با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. همه مواد پیرامون ما در دما و فشار معین آنتالپی معینی دارند.

**۴۰-** از آنجا که داد و ستد انرژی در واکنش‌ها به طور عمده به شکل گرما ظاهر می‌شود، تغییر آنتالپی هر واکنش ( $\Delta H$ )، هم‌ارز با گرمایی در نظر گرفته می‌شود که در فشار ثابت با محیط پیرامون داد و ستد می‌کند و آن را با  $Q_p$  نشان می‌دهند. نماد آنتالپی  $H$  است و اغلب به جای تغییر آنتالپی ( $\Delta H$ ) به کار می‌رود و با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\Delta H (\text{واکنش}) = H (\text{مواد فرآورده}) - H (\text{مواد واکنش دهنده}) = Q_p$$

**۴۱-** در واکنش‌های گرماگیر مثل فتوسنتز و تصعید یخ خشک ( $\text{CO}_2$  جامد) محتوای انرژی فرآورده‌ها از محتوای انرژی واکنش دهنده‌ها بیشتر است.



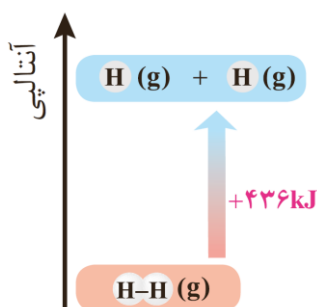
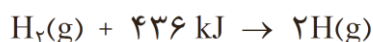
**۴۲-** اگر گاز بی‌رنگ  $\text{N}_2\text{O}_4$  را گرم کنیم، به تدریج به گاز قهوه‌ای رنگ  $\text{NO}_2$  تبدیل می‌شود. این امر نشان می‌دهد واکنش  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  گرماگیر است.

**۴۳-** مقدار عددی  $\Delta H$  در یک فرآیند بزرگی آن را نشان می‌دهد، در حالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان دهنده گرماگیر و گرماده بودن آن است.

**۴۴-** انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر می‌شود.

**۴۵-** به انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند در مولکول گازی و تبدیل آن به دو مول اتم گازی جدا از هم آنتالپی پیوند می‌گویند.

**مثال:** آنتالپی پیوند  $\text{H}-\text{H}$ :



**نکته:** در مولکول‌های چند اتمی مثل  $\text{CH}_4$ ،  $\text{NH}_3$  و  $\text{H}_2\text{O}$  که اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است، یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است.



۴۶- آنتالپی پیوند به دو عامل بستگی دارد:

◀ مرتبه پیوند: هر چه مرتبه پیوند بیشتر باشد، انرژی لازم برای شکستن پیوند بیشتر است.

**مثال:**  $\Delta H(C \equiv C) > \Delta H(C = C) > \Delta H(C - C)$

◀ طول پیوند: هر چه مجموع شعاع اتم‌های درگیر در پیوند (طول پیوند) بیشتر باشد، آنتالپی پیوند کمتر است؛

**مثال:**  $\Delta H(O - H)$  از  $\Delta H(N - H)$  بیشتر است زیرا شعاع اتمی N از O بیشتر است.

۴۷- گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌هایی است که در ترموشیمی دنبال می‌شود.

۴۸- روش محاسبه آنتالپی یک واکنش گازی با استفاده از آنتالپی پیوند:

[ مواد واکنش دهنده ] - [ مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده ها ] =  $\Delta H$  (واکنش)

**نکته:** در واکنش‌هایی می‌توان برای تعیین  $\Delta H$  از آنتالپی پیوند استفاده کرد که همه مواد شرکت کننده در آنها به حالت گازی باشند.

**نکته:** هر چه مولکول‌های مواد شرکت کننده در واکنش ساده‌تر باشند، آنتالپی واکنش با داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد.

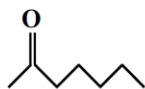
۴۹- ادویه‌ها افزون بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می‌دهند، مصرف دارویی نیز دارند آن چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرسنگی، افزایش سوخت و ساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به کار می‌روند.

۵۰- تفاوت در خواص ادویه‌ها به دلیل تفاوت در ساختار مواد آلی موجود در آنها است؛ ترکیب‌هایی که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن و کربن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند.

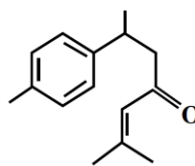
۵۱- گروه عاملی آرایش مشخصی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.

۵۲- آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه  $C=O$  (نشانه وجود یک گروه عاملی به نام کربونیل است، گروهی که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص ویژه‌ای می‌بخشد.

۵۳- در مواد کتونی، گروه کربونیل از دو جهت به گروه‌های کربنی متصل است  $(R_1 - C(=O) - R_2)$ . مواد آلی موجود در میخک (۲- هپتانون) و زرد چوبه ( $C_{15}H_{22}O$ ) کتون هستند.



۲- هپتانون (موجود در میخک)

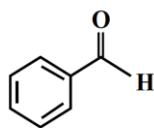


ماده آلی موجود در زردچوبه

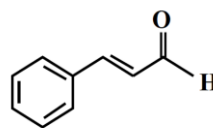
**نکته:** فرمول عمومی کتون‌های سیرشده و تک عاملی  $C_nH_{2n}O$  است و نام آن‌ها به پیوند «نون» ختم می‌شود؛ استون (پروپانون) ساده‌ترین کتون و یک حلال قطبی با فرمول  $C_3H_6O$  است.



**۵۴-** در آلدئیدها، گروه کربونیل از یک سمت به زنجیره کربنی و از سمت دیگر به اتم هیدروژن ختم می‌شود و وجود این اتم هیدروژن در آلدئیدها، خواص متفاوتی را در مقایسه با کتون‌ها به این ترکیبات می‌بخشد ماده آلی موجود در بادام، بنزالدهید با فرمول  $C_7H_6O$  است که شامل یک حلقه بنزنی و گروه عاملی آلدئیدی می‌باشد. ترکیب آلی موجود در دارچین نیز دارای گروه عاملی آلدئیدی است.

بنزالدهید ( $C_6H_5COH$ )

(موجود در بادام)

 $C_9H_8O$ 

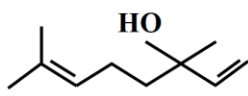
(موجود در دارچین)

**نکته:** فرمول عمومی آلدئیدهای سیرشده و تک عاملی  $C_nH_{2n}O$  می‌باشد و ساده‌ترین آلدئید متانال یا فرمالدهید ( $HCOH$ ) نام دارد.

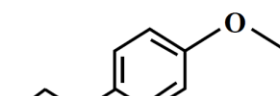
**۵۵-** به ازای تعداد برابر اتم کربن می‌توان گفت آلدئیدها و کتون‌ها ایزومر ساختاری یکدیگر هستند.

**۵۶-** در دسته دیگری از ترکیب‌های آلی، اتم اکسیژن به یک یا دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. این گروه‌های عاملی به ترتیب هیدروکسیل (یا الکلی) ( $-O-H$ ) و گروه اتری ( $-O-$ ) نام دارند. فرمول عمومی الکل‌ها و اترهای تک عاملی و سیر شده،  $C_nH_{2n+2}O$  است.

**۵۷-** ترکیب آلی موجود در رازیانه یک اتر و ترکیب آلی موجود در گشنیز یک الکل است.

 $C_{10}H_{18}O$ 

(موجود در گشنیز)

 $C_{10}H_{12}O$ 

(موجود در رازیانه)

**نکته:** مواد آلی موجود در رازیانه و گشنیز دارای تعداد برابری اتم کربن هستند. تعداد اتم هیدروژن در ترکیب موجود در گشنیز بیش تر است و ترکیب آلی موجود در رازیانه بر خلاف گشنیز حلقه بنزنی دارد.

**۵۸-** به ترکیب‌هایی که دارای فرمول مولکولی یکسانی بوده اما ساختار متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند. ایزومرها خواص فیزیکی و شیمیایی و محتوایی انرژی متفاوتی دارند.

**۵۹-** بدن ما از غذا، مواد گوناگونی دریافت می‌کند. این مواد شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها و مواد معدنی است.

**نکته:** کربوهیدرات، چربی و پروتئین افزون بر تامین مواد اولیه برای سوخت و ساز یاخته‌ها، منابعی برای تامین انرژی آنها نیز هستند.

**نکته:** گلوکز، قند خون و سخت رایج سلول‌هاست. در میان مواد مغذی فقط کربوهیدرات‌ها هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و در خون حل می‌شود. انرژی مورد نیاز یاخته‌ها از واکنش اکسایش گلوکز تامین می‌شود.



۶۰- ارزش سوختی، میزان انرژی حاصل از اکسایش یک گرم از یک ماده را درون بدن نشان می‌دهد. بر این اساس، ارزش سوختی چربی ( $\frac{38 \text{ kJ}}{\text{g}}$ ) از کربوهیدرات و پروتئین بیشتر است و کربوهیدرات و پروتئین ارزش سوختی یکسانی دارند ( $\frac{17 \text{ kJ}}{\text{g}}$ ). توجه شود ارزش سوختی بدون علامت منفی گزارش می‌شود.

۶۱- مقایسه ارزش سوختی برخی خوراکی‌ها:

بادام زمینی < پنیر < شکلات < نان < تخم مرغ < شیر

۶۲- میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن، سن و میزان فعالیت‌های روزانه او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

۶۳- بخش عمده گاز شهری را متان ( $\text{CH}_4$ ) تشکیل می‌دهد. گاز متان نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شده، از این رو به گاز مرداب معروف است. این گاز از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی در آب تولید می‌شود.

۶۴- در واکنش سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق ( $25^\circ\text{C}$ )، آب تولید شده حالت مایع دارد.

۶۵- آنتالپی سوختن یک ماده هم‌ارز با آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل بسوزد. با توجه به این که واکنش سوختن همواره گرماده ( $\Delta H < 0$ ) است، آنتالپی سوختن همواره عددی منفی می‌باشد.

۶۶- به ازای تعداد اتم کربن یکسان، مقایسه مقدار گرمای حاصل از سوختن یک مول از ترکیب‌های آلی به صورت زیر است:

آلکان < آلکن < الکل < آلکین

۶۷- در آلکان‌ها، با افزایش تعداد اتم‌های کربن و جرم مولی هیدروکربن‌ها، مقدار گرمای حاصل از سوختن یک مول از آنها افزایش می‌یابد؛ بنابراین آنتالپی سوختن کاهش پیدا می‌کند و منفی‌تر می‌شود.

۶۸- سوخت‌های سبز در ساختار خود دارای اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند. اتانول ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) یک سوخت سبز به شمار می‌رود.

۶۹- شکل مقابل ساختار گرماسنج لیوانی را نشان می‌دهد که از یک لیوان یک بار مصرف به عنوان عایق گرما، درپوش، همزن و دماسنج تشکیل شده است. به کمک این دستگاه می‌توان گرمای واکنش را در فشار ثابت ( $Q_p$ ) به روش تجربی تعیین کرد که همان آنتالپی واکنش است. در اثر انجام واکنش شیمیایی، دمای آب درون گرماسنج تغییر می‌کند و با در اختیار داشتن ظرفیت گرمایی گرماسنج و طبق رابطه  $Q = C\Delta\theta$  می‌توان گرمای واکنش را محاسبه کرد.



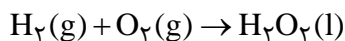
**نکته:** گرماسنج لیوانی برای تعیین  $\Delta H$  فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است.

۷۰- آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی اندازه‌گیری کرد؛ زیرا برخی از آنها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند و تامین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است. **مثال:**

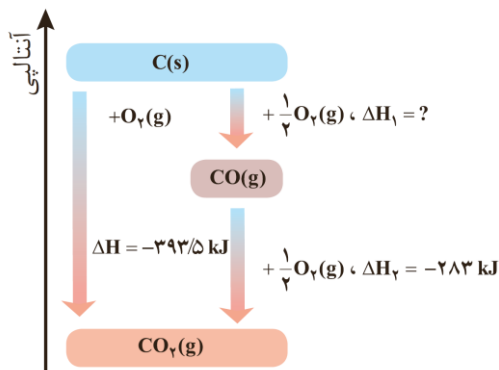
در واکنش تهیه متان از گرافیت و گاز هیدروژن ( $\text{C(s)} + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$ ) تامین شرایط بهینه برای انجام واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است.



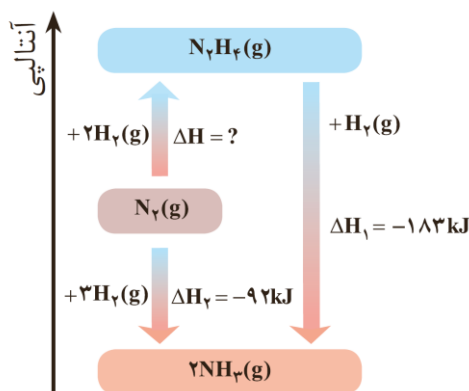
◀ تهیه هیدروژن پراکسید به نام تجاری آب اکسیژنه از واکنش مستقیم میان گازهای هیدروژن و اکسیژن:



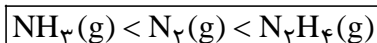
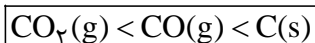
◀ واکنش سوختن کامل گرافیت و تبدیل آن به کربن دی اکسید یک فرآیند دو مرحله‌ای است. آنتالپی واکنش مرحله اول (تبدیل گرافیت به کربن مونواکسید) را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد.



◀ فرآیند تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن در دو مرحله انجام می‌گیرد و ابتدا هیدرازین ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) و سپس آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) تولید می‌شود. واکنش مرحله اول (تبدیل واکنش دهنده‌ها به هیدرازین) به روش تجربی قابل محاسبه نیست.



**نکته:** مقایسه محتوای انرژی مواد زیر را به خاطر داشته باشید:



۱- اگر واکنش شیمیایی با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرما(ترموشیمیایی) می‌گویند.

۲- اگر  $\Delta H$  یک واکنش شیمیایی برابر  $a$  باشد:

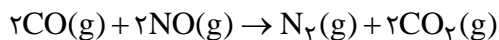
◀ با تغییر جهت انجام واکنش، آنتالپی آن قرینه و برابر  $-a$  می‌شود.

◀ با  $n$  برابر کردن ضرایب مولی گونه‌ها، آنتالپی واکنش  $n$  برابر و به  $na$  تبدیل می‌شود.

۳- یکی از روش‌های غیر تجربی برای محاسبه آنتالپی واکنش‌ها، قانون هس نام دارد. بر اساس قانون هس، اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد،  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.



۹۴- واکنش تبدیل گازهای آلاینده NO و CO (خروجی از آگزوز خودروها) به گازهای پایدارتر و با آلاینده‌گی کمتر N<sub>۲</sub> و CO<sub>۲</sub>:



۹۵- برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی عبارتند از:

- ◀ خشک کردن
- ◀ تهیه ترشی
- ◀ نمک سود کردن
- ◀ بسته بندی نوین
- ◀ افزودن نگهدارنده‌ها
- ◀ تهیه کنسرو

۹۶- عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا موثرند. تجربه نشان می‌دهد که محیط سرد، خشک، تاریک و کم اکسیژن برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر است.

**نکته:** اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. به این جهت، برای افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت برخی مواد غذایی، آنها را با خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی می‌کنند یا در برخی مواد، گازهای واکنش‌ناپذیر مثل نیتروژن را جایگزین هوای داخل بسته می‌کنند.

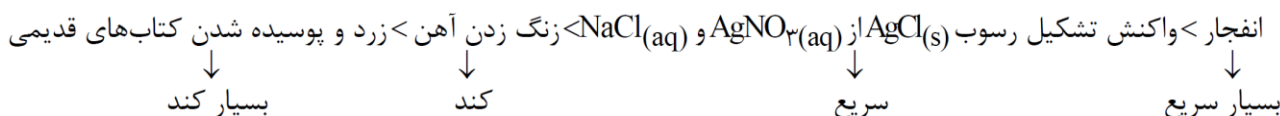
۹۷- روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

۹۸- سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی افزون بر بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش‌ها، عوامل موثر بر این آهنگ را نیز بررسی می‌کند.

۹۹- آهنگ واکنش معیاری برای زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد. آهنگ (سرعت) یک واکنش با گستره زمانی انجام آن نسبت عکس دارد. گستره زمان انجام واکنش‌ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد.

**نکته:** فرایندهای سیاه شدن موز، سیاه شدن وسایل نقره‌ای و پیر شدن به ترتیب به حدود ۵ روز، ۵ ماه و ۵۰ سال زمان نیاز دارند.

۱۰۰- مقایسه سرعت چند واکنش شیمیایی:



**نکات:**

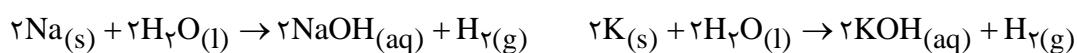
- ◀ در اثر انفجار، مقدار کمی ماده منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم (نه مقدار) زیادی از گازهای داغ تولید می‌کند.
- ◀ رسوب نقره کلرید به رنگ سفید می‌باشد.
- ◀ زنگار آهن (Fe(OH)<sub>۳</sub>) ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.
- ◀ زرد و پوسیده شدن کتاب‌های قدیمی، در اثر واکنش تجزیه (نه اکسایش) سلولز کاغذ اتفاق می‌افتد. سلولز یک درشت مولکول با الیاف زنجیری بوده که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول گلوکز به یکدیگر ساخته می‌شود.

۱۱- عوامل موثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی:

- ◀ **فعالیت شیمیایی و نوع واکنش دهنده‌ها (واکنش‌پذیری):** هر چه فعالیت شیمیایی واکنش دهنده‌ها بیشتر باشد، سرعت انجام واکنش بیشتر است.



**مثال:** در واکنش فلزات مختلف با آب، هر چه خاصیت فلزی (تمایل به از دست دادن الکترون) عنصر فلزی بیشتر باشد، واکنش آن با آب سرد با سرعت و شدت بیش تری انجام می‌شود. برخی از فلزها فقط با آب گرم واکنش می‌دهند و برخی دیگر توانایی واکنش با آب را ندارند.



**توجه:** مقدار نهایی فرآورده به فعالیت شیمیایی فلز بستگی ندارد و استفاده از فلز واکنش پذیرتر با مول یکسان، فقط زمان تولید فرآورده را کوتاه‌تر می‌کند.

**نکته:** رنگ شعله پتاسیم و ترکیب‌های بنفش و رنگ شعله سدیم و ترکیب‌های زرد می‌باشد و هر دو عنصر با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند.

◀ **دما:** افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود.

**مثال:** واکنش محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات ( $\text{KMnO}_4$ ) با یک اسید آلی (با فرمول عمومی  $\text{RCOOH}$ ) در دمای اتاق به کندی انجام می‌شود. افزایش دما و گرم کردن محلول، سرعت انجام واکنش را افزایش می‌دهد. طی انجام این واکنش، محلول بی‌رنگ می‌شود.

**مثال ۲:** برای نگه‌داری طولانی مدت فرآورده‌های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند.

◀ **غلظت واکنش دهنده‌ها:** افزایش غلظت مواد واکنش دهنده سرعت انجام واکنش را افزایش می‌دهد.

**توجه:** تغییر حجم سامانه تنها در صورتی می‌تواند باعث تغییر غلظت واکنش دهنده‌ها و سرعت یک واکنش شود که حداقل یکی از مواد واکنش دهنده به حالت گازی باشند.

**نکته:** در دما و فشار مشخص، غلظت مواد مایع و جامد خالص ثابت است. به عنوان مثال در واکنش  $\text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CaCO}_3\text{(s)}$  در دمای ثابت، افزودن کلسیم اکسید تغییری در غلظت  $\text{CaO}$  پدید نمی‌آورد.

**مثال ۱:** بیماری‌هایی را که مشکلات تنفسی دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کیسول اکسیژن دارند؛ زیرا غلظت اکسیژن در کیسول از هوا بیشتر است.

**مثال ۲:** الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.

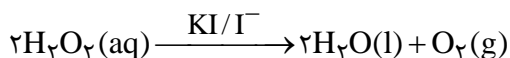
◀ **کاتالیزگر:** ماده‌ای است که با تغییر مسیر انجام واکنش و کاهش انرژی فعال‌سازی، زمان انجام واکنش را کاهش می‌دهد و سرعت آن را بالا می‌برند.

**مثال ۱:** خاک باغچه می‌تواند به عنوان یک کاتالیزگر سبب تسریع در واکنش سوختن یک حبه قند شود.



**مثال ۲:** آنزیم‌ها کاتالیزگرهای زیستی هستند، برخی افراد به دلیل دارا نبودن آنزیم‌های لازم برای هضم کلم و حبوبات، در اثر مصرف این مواد دچار نفخ می‌شوند.

**مثال ۳:** محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه می‌شود و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد.



◀ **سطح تماس:** در واکنش‌هایی که واکنش دهنده‌ها دارای بیش از یک فاز (حالت فیزیکی) هستند، هر چه سطح تماس مواد واکنش دهنده بیشتر باشد، سرعت انجام واکنش نیز افزایش می‌یابد.

**نکته:** اگر یک معکب از وسط نصف شود، سطح تماس آن با اضافه شدن دو وجه جدید،  $\frac{A}{\rho} = 1/33$  برابر می‌شود.

**مثال ۱:** قاووت گردی مغذی و تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود. زودتر فاسد شدن قاووت در مقایسه با مغزها در اثر سطح تماس بیشتر آن با هوای آزاد است.

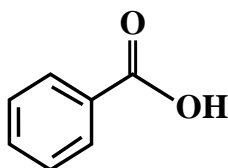
**مثال ۲:** شعله آتش، گرد آهن موجود در کیسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

**۱۲-** افزودنی‌ها، مواد شیمیایی مانند نگهدارنده، رنگ دهنده، طعم‌دهنده و ... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند. برای نمونه نگهدارنده‌ها، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد ماده غذایی می‌شوند را کاهش می‌دهند.

**۱۳-** کربوکسیلیک اسیدها، خانواده‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که دارای یک یا چند گروه کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) می‌باشند. این مواد دارای خاصیت اسیدی بوده و همگی اسیدهای ضعیفی محسوب می‌شوند. فرمول عمومی اسیدهای سیر شده و تک عاملی،  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  بوده و در نامگذاری آنها از پسوند «نوئیک اسید» استفاده می‌شود.

**نکته:** متانوئیک اسید یا فرمیک اسید ( $\text{HCOOH}$ ) ساده‌ترین و اتانوئیک اسید یا استیک اسید ( $\text{HCOOH}$ ) آشناترین عضو خانواده اسیدهای آلی به شمار می‌رود.

**۱۴-** بنزوئیک اسید یک کربوسیلیک اسید آروماتیک با فرمول  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  است که در تمشک و توت فرنگی وجود دارد. از این ترکیب در صنایع غذایی به عنوان نگهدارنده استفاده می‌شود.



**۱۵-** شیمی‌دان‌ها از یک سو در پی یافتن راه‌هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند و از سویی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فرآورده‌های گوناگونی با صرفه اقتصادی تولید کنند. سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می‌گذارد.

**۱۶-** مقایسه دقیق میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل کمی بیان شود.





۱۱۰- در واکنش محلول سفیدکننده با رنگ غذا، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته شده تا اینکه در پایان واکنش، محلول تا مرز بی‌رنگ شدن پیش می‌رود.

۱۱۱- در ارتباط با واکنش تیغه روی و محلول مس (II) سولفات نکات زیر حائز اهمیت هستند:

- ◀ معادله واکنش به صورت  $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$  می‌باشد.
- ◀ با توجه به خودبه‌خودی (انجام‌پذیر) بودن واکنش می‌توان نتیجه گرفت فلز روی از فلز مس واکنش‌پذیرتر است.
- ◀ محلول حاوی یون های  $Cu^{2+}$  به رنگ آبی است و به تدریج با کاهش  $[Cu^{2+}]$ ، از رنگ محلول کاسته می‌شود.
- ◀ با گذشت زمان، فلز سرخ نام مس روی سطح تیغه و کف ظرف می‌نشیند.

۱۱۲- سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را با  $\bar{R}$  نمایش می‌دهند. سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت کننده را می‌توان با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند جرم، فشار و ... تعیین کرد.

**نکته:** کمیت سرعت در شیمی همواره مثبت گزارش می‌شود، به این ترتیب تغییرات مول، جرم، حجم و ... در واکنش دهنده‌ها به صورت قرینه و در فرآورده‌ها بدون تغییر علامت وارد رابطه محاسبه  $\bar{R}$  می‌شود.

$$\bar{R}_A \begin{cases} \frac{|\Delta n_A|}{\Delta t} \\ \frac{|\Delta m_A|}{\Delta t} \\ \frac{|\Delta V_A|}{\Delta t} \\ \frac{|\Delta[A]|}{\Delta t} \rightarrow (g), (aq) \end{cases}$$

**نکته:** برای شرکت کننده‌ها در فاز گاز و محلول، می‌توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را افزون بر یکای مول بر زمان با یکای مول بر لیتر بر زمان نیز گزارش کرد.

۱۱۳- در واکنش فرضی  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ ، سرعت متوسط مصرف یا تولید گونه‌ها و سرعت متوسط واکنش بر حسب یکای مول بر زمان برابر است با:

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta n_A}{\Delta t}, \quad \bar{R}_B = \frac{-\Delta n_B}{\Delta t}, \quad \bar{R}_C = \frac{\Delta n_C}{\Delta t}, \quad \bar{R}_D = \frac{\Delta n_D}{\Delta t}$$

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

**نکته:** سرعت متوسط مصرف یا تولید هر گونه متناسب با ضریب استوکیومتری آن در معادله واکنش است.

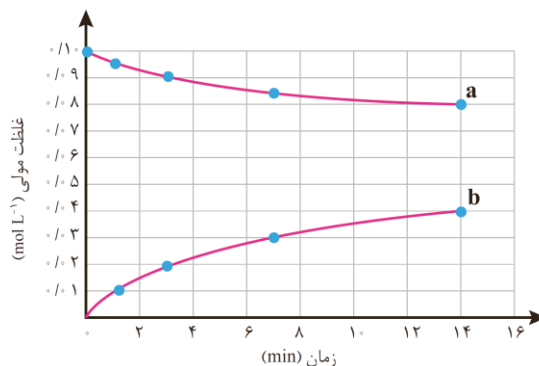
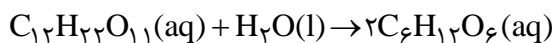
**توجه:** موارد فوق در صورتی صادق هستند که یکای سرعت جرم بر زمان نباشد.

۱۱۴- در اغلب واکنش‌های شیمیایی، با گذشت زمان سرعت واکنش کاهش می‌یابد و شیب تغییرات مول گونه‌های شرکت کننده در واکنش به تدریج کم می‌شود تا در نهایت مقدار واکنش دهنده (ها) به صفر (واکنش کامل) یا عددی ثابت (واکنش تعادلی) برسد.

۱۱۵- در نمودار تغییر مول یا غلظت گونه‌های شرکت کننده در یک واکنش بر حسب زمان، منحنی مربوط به واکنش دهنده‌ها نزولی و منحنی مربوط به فرآورده (ها) صعودی است و شیب آن‌ها به ضریب استوکیومتری هر گونه بستگی دارد.



**مثال:** در نمودار زیر که مربوط به واکنش تبدیل مالتوز ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) به گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ ) است، منحنی a تغییرات غلظت مالتوز و منحنی b تغییرات غلظت گلوکز را نشان می‌دهد.



**نکته:** سمنو از جوانه گندم تهیه می‌شود. قند موجود در جوانه گندم مالتوز می‌باشد.

**۹۳-** در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق در سامانه‌ای سرباز، کاهش جرم مخلوط واکنش به دلیل آزاد شدن فرآورده گازی ( $CO_2$ ) است.

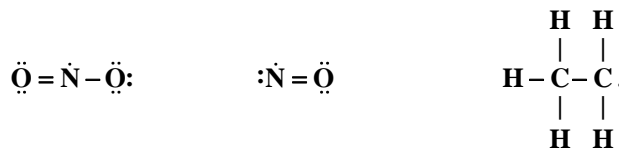


**۹۴-** یکی از آلاینده‌هایی که باعث تولید باران اسیدی می‌شود، گاز گوگرد تری‌اکسید است که مطابق واکنش  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$  تولید می‌شود.

**۹۵-** برنامه غذایی محتوی سبزیجات و میوه‌های گوناگون، نقش بازدارندگی موثری در برابر سرطان‌ها و پیری زودرس دارند. این خوراکی‌ها محتوی ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریزمغذی‌ها هستند که در حفظ سلامت بافت‌ها و اندام‌ها دخالت دارند. برخی از ریزمغذی‌ها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال‌ها جلوگیری می‌کنند.

**۹۶-** رادیکال، گونه فعال و ناپایداری است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده دارد، در واقع محتوی اتم‌هایی است که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند. بدیهی است که رادیکال‌ها واکنش‌پذیری بالایی دارند.

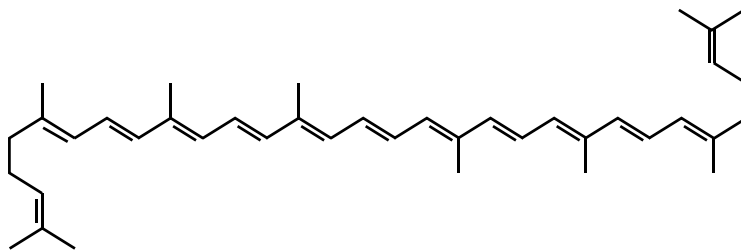
**مثال:** مولکول‌های  $NO$ ،  $NO_2$  و گروه‌های آلکیلی رادیکال محسوب می‌شوند.



**نکته:** در بدن ما به دلیل انجام واکنش‌های متنوع و پیچیده، رادیکال‌هایی به وجود می‌آیند که می‌توانند با انجام واکنش‌های سریع به بافت‌های بدن آسیب برسانند.

**۹۷-** مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها سبب خواهد شد که رادیکال‌ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آن‌ها از سرعت واکنش‌های ناخواسته کاسته شود. لیکوپن بازدارنده‌ای است که در هندوانه و گوجه‌فرنگی وجود دارد.

**نکته:** فرمول شیمیایی لیکوپن  $C_{40}H_{56}$  است و دارای ۱۳ پیوند دوگانه می‌باشد و غیر آروماتیک است.



**۹۱-** میزان نیاز و بهره‌مندی از این منابع برای همه یکسان نیست. دلیل این تفاوت را باید در سبک زندگی هر فرد جستجو کرد زیرا هر انسان در طول عمر خود، ردپاهای متفاوتی در محیط زیست بر جای می‌گذارد.

**۹۴-** ردپای غذا دو چهره آشکار و پنهان دارد:

◀ چهره آشکار آن نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰ درصد غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود.

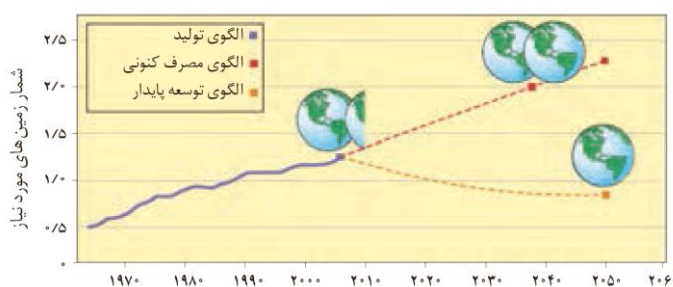
**نکته:** بر اساس آمارها، به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است.

◀ چهره پنهان این ردپا شامل همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند؛ شامل مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولیدی و تامین مواد اولیه و انرژی، فرآوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و ... چهره پنهان دیگر این ردپا، تولید گاز های گلخانه‌ای به ویژه کربن دی‌اکسید است.

**نکته:** سهم تولید  $CO_2$  در ردپای غذا به مراتب بیش‌تر از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.

**۱۰۰-** از آنجا که جمعیت جهان، رشد اقتصادی، سطح رفاه و ... رو به افزایش است، تقاضا برای غذا نیز پیوسته افزایش می‌یابد. تقاضایی که برای تامین آن، منابع آب، انرژی، مواد اولیه و زمین بیشتری را می‌طلبد. بدیهی است. که با این روند ردپای غذا روی محیط زیست سنگین‌تر شده و مساحت کل مورد نیاز برای تامین اقلام ضروری زندگی بیشتر خواهد شد.

**نکته:** با توجه به نمودار زیر، در صورت ادامه الگوی مصرف کنونی، مساحت زمین مورد نیاز برای تامین غذای جمعیت جهان در سال ۲۰۴۰ به اندازه دو کره زمین است.



**۱۰۱-** چهار الگوی کاهش ردپای غذا و اصل مرتبط با آن در شیمی سبز در جدول زیر آمده است:

بیانی از اصل شیمی سبز	الگوی کاهش ردپای غذا
کاهش تولید زباله و پسماند	خرید به اندازه نیاز
طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم‌تر	کاهش مصرف گوشت و لبنیات
کاهش مصرف انرژی	استفاده از غذاهای بومی و فصلی
کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط	کاهش مصرفی غذاهای فرآوری شده



## نکات تمرین‌های دوره‌ای پایان فصل:

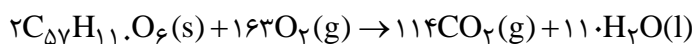
◀ اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرما را انتقال می‌دهند. اساس کار این بسته‌ها، انحلال برخی ترکیب‌های یونی در آب است.

آمونیم نیترات ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) انحلال گرماگیر دارد و در بسته‌های سرمازا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

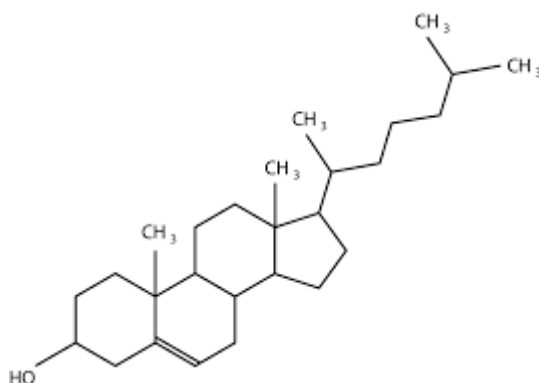
کلسیم کلرید ( $\text{CaCl}_2$ ) انحلال گرماده دارد و در بسته‌های سرمازا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**یادآوری دهم:** در موادی که انحلال گرماده دارند، با افزایش دما میزان انحلال پذیری کاهش می‌یابد. گازها، لیتیم سولفات، کلسیم کلرید، اسیدها و بازهای قوی این ویژگی را دارند.

◀ چربی ذخیره شده در کوهان شتر دارای فرمول شیمیایی  $\text{C}_{57}\text{H}_{111}\text{O}_6$  است و سه گروه عاملی استری و سه پیوند دوگانه دارد و یک چربی سیرشده محسوب می‌شود. در اثر اکسایش این چربی، افزون بر آب، انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های شتر تامین می‌شود.



◀ کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیواره رگ‌ها رسوب می‌کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ‌ها و سکنه می‌شود. فرمول مولکولی این ترکیب  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$  بوده و یک الکل غیر آروماتیک، تک عاملی و سیرنشده می‌باشد، زیرا پیوند دوگانه کربن-کربن دارد.

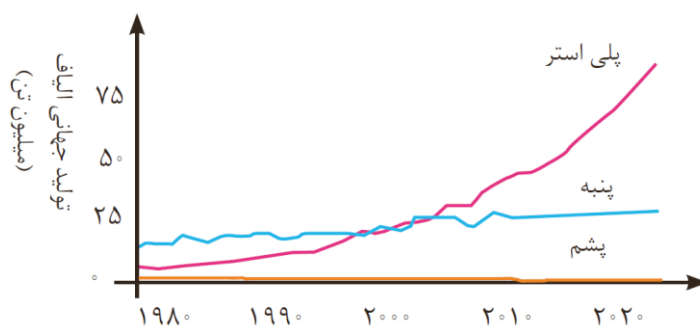


**توجه:** در شرایط یکسان، پیوندهای یگانه کربن - کربن راحت‌تر از سایر پیوندهای اشتراکی موجود در کلسترول شکسته می‌شوند. زیرا آنتالپی پیوند کربن-کربن از کربن-هیدروژن، کربن-اکسیژن و اکسیژن-هیدروژن بیشتر است.

◀ بخار ید به رنگ بنفش دیده می‌شود.

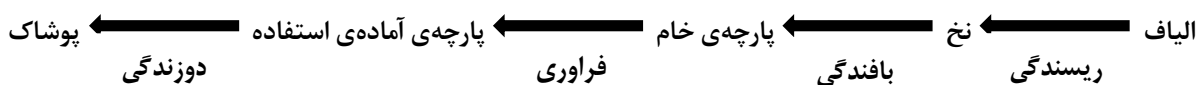


- ۱- انسان نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست جانوران تهیه کرد و با گذشت زمان از بافت‌های گیاهی نیز برای پوشش خود استفاده کرد.
- ۲- انسان در طول تاریخ، همواره به دنبال تهیه پوشاک مناسب بوده است. پوشاک افزون بر پوشش بدن، در تمدن بشری نقش بزرگی داشته است آن چنان که نوع پوشاک در هر قوم، نشان دهنده توانایی و مهارت دستی، هنر، تصویرگری، دانش، فناوری و نیز آداب و رسوم آن قوم است.
- ۳- به تازگی بشر با تکیه بر دانش و فناوری‌های نو توانسته است انواع تازه‌ای از پوشاک تولید کند که از بدن در برابر مواد شیمیایی مانند اسیدها، سموم، بخارهای سمی و غلیظ، پرتوها، آلودگی‌های عفونی، آتش، گلوله و ... محافظت می‌کند.
- ۴- با رشد جمعیت جهان، مصرف پوشاک به میزان چشمگیری افزایش یافت، به طوری که روش‌های سنتی تولید پوشاک (استفاده از پشم گوسفند و شتر، پوست، چرم، پنبه و ...) دیگر پاسخگوی نیازهای جامعه نبود. به همین دلیل صنعت نساجی به شکل صنعتی و امروزی پدیدار شد، صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نو به تولید پوشاک پرداخت.
- ۵- موفقیت این صنعت در گرو تأمین الیاف موردنیاز بود. از آنجا که منابع طبیعی محدود بود، الیاف تولید شده پاسخگوی نیاز صنایع نساجی و جامعه نبود. به همین جهت، شیمی‌دان‌ها پلاستیکیا سیاه (نفت خام) را به کار گرفتند و الیافی جدید تولید و راهی شرکت‌های نساجی کردند. در طول چند دهه، انواع گوناگونی از الیاف ساختگی بر پایه نفت، شناسایی و تولید شد.
- ۶- الیاف ساختگی که جایگزین الیاف طبیعی شدند، امروزه بخش عمده پوشاک را تشکیل می‌دهد، به طوری که سهم الیاف طبیعی مانند پنبه در تهیه پوشاک چیزی کمتر از ۵۰ درصد و سهم الیاف ساختگی در تهیه پوشاک چیزی بیشتر از ۵۰ درصد است.
- ۷- آمارها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۴ میلادی نزدیک به صد میلیون تن انواع الیاف در جهان تولید و مصرف شده است. نمودار زیر روند تولید انواع الیاف در جهان را نشان می‌دهد.



### نکات:

- ◀ پنبه و پشم جزو الیاف طبیعی و پلی استر جزو الیاف مصنوعی است.
- ◀ در چند دهه‌ی اخیر میزان تولید جهانی پشم تقریباً ثابت است و مقدار آن در مقایسه با میزان تولید پنبه و پلی استر بسیار کمتر است. میزان تولید پنبه با شیب کمی در حال افزایش است اما میزان تولید الیاف مصنوعی (پلی استر) خصوصاً پس از سال ۲۰۰۰ و با پیشی گرفتن از میزان تولید پنبه، با شیب بسیار زیادی در حال افزایش است.
- ◀ امروزه میزان تولید پلی استر چیزی حدود سه برابر میزان تولید پنبه است.
- ۱- ترتیب عملیات انجام شده در تهیه پوشاک به صورت زیر است:

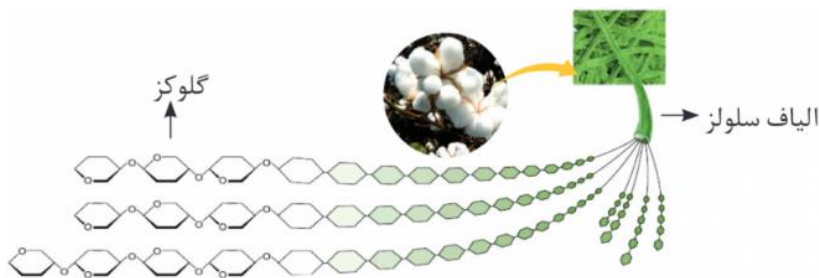




۴- الیاف ساختگی، الیافی هستند که در طبیعت یافت نمی شود بلکه از واکنش بین مواد شیمیایی در شرکت های پتروشیمی تولید می شوند. در واقع اغلب **فراورده های پتروشیمیایی** برای تولید انواع گوناگون الیاف مانند پلی استر، نایلون و ... به کار می روند. از این الیاف افزون مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و ... استفاده می شود.

۱۰- حدود نیمی از لباس های تولیدی در جهان از **پنبه** تهیه می شود. از پنبه افزون بر تولید پوشاک در تولید روبه مبل، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل و ... استفاده می شود. الیاف پنبه از **سلولز** تشکیل شده، زنجیری بسیار بلند که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول **گلوکز** به یکدیگر ساخته می شود با این توصیف شمار اتم های سازنده هر مولکول سلولز، بسیار زیاد بوده و اندازه مولکول آن بزرگ است.

**نکته:** فرمول مولکولی گلوکز  $C_6H_{12}O_6$  است و دارای یک حلقه ۶ ضلعی متشکل از پنج اتم کربن و یک اتم اکسیژن است و به هر اتم کربن یک گروه هیدروکسیل متصل است. هنگام کنار هم قرار گرفتن مولکول های گلوکز برای تشکیل سلولز، یکی از مولکول ها H و دیگری OH از دست می دهند تا به صورت آب خارج شوند و باقیمانده مولکول های گلوکز به یکدیگر متصل می شوند.



۱۱- **ماده مولکولی**، ماده ای است که ذره های سازنده آن مولکول ها هستند. انواع مواد مولکولی عبارتند از:

< **مواد مولکولی با اندازه ی کوچک یا متوسط:** مثل برم ( $Br_2$ )، متان ( $CH_4$ )، آب ( $H_2O$ )، آمونیاک ( $NH_3$ )، کربن دی اکسید ( $CO_2$ )، گوگرد تری اکسید ( $SO_3$ )، هیدروکربن ها (مثل پروپان) و ...

**نکته:** این مولکول ها کوچک اند و شمار اتم های سازنده ی آنها کم، در نتیجه جرم مولی آنها کم تا متوسط است.

< **درشت مولکول ها:** مانند انسولین، سلولز، نشاسته و پروتئین موجود در پشم، ابریشم و ... که طبیعی هستند، در حالی که برخی دیگر مثل پلی اتن، نایلون و تفلون در طبیعت یافت نمی شوند و ساختگی هستند.

**نکته:** این مولکول ها بسیار بزرگ اند، به طوری که شمار اتم های سازنده ی آنها به ده ها هزار می رسد و جرم مولی بسیار زیاد دارند.

**توجه:** درشت مولکول های ساختگی از واکنش پلیمری شدن (بسپارش) تهیه می شوند.

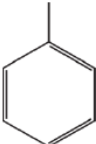
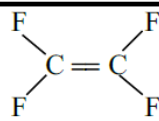
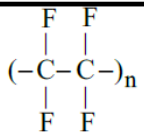
۱۲- نقطه ی ذوب و جوش درشت مولکول ها نسبت به مواد مولکولی دارای مولکول های کوچک یا متوسط بسیار بالاتر است. زیرا درشت مولکول ها جرم و حجم بیشتری دارند؛ بنابراین نیروی وان دروالسی بین مولکول های آنها بسیار قوی تر است.

**درشت مولکول ها < مولکول های کوچک (دارای پیوند هیدروژنی) < مولکول های کوچک (فاقد پیوند هیدروژنی)**





۱۶- جدول زیر، نام و ساختار چند پلیمر ساختمانی و مونومر آن‌ها و نیز کاربرد هر یک از آنها را نشان می‌دهد.

نام و ساختار مونومر	نام و ساختار پلیمر	کاربرد پلیمر
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ اتن	$-(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n$ پلی اتن	کیسه‌های پلاستیک شفاف، لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب، بطری کدر شیر، اسباب بازی
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ پروپن	$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}})_n$ پلی پروپن	سرنگ
$\text{CH}_2 = \text{CH}$  استیرن	$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}})_n$ پلی استیرن	ظروف یکبار مصرف
$\text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$ وینیل کلرید	$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}})_n$ پلی وینیل کلرید	کیسه خون
$\text{CH}_2 = \underset{\text{C} \equiv \text{N}}{\text{CH}}$ یا $\text{CH}_2 = \underset{\text{CN}}{\text{CH}}$ سیانواتن	$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}})_n$ پلی سیانواتن	پتو
 تترافلوروواتن	 تفلون	نخ دندان، ظروف نجسب، کف اتو، نوار تفلون (برای آب‌بندی لوله‌ها)

### نکات:

۱- در ساختار سیانو اتن، هر سه نوع پیوند یگانه، دوگانه و سه‌گانه دیده می‌شود.

۲- پلی استیرن و پلی سیانو اتن پلیمرهایی سیرنشده هستند.

۳- فرمول مولکولی استیرن  $\text{C}_8\text{H}_8$  است و فرمول تجربی مشابهی با بنزن، آلکن‌ها و سیکلوالکان‌ها دارد.

۴- هیدروکربن‌های سیرشده مثل آلکان‌ها و سیکلوالکان‌ها نمی‌توانند در واکنش‌های پلیمری به عنوان مونومر شرکت کنند.

۱۰- برای تعیین فرمول پلیمر از مونومر سازنده آن، ابتدا پیوند دوگانه ( $\text{C} = \text{C}$ ) را رسم نموده سپس گروه‌های متصل به کربن‌های پیوند دوگانه را بالا و پایین قرار می‌دهیم، در مرحله بعد پیوند دوگانه را به یگانه تبدیل نموده و در عوض، دو پیوند یگانه در سمت چپ و راست اتم‌های کربن رسم می‌کنیم.

۱۱- برای تعیین فرمول مونومر با توجه به پلیمر داده شده، در زنجیره اصلی پیوندها را به صورت یکی در میان شکسته و پیوندهای باقیمانده در زنجیره اصلی را به دوگانه تبدیل می‌کنیم.

۱۲- به شرطی که طی انجام واکنش بسپارش اتم یا گروه جدیدی اضافه یا کم نشود، درصد جرمی اتم‌های سازنده یک مونومر هنگام تبدیل شدن به پلیمر تغییر نمی‌کند.

۲۰- جرم مولی یک پلیمر برابر است با جرم مولی واحد تکرارشونده ضربدر تعداد تکرار مونومر (n).





**۲۱- کشف تفلون** نخستین بار توسط پلانکت صورت گرفت. پلانکت و گروه پژوهشی او در حال بررسی و مطالعه انواع سردکننده‌ها بودند. یکی از گازهایی که آنها مصرف می‌کردند، **تترافلوروواتن** بود. یک روز هنگامی که پلانکت شیر کپسول گاز را باز کرد، متوجه شد که گاز خارج نمی‌شود. او تصور کرد که مسیر خروج گاز بسته است، از این رو تلاش کرد تا مسیر را باز کند، اما هیچ چیز نبود. پلانکت برای یافتن دلیل آن، جرم کپسول را اندازه‌گیری کرد و به صورت غیرمنتظره ای جرم کپسول مورد نظر را با کپسول پر از گاز برابر دید. او پس از برش کپسول مشاهده کرد لایه نازکی از یک ماده جامد ته کپسول تشکیل شده بود. بررسی دقیق تر نشان داد که این ماده جامد از پلیمری شدن تترافلوروواتن به دست آمده است.

**نکته:** تفلون، نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی‌دهد، در حلال‌های آلی حل نمی‌شود و نجسب است. این ویژگی‌ها دلیل کاربرد وسیع این پلیمر است. تفلون در مدت کوتاهی کاربردهای گسترده‌ای در صنعت و زندگی یافت. برخی از کاربردهای تفلون عبارت است از:

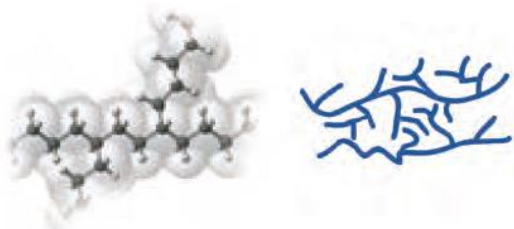
◀ ظروف نجسب      ▶ نوار تفلون      ▶ نخ دندان      ▶ کف اتو

**توجه:** مونومر سازنده‌ی تفلون (تترافلوروواتن)، مولکول‌های غیرقطبی دارد.

**۲۲- پلی‌اتن** یکی از مهم‌ترین پلیمرهای ساختگی است که سالانه میلیون‌ها تن از آن در شرکت‌های پتروشیمی تولید شده و برای ساخت وسایل گوناگون استفاده می‌شود. اتن در شرایط گوناگون، با انجام واکنش پلیمری شدن فرآورده‌هایی با ساختار متفاوت پدید می‌آورد.

(I) نوعی پلی‌اتن، **چگالی کمتری** داشته و شفاف است، از این رو به **پلی‌اتن سبک** معروف است. در ساختار این نوع پلی‌اتن، مولکول‌های بزرگ پلی‌اتن به صورت زنجیرهای شاخه‌دار هستند (**پلی‌اتن شاخه‌دار**). به عبارت دیگر هنگام انجام واکنش پلیمری شدن، مولکول‌های اتن از کناره‌ها نیز به یکدیگر افزوده می‌شوند.

**نکته:** در پلی‌اتن شاخه‌دار، برخی از اتم‌های کربن به بیش از دو اتم کربن دیگر متصل می‌شوند.



(II) پلی‌اتن سنگین، **چگالی بیشتری** داشته و کدر است. در تشکیل این نوع پلی‌اتن، مولکول‌های اتن در شرایط معین پشت سر هم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه را ایجاد می‌کنند (**پلی‌اتن بدون شاخه یا راست زنجیر**).

**نکته:** در پلی‌اتن بدون شاخه، هر اتم کربن حداکثر به دو اتم کربن دیگر می‌تواند متصل باشد.





۲۳- پلی اتن سنگین در مقایسه با پلی اتن سبک:

- < چگالی بیشتری دارد؛ زیرا بدون شاخه بوده و فضای کمتری را اشغال می کند. (اما چگالی هر دو از آب کمتر است)
- < نیروهای بین مولکولی قوی تری دارد؛ زیرا نیروهای واندروالسی با افزایش جرم و اندازه مولکول افزایش می یابد.
- < سختی، استحکام و نقطه ذوب بالاتری دارد.
- < انعطاف پذیری و شفافیت کمتری دارد.

۲۴- کیسه پلاستیک موجود در مغازه ها و فروشگاه ها شفاف بوده و کمی انعطاف پذیرند و از پلی اتن سبک تهیه می شوند، درحالی که لوله های پلاستیکی، دبه های آب یا بطری کدر شیر، سخت تر و محکم تر هستند و از پلی اتن سنگین ساخته می شوند.

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

۲۵- الکل ها ترکیب هایی هستند که در ساختار آنها یک یا چند گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل است. الکل های یک عاملی را می توان با فرمول  $ROH$  نشان داد که در آن  $R$  یک زنجیر هیدروکربنی است. متانول ( $CH_3OH$ ) و اتانول ( $C_2H_5OH$ ) دو عضو خانواده الکل های یک عاملی هستند.

۲۶- در الکل ها گروه عاملی هیدروکسیل بخش قطبی و زنجیر  $R$  بخش ناقطبی مولکول هستند. الکل ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند و مانند سایر ترکیب های مولکولی دارای نیروهای بین مولکولی وان دروالس می باشند. با افزایش شمار اتم های کربن و طول زنجیر هیدروکربنی الکل، بخش ناقطبی بزرگتر شده و بر بخش قطبی مولکول غلبه می کند و مقدار نیروهای وان دروالس از هیدروژنی بیشتر می شود. به این ترتیب از انحلال پذیری الکل ها در حلال های قطبی مثل آب کاسته می شود. به طوری که:

(I) متانول، اتانول و پروپانول به هر نسبتی در آب حل می شوند.

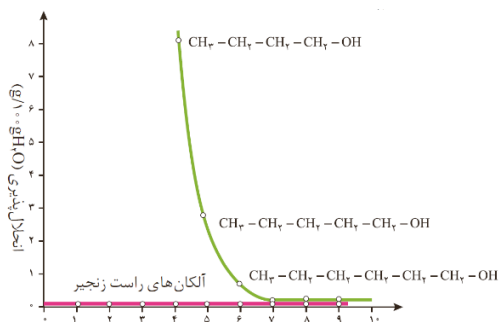
(II) ۱- بوتانول و ۱- پنتانول در آب محلول هستند.

(III) ۱- هگزانول، ۱- هپتانول و ۱- اکتانول در آب کم محلول هستند؛ یعنی می توانند بین ۰/۱ تا ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل شوند.

(IV) الکل های شامل ۹ اتم کربن و بیشتر در آب نامحلول هستند.

**توجه:** با افزایش شمار اتم های کربن، دو ویژگی چربی دوستی و آبگریزی در الکل ها افزایش می یابد و در حلال های ناقطبی بهتر حل می شوند.

**نکته:** گشتاور دوقطبی هیدروکربن ها حدود صفر است و نمودار انحلال پذیری آلکان ها به صورت یک منحنی تقریباً افقی و نزدیک به صفر است.





۲۷- در جدول زیر نکات مهم در ارتباط با ویتامین‌ها آمده است.

نام ویتامین	فرمول شیمیایی	ساختار	گروه‌های عاملی	حلال مناسب	منبع
آ (A)	$C_{27}H_{46}O$		الکلی	چربی	هویج
دی (D)	$C_{28}H_{44}O$		الکلی	چربی	شیر
کا (K)	$C_{31}H_{46}O_2$		کتونی	چربی	کاهو، کلم و کرفس
ث (C)	$C_6H_8O_6$		استری و الکلی	آب	مرکبات

### نکات:

- ◀ ویتامین K برخلاف سایر ویتامین‌ها دارای حلقه‌ی بنزنی بوده و آروماتیک است.
- ◀ مصرف بیش از اندازه ویتامین C برخلاف سایر ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند.
- ◀ همه‌ی ویتامین‌های بالا دارای پیوند دوگانه‌ی کربن-کربن هستند.
- ◀ به جز ویتامین K، سایر ویتامین‌ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های خود را دارند.

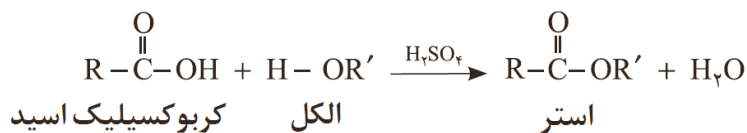
۲۸- کربوکسیلیک اسیدها دسته‌ای دیگر از ترکیب‌های آلی هستند که گروه عاملی کربوکسیل ( $-\text{COOH}$ ) دارند.

کربوکسیلیک اسیدهای یک عاملی را می‌توان با فرمول  $\text{RCOOH}$  یا  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  نشان داد که در آن R، یک زنجیر هیدروکربنی یا هیدروژن است. متانوئیک (فورمیک) اسید اولین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود. اتانوئیک اسید (استیک اسید) یک اسید دو کربنی است که یکی از پرکاربردترین اسیدها در زندگی روزانه است و در سرکه خوراکی وجود دارد.

**توجه:** اسیدهای خوراکی مزه ترش دارند به طوری که مزه ترش میوه‌هایی مانند انگور، لیمو ترش، کیوی، گوجه سبز و... ناشی از وجود چنین مولکول‌هایی در آنهاست.



**۲۹-** یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می‌دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می‌شوند.



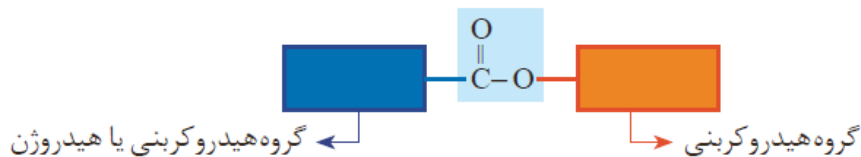
**توجه:** کاتالیزگر مناسب برای واکنش استری شدن، **سولفوریک اسید** ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) یا به صورت کلی **اسید** ( $\text{H}^+$ ) است.

**نکته:** به مرحله‌ی برگشت این واکنش، **واکنش آب کافت استر** گفته می‌شود که طی آن مولکول استر با جذب آب، به اسید و الکل سازنده‌اش تبدیل می‌شود. کاتالیزگر این واکنش نیز مواد اسیدی هستند.

**۳۰-** در تعداد برابر اتم کربن، انحلال پذیری کربوکسیلیک اسیدها از الکل‌ها **بیشتر** است. در کربوکسیلیک اسیدها هم مانند الکل‌ها، با افزایش شمار اتم‌های کربن انحلال پذیری در آب **کاهش** می‌یابد.

**۳۱- استرها** دسته‌ای از مواد آلی هستند که گروه عاملی استری ( $\text{R}_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}_2$ ) دارند. به گروه عاملی استری دو بخش یا دو زنجیر هیدروکربنی متصل است؛ در یک سوی آن گروه هیدروکربنی به اتم اکسیژن و در سوی دیگر آن به اتم کربن این گروه متصل است. گروه عاملی استری از واکنش یک الکل با یک کربوکسیلیک اسید ایجاد می‌شود.

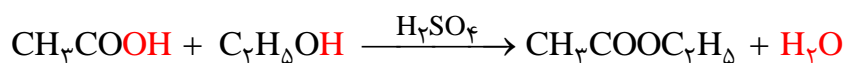
گروه عاملی استر



**۳۲-** برای نامگذاری استرها، ابتدا نام گروه آلکیلی متصل به اتم اکسیژن را نوشته، سپس نام تعداد کربن باقی مانده را بر وزن «آلکانوات» می‌نویسیم.

**۳۳-** برای تشخیص اسید و الکل سازنده‌ی استر، ابتدا در ساختار استر مورد نظر پیوند کربونیل با اتم اکسیژن را شکسته شده فرض می‌کنیم سپس به اتم اکسیژن یک اتم H می‌دهیم تا الکل مورد نظر مشخص شود و به کربونیل نیز گروه -OH اضافه می‌کنیم تا اسید مربوطه تعیین شود.

**۳۴-** بخش اول نام یک استر، **الکل سازنده** و بخش دوم نام استر، **اسید سازنده**ی آن را نشان می‌دهد. به عنوان مثال **اتیل استات** از واکنش اتانول و استیک اسید تهیه می‌شود.



**نکته:** اتیل استات به عنوان **حلال چسب** کاربرد دارد.

**نکته:** استرها منشأ بوی خوش شکوفه‌ها، گل‌ها، عطرها و بو و طعم میوه‌ها هستند.

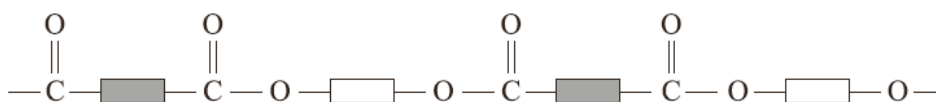


۳۵- با توجه به جدول، بو و طعم خوش میوه‌های زیر به دلیل وجود استرهای است که در مقابل نام آن‌ها نوشته شده است.

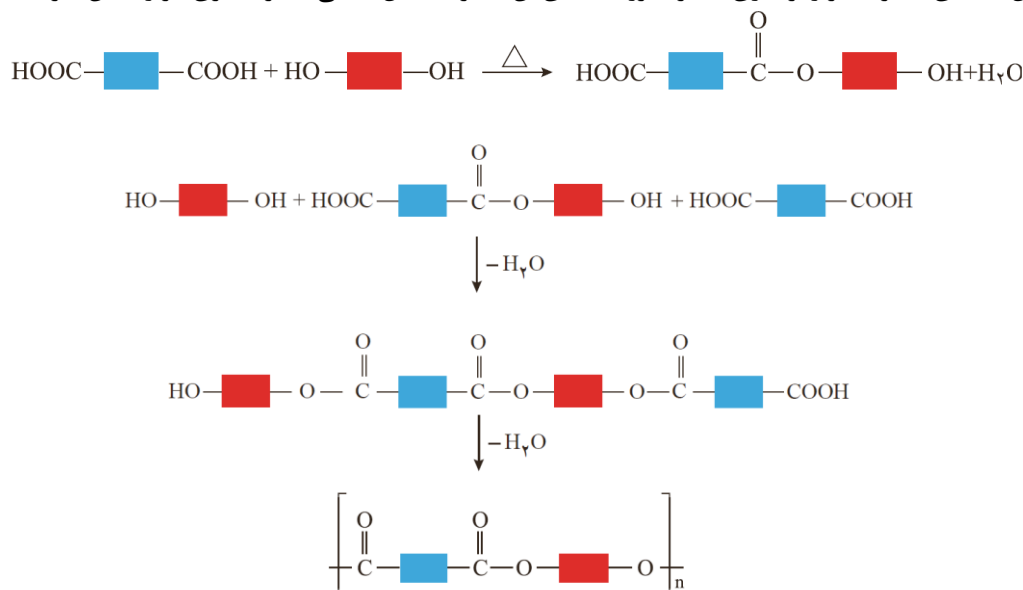
نام میوه	استر	الکل سازنده	اسید سازنده
آناناس	اتیل بوتانوات (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> ) (رمز: ۴۲)	اتانول (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	بوتانوئیک اسید (C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> COOH)
موز	پنتیل اتانوات (C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> ) (رمز: ۲۵)	پنتانول (C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH)	اتانوئیک اسید (CH <sub>3</sub> COOH)
سیب	متیل بوتانوات (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> ) (رمز: ۴۱)	متانول (CH <sub>3</sub> OH)	بوتانوئیک اسید (C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> COOH)
انگور	اتیل هپتانوات (C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> ) (رمز: ۷۲)	اتانول (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	هپتانوئیک اسید (C <sub>7</sub> H <sub>13</sub> COOH)

**نکته:** استر سیب و آناناس دارای اسید سازنده یکسان و استر آناناس و انگور دارای الکل سازنده یکسانی هستند.

۳۶- پلی‌استرها دسته‌ای از پلیمرهای ساختگی هستند که از اتم‌های C، H و O تشکیل شده‌اند. از این پلیمرها می‌توان لیاف، نخ و در نهایت پارچه‌های پلی‌استری تولید کرد. نمایی از ساختار کلی پلی‌استرها:



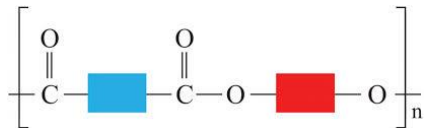
۳۷- از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دواملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسب، ابتدا یک فراورده‌ی استری پدید می‌آید و در صورت انجام واکنش‌های زنجیری میان این استرها، پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحله نخست این واکنش، یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در الکل با یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند. در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، آن چنان که از یک سو گروه الکی موجود در استر با عامل اسیدی استر دیگر و از سوی دیگر، گروه اسیدی آن استر با عامل الکی استر دیگری در واکنش شرکت می‌کند.



**نکته:** ضمن تشکیل یک پلی‌استر شامل n واحد تکرارشونده، به ترتیب n مولکول دی‌اسید و n مولکول دی‌الکل مصرف می‌شوند و ۲n مولکول آب آزاد می‌شود.

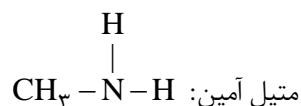
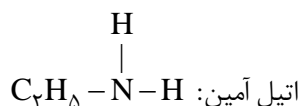
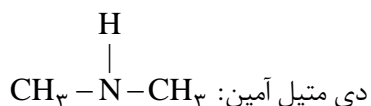


**توجه:** فرمول کلی پلی استرها به صورت زیر است. گروه‌های کربونیل ( $\text{C}=\text{O}$ ) مربوط به اسید دوعاملی و اتم‌های اکسیژن مربوط به الکل دوعاملی می‌باشد.



**۳۱-** برای تشخیص مونومرهای سازنده‌ی یک پلی استر کافی است به هر گروه  $\text{C}=\text{O}$  یک گروه  $\text{OH}$  افزوده شود تا فرمول اسید دوعاملی مشخص گردد و به اتم‌های اکسیژن داخل زنجیره اصلی،  $\text{H}$  اضافه شود تا فرمول الکل دوعاملی تعیین شود.

**۳۲- آمین،** ترکیبی آلی است که در ساختار آنها اتم‌های  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  و  $\text{N}$  وجود دارد. متیل آمین، ساده ترین آمین است. وجود اتم نیتروژن، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصر به فردی به آمین‌ها داده است. بوی ماهی به دلیل وجود متیل آمین و برخی آمین‌های دیگر است. مثال:



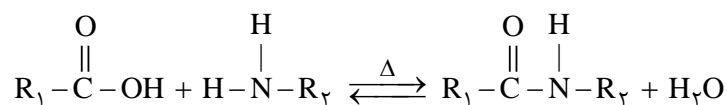
**نکته:** آمین‌ها خاصیت بازی دارند.

**توجه:** نیتروژن متصل به کربن عامل آمینی محسوب می‌شود، به شرطی که کربن مورد نظر کربن عامل کربونیل نباشد. در این صورت ترکیب مذکور یک آمید است.

**۴۰-** پلیمرهای طبیعی زیادی شناسایی شده است که در ساختار آنها اتم‌های  $\text{C}$ ،  $\text{H}$ ،  $\text{O}$  و  $\text{N}$  وجود دارد. مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند. در این دسته از پلیمرها گروه عاملی

آمید ( $\text{C}=\text{O}$  -  $\text{N}$ ) در طول زنجیر کربنی تکرار شده است. عامل آمیدی از واکنش اسید آلی با آمین به دست می‌آید.

**۴۱-** واکنش تهیه‌ی آمید از کربوکسیلیک اسید و آمین به صورت زیر است:



**نکته:** به مرحله‌ی برگشت این واکنش، واکنش آب‌کافت آمید گفته می‌شود که طی آن مولکول آمید با جذب آب، به اسید و آمین سازنده‌اش تبدیل می‌شود.

**۴۲-** واکنش تولید پلی آمید شبیه به تولید پلی استر است با این تفاوت که به جای گروه عاملی الکل، گروه عاملی آمین با گروه کربوکسیل واکنش می‌دهد. با ادامه‌ی واکنش، گروه‌های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام پلی آمید تولید می‌شود.





**۴۵-** هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد. می توان گفت پس از مدتی تار و پود آنها سست و پوسیده می شوند زیرا مولکول های پلیمر سازنده آنها با مولکول های موجود در محیط پیرامون واکنش می دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آنها مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته می شوند. با شکستن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی گسسته می شود. به این اتفاق پوسیده شدن لباس ها گفته می شود.

**نکته:** هرچه آهنگ شکستن این پیوندها سریع تر باشد، فرایند پوسیده شدن پارچه سریع تر رخ می دهد.

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

**۴۷-** لباس های نخی در محیط گرم و مرطوب زودتر پوسیده می شوند. زیرا واکنش آبکافت پلی استر و پلی آمید در این شرایط با شدت و سرعت بیشتری انجام می شود.

**۴۸-** استفاده بی رویه از شوینده ها در شستن لباس ها سبب پوسیده شدن سریع تر آنها می شود؛ زیرا شوینده ها خاصیت اسیدی یا بازی دارند و وجود یون های  $H^+$  یا  $OH^-$  در نقش کاتالیزگر، سرعت آبکافت پلی استرها یا پلی آمیدهای موجود در پارچه ها را افزایش می دهند.

**۴۹-** اگر لباس ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و نافذی پیدا می کنند. علت این امر وقوع واکنش آبکافت پلی استر و پلی آمید و تولید فرآورده هایی است که بعضی از آنها مثل آمین ها بوی بدی دارند.

**۵۰-** اگر سفیدکننده ها را به طور مستقیم روی لباس بریزند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می رود اما اگر سفیدکننده را در آب بریزید سپس لباس را درون محلول فرو ببرید، تغییر محسوسی در رنگ لباس ایجاد نمی شود. این موضوع، اثر غلظت را در سرعت واکنش بی رنگ شدن لباس نشان می دهد.

**۵۱-** هرچند پلی استرها و پلی آمیدها شکسته می شوند، اما آهنگ این واکنش ها به ساختار مونومرهای سازنده بستگی دارد. بنابراین جنس لباس، در مدت زمان استفاده از آن مؤثر است. تجربه نشان می دهد که به طور کلی واکنش آبکافت پلی استرها و پلی آمیدها بسیار کند است. به همین دلیل لباس های تهیه شده از این نوع پارچه ها برای مدت های طولانی قابل استفاده است زیرا استحکام خود را حفظ می کنند.

**۵۲-** پلیمرهای حاصل از هیدروکربن های سیرنشده، به انجام واکنش تمایلی ندارند و از این رو پوشاک و پوشش های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه نمی شوند و برای سالیان طولانی دست نخورده باقی می مانند. به همین دلیل به آنها، پلیمرهای ماندگار گفته می شود. علت ماندگاری زیاد این پلیمرها این است که ساختاری شبیه به آلکان ها دارند و سیر شده هستند.

**توجه:** هر چند استفاده از این پلیمرها صرفه اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست؛ زیرا ماندگاری دراز مدت این مواد در طبیعت سبب ایجاد مشکلات فراوانی مانند تبدیل محیط زیست به گورستان زباله، کثیف شدن چهره شهرها و محیط زیست، آسیب زدن به زندگی جانداران و ... می شود که هزینه های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می برد.





۵۳- برای مقابله با مشکلات حاصل از پلیمرهای ماندگار دو راهکار مهم وجود دارد:

◀ **بازیافت** این مواد یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع منجر خواهد شد.

**نکته:** به منظور آسان‌سازی و افزایش کارایی بازیافت و افزایش کیفیت فراورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر نشانه‌ای در نظر گرفته‌اند که بر روی کالاها حک می‌شود. این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد.

◀ **جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایه‌ی نفتی با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر**، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همهی جهانیان قرار گرفته است.

۵۴- **پلیمرهای دوستدار محیط زیست یا پلیمرهای سبز**، دسته‌ای از پلیمرها هستند که توسط جانداران ذره‌بینی تجزیه می‌شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آنها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن‌دی‌اکسید تبدیل می‌شوند.

**نکته:** پلیمرهای سبز را از فراورده‌های کشاورزی مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می‌کنند.

۵۵- در تولید پلیمرهای سبز، نخست نشاسته را به **لاکتیک اسید** تبدیل کرده، سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب **پلی لاکتیک اسید** تولید می‌کنند.

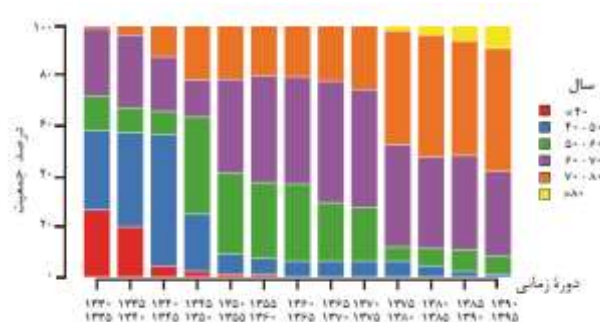
۵۶- از پلی لاکتیک اسید انواع **ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف** مانند وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و ... تولید شده و کاربرد آنها رو به گسترش است. این پلاستیک‌ها امکان تبدیل شدن به **کود** را دارند به همین دلیل **ردپای کوچک‌تری** در محیط زیست برجای می‌گذارند.

۵۷- **شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید** است.

# فصل ۱: مولکول‌ها در خدمت تندرستی

- ۱) **حفظ پاکیزگی و بهداشت یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه بود.**  
دسترسی به آب ← شست و شوی بدن و تمیز نگه داشتن ظروف و محیط زندگی
- ۲) **حفاری‌های باستانی از شهر بابل نشان می‌دهد که انسان‌ها چند هزار سال پیش از میلاد به همراه آب از موادی شبیه صابون‌های امروزی برای نظافت و تمیزی بهره می‌بردند.**
- ۳) **نیاکان ما به تجربه پی بردند که با انجام دو کار ظرف‌های چرب آسان‌تر تمیز می‌شوند:**
  - آغشته کردن آنها به **خاکستر**
  - شستشو با **آب گرم**
- ۴) **نتایج استفاده از صابون و شوینده‌های دیگر عبارت است از:**
  - کاهش میکروب‌ها، آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زا در محیط فردی و همگانی
  - افزایش سطح بهداشت جامعه
  - بهبود شاخص امید به زندگی
- ۵) **نبود، کمبود یا عدم استفاده از شوینده‌ها در زمان‌های گذشته باعث موارد زیر می‌شده است:**
  - پایین بودن سطح بهداشت فردی و همگانی
  - گسترش بیماری‌های گوناگون در میان مردم کشورهای دنیا نظیر وبا
- ۶) **نکات مهم درباره بیماری وبا:**
  - یک بیماری **واگیردار** است.
  - منبع: آب آلوده و نبود بهداشت
  - در طول تاریخ **چندین بار** همه‌گیر شده و جان میلیون‌ها انسان را گرفته است.
  - خطر و تهدیدکنندگی آن هنوز در جوامع وجود دارد.
  - ساده‌ترین و موثرترین راه **پیشگیری**: رعایت **بهداشت فردی و همگانی**
- ۷) **نکات مهم در ارتباط با 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.**
  - با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان **افزایش** یافته است.
  - امروزه امید به زندگی برای بیش‌تر مردم دنیا در حدود **۷۰ تا ۸۰ سال** است.
  - طی سالیان اخیر، با افزایش سطح بهداشت و رفاه و سایر عوامل درگیر، **فراوانی جمعیت مسن با کاهش مرگ و میر آن‌ها شاهد روند افزایشی بوده است.** در نمودار توزیع جمعیت براساس امید به زندگی شاهد آن هستیم که با گذشت زمان **گروه سنی غالب (پیرجمعیت)**، از جمعیت بزرگسال (بین ۴۰ تا ۶۰ سال) به جمعیت مسن (بیش‌تر از ۶۰ سال) تغییر کرده است.

- در بازه زمانی ۱۳۳۵-۱۳۳۰، گروه‌های سنی **بالتر از ۷۰ سال** و در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۰، گروه‌های سنی **زیر ۵۰ سال** درصد جمعیتی بسیار کمی را به خود اختصاص می‌دهند.



- امید به زندگی در کشورهای گوناگون و حتی شهرهای یک کشور نیز **متفاوت** است، زیرا این شاخص به **عوامل گوناگونی** بستگی دارد. به عنوان مثال، **سلامت و بهداشت** در امید به زندگی اهمیت بسیاری دارد و در راستای ارتقای آن **پاک‌کننده‌ها و شوینده‌ها** نقش پررنگی ایفا می‌کنند.
- به طور معمول امید به زندگی در کشورها و مناطق **برخوردار** از میانگین جهانی و میانگین جهانی از نواحی **کم برخوردار** بیشتر است.
- **درصد (شیب) افزایش** امید به زندگی در کشورها و مناطق **کم برخوردار** بیشتر بوده است.

**۱۱) آلاینده‌ها** موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، ماده یا یک جسم وجود دارند.

**۱۲) مثال آلاینده‌ها:** گل و لای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس و پوست بدن

**۱۰) مواد** مختلف زمانی در هم حل می‌شوند که **جاذبه بین ذره‌ای** آن‌ها **شبيه** هم باشند. به بیان دیگر مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند.

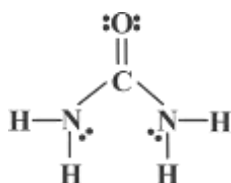
**۱۱) آب** یک حلال **قطبی** است و میان مولکول‌های آن، **جاذبه‌های قوی هیدروژنی** وجود دارد. بسیاری از ترکیبات یونی و مواد قطبی به آسانی در آب حل می‌شوند.

**۱۲) هگزان** یک حلال ناقطبی شامل مولکول‌های **ناقطبی**  $C_6H_{14}$  است که میان مولکول‌های آن، **جاذبه‌های ضعیف وان‌دروالسی** وجود دارد. مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی نظیر هگزان به خوبی حل می‌شوند.

**۱۳) عسل** دارای مولکول‌های قطبی است و در ساختار خود شمار زیادی **گروه هیدروکسیل** ( $-OH$ ) دارد. هنگامی که عسل وارد آب می‌شود، مولکول‌های سازنده آن با مولکول‌های آب **پیوند هیدروژنی** برقرار می‌کنند و در سرتاسر آن پخش می‌شوند. (**محلول در آب**) به این ترتیب، آب پاک کننده مناسبی برای لکه‌های شیرینی مانند آب قند، شربت آبلیمو و چای شیرین است.

**۱۴) نام دیگر ضدیخ، اتیلن گلیکول** است، الکلی دو عاملی با فرمول  $C_2H_4(OH)_2$ : **محلول در آب**

**۱۵) فرمول شیمیایی اوره،**  $CO(NH_2)_2$  است و ساختار لوویس آن به صورت زیر است:



مولکول‌های اوره قطبی است و در حلال‌های قطبی نظیر آب به خوبی حل می‌شود.





۳۰) اغلب موادی که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده است.

۳۱) مخلوط‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

• محلول‌ها:

مخلوط‌هایی همگن و پایدار هستند که از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده‌اند (مولکول‌ها یا یون‌ها). محلول‌ها نور را عبور می‌دهند.

• کلویدها:

رفتار این دسته از مخلوط‌ها را می‌توان رفتاری بین محلول و سوسپانسیون دانست؛ کلوئیدها مانند سوسپانسیون‌ها ناهمگن اند و حاوی مولکول‌های بزرگ یا توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوتند اما در مقابل، همانند محلول‌ها پایدارند و اجزای آنها پی از مدتی ته نشین نمی‌شوند. ذره‌های موجود در کلوئیدها درشت‌تر از ذرات سازنده محلول‌ها و ریزتر از ذرات موجود در سوسپانسیون‌ها هستند و می‌توانند همانند سوسپانسیون‌ها (اما به مقدار کمتر از آنها) نور را پخش کنند؛ شیر، ژله، سس مایونز و رنگ‌های پوششی نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند. مخلوط آب و روغن و صابون مخلوطی کلوییدی است.

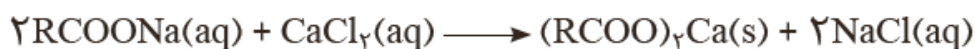
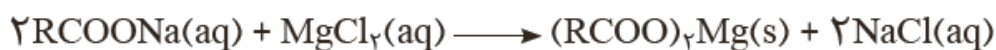
• سوسپانسیون‌ها:

مخلوط‌هایی ناهمگن هستند که از ذره‌های ریز ماده تشکیل شده‌اند. سوسپانسیون‌ها ناپایدارند و به محض توقف هم زدن و تکان دادن، اجزای مخلوط ته نشین می‌شوند. سوسپانسیون‌ها نور را پخش می‌کنند. شربت معده یک سوسپانسیون است.

۳۲) در جدول زیر عوامل موثر در قدرت پاک‌کنندگی صابون ذکر شده است:

نوع آب	دمای آب	نوع پارچه	آنزیم
صابون در آب سخت به خوبی کف نمی‌کند. در واقع، وجود یون‌های منیزیم و کلسیم در آب سخت باعث کاهش قدرت پاک‌کنندگی آن می‌شود.	با افزایش دمای آب، قدرت پاک‌کنندگی صابون افزایش می‌یابد.	در شرایط یکسان، درصد لکه باقیمانده روی پارچه نخی کمتر از پارچه پلی‌استر است، یعنی اثر پاک‌کنندگی صابون روی پارچه نخی بهتر از پلی‌استر است.	افزودن آنزیم مناسب به صابون باعث افزایش قدرت پاک‌کنندگی صابون می‌شود.

۳۳) آب دریا و مناطق کویری شور هستند و سختی بالایی دارند. آب سخت حاوی کاتیون‌هایی نظیر  $Mg^{2+}$  و  $Ca^{2+}$  است. این یون‌ها با صابون واکنش می‌دهند و رسوب‌هایی با فرمول‌های شیمیایی  $(RCOO)_2Ca$  و  $(RCOO)_2Mg$  به وجود می‌آورند که به صورت لکه‌های سفید رنگ بر جای می‌مانند و قدرت پاک‌کنندگی صابون را کاهش می‌دهد.



**(۳۴)** هرچه قدرت پاک‌کنندگی صابون بیشتر باشد، درصد لکه باقی‌مانده روی پارچه کمتر خواهد بود.

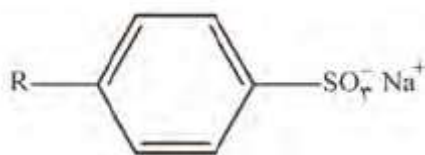
**(۳۵)** در شرایطی که از صابون آنزیم‌دار و پارچه نخی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس استفاده شود، درصد لکه باقی‌مانده به صفر می‌رسد.

**(۳۶)** هرچه قدرت پاک‌کنندگی صابون بیشتر باشد، کف بیش‌تری به‌وجود می‌آید.

**(۳۷)** در شرایط یکسان، ارتفاع کف ایجاد شده توسط صابون در آب خالص بیشتر از آب حاوی یون کلسیم و آب حاوی یون کلسیم بیشتر از آب حاوی یون منیزیم است.

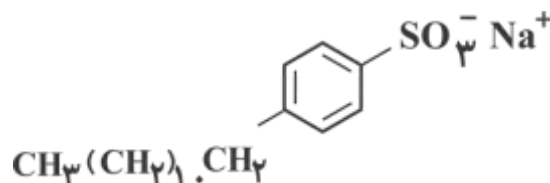
**(۳۸)** عواملی نظیر افزایش جمعیت جهان و کافی نبودن منابع چربی برای تولید صابون در مقیاس انبوه و کارآیی پایین صابون‌ها در شرایط و محیط‌های خاصی نظیر سفرهای دریایی و صنایع مرتبط با آب شور، دانشمندان را برای شناسایی و تولید پاک‌کننده‌های غیر صابونی ترغیب کرد.

**(۳۹)** پاک‌کننده‌های غیر صابونی موادی با فرمول کلی  $\text{RSO}_3\text{Na}$  هستند که ساختاری مشابه صابون دارند و افزون بر قدرت پاک‌کنندگی مناسب، قابلیت تولید در مقیاس انبوه و قیمتی مناسب دارند. R زنجیره بلند هیدروکربنی است.



**(۴۰)** در پاک‌کننده‌های غیرصابونی، بخش قطبی گروه سولفونات ( $-\text{SO}_3^-$ ) و بخش غیرقطبی شامل حلقه بنزنی و گروه R است.

**(۴۱)** سدیم دو دسیل بنزن سولفونات نوعی پاک‌کننده غیر صابونی است:



**(۴۲)** پاک‌کننده‌های غیرصابون در مقایسه با صابون‌ها:

- از واکنش مواد پتروشیمیایی در صنعت تولید می‌شوند.
- قدرت پاک‌کنندگی بیش‌تری دارند.
- با یون‌های سخت کننده آب واکنش نمی‌دهند و در نتیجه در آب‌های سخت نیز خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند.

**(۴۳)** صابون طبیعی معروف به **صابون مراغه** با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، معروفترین صابون سنتی ایران است. برای تهیه این صابون، **پیه گوسفند** و **سود سوزآور** را در دیگ‌های بزرگ با آب برای چندین ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری آنها را در آفتاب خشک می‌کنند. این صابون افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب استفاده می‌شود.

**(۴۴)** از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگک برای چرب کردن سطح سنگها استفاده می‌شود.

**(۴۵)** **صابون گوگردار** برای از بین بردن جوش صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود.

**(۴۶)** به منظور افزایش خاصیت **ضد عفونی کنندگی** و **میکروب کشی** صابون‌ها به آنها ماده شیمیایی **کلردار** اضافه می‌کنند.

**(۴۷)** برای افزایش قدرت **پاک‌کنندگی** مواد شوینده، به آنها **نمک‌های فسفات** می‌افزایند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش می‌دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند.

**(۴۸)** 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.

**(۴۹)** برای حفظ سلامتی بدن و محیط زیست استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

**(۵۰)** **پاک‌کننده‌های خورنده** شامل موادی مانند جوهر نمک (HCl)، سود (NaOH) و سفیدکننده‌ها (NaOCl) هستند که با رسوب آلودگی‌ها و کثیفی‌ها (چسبیده در سطوح گوناگون مثل دیواره کتری یا در لوله‌ها و آبراه‌ها و دیگ‌های بخار که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زوده نمی‌شوند) واکنش می‌دهند و آن‌ها را در آب حل می‌کنند و از برخی از آن‌ها برای از بین بردن میکروب‌های همراه کثیفی‌ها نیز استفاده می‌شود. این پاک‌کننده‌ها از نظر شیمیایی **فعال** اند و دارای خاصیت **خورندگی** هستند.

**(۵۱)** نمونه‌ای از پاک‌کننده‌های خورنده، **پودری** شامل مخلوط **سود** و مقدار کمی **آلومینیوم** است که حاصل واکنش آن‌ها با آب تولید **گاز هیدروژن** و **فرآورده‌های محلول** دیگر افزون بر آزاد شدن **گرما** است. از این پودر برای باز کردن لوله‌ها و مسیرهایی که در اثر ایجاد رسوب و تجمع کثیفی‌ها و چربی‌ها بسته شده‌اند، استفاده می‌شود.



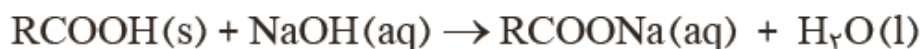
**(۵۲)** هر چه مقدار **فرآورده گازی** بیشتر باشد، قدرت پاک‌کنندگی این مخلوط افزایش می‌یابد.

**(۵۳)** هر چه مقدار **گرمای آزاد شده** در واکنش پاک‌کننده‌ها بیشتر باشد، قدرت پاک‌کنندگی افزایش می‌یابد.



**(۵۴) مکانیسم عمل شوینده‌های خورنده:**

• ریختن **محلول سدیم هیدروکسید** در لوله‌ها سبب می‌شود اسید چرب با آن واکنش داده و در آب حل شود. این واکنش در واقع یک **واکنش اسید-باز** است که با انتقال پروتون همراه است. در این حالت، فرآورده ضمن این که در آب حل می‌شود، خودش یک نوع پاک‌کننده است.



• برای باز کردن برخی لوله‌ها و مجاری از **محلول غلیظ هیدروکلریک اسید** استفاده می‌شود. زیرا موادی که سبب گرفتگی این لوله‌ها و مجاری می‌شوند خاصیت بازی دارند و به صورت رسوب برجای مانده‌اند. در این حالت، لوله بازکن در واکنش با این رسوب‌ها، فرآورده‌های محلول در آب یا گازی تولید می‌کنند و از این راه سبب جرم‌گیری در آنها می‌شوند.

**(۵۵)** پاک‌کننده‌ها بر حسب ساختار، رفتار و ویژگی‌هایشان می‌توانند اسید، باز یا خنثی باشند. به طور کلی پاک‌کننده‌هایی که pH خیلی بالا یا خیلی پایین دارند، اثرات زیان باری در بدن و محیط زیست بر جای می‌گذارند.

**(۵۶)** عملکرد بدن ما به میزان **مواد اسیدی و بازی** موجود در آن وابسته است.

**(۵۷)** اسیدهای خوراکی مزه ترش و بازها مزه تلخ دارند.

**(۵۸)** اسیدها با اغلب فلزها واکنش می‌دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند. برای نمونه دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می‌کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است.

**(۵۹)** یاخته‌های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن، **هیدروکلریک اسید** ترشح می‌کنند. نقش‌های اسید معده عبارت است از:

• فعال کردن آنزیم‌های تجزیه کننده

• از بین بردن جانداران ذره‌بینی موجود در غذا

**(۶۰)** بازها در سطح پوست همانند صابون، **احساس لیزی** ایجاد می‌کنند اما به آن نیز آسیب می‌رسانند.

**(۶۱)** آهک (CaO) یک باز است. برای **کاهش** میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می‌افزایند.

**(۶۲)** اغلب داروها ترکیب‌هایی با **خاصیت اسیدی یا بازی** هستند.

**(۶۳)** تنظیم میزان اسیدی بودن شوینده‌ها ضروری است.

**(۶۴)** زندگی بسیاری از آبزیان به pH آب وابسته است.

**(۶۵)** اغلب میوه‌ها دارای **اسیدند** و pH آنها کمتر از ۷ است.

**(۶۶)** فاضلاب‌های صنعتی با ورود به محیط زیست سبب تغییر pH می‌شوند. (فاضلاب‌های صنعتی حاوی کاتیون‌های فلزات واسطه‌اند که با حل شدن در آب، pH آن را **کاهش** می‌دهند).

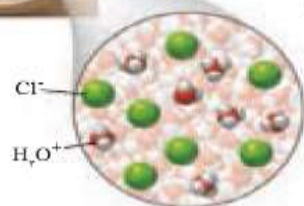
۶۷) طبق شواهد بسیاری در تاریخ علم، شیمی‌دان‌ها پیش از شناخت ساختار اسیدها و بازها با ویژگی‌ها و برخی از واکنش‌های میان آنها آشنا بودند اما توجیه رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای علمی نیاز داشت.

۶۸) **سوانت آرنیوس** نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بریک مبنای علمی توصیف کرد. یافته‌های او منجر به ارائه **مدل آرنیوس** برای اسیدها و بازها شد.

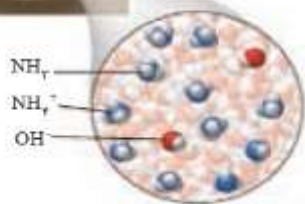
۶۹) او بر روی **رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی** کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای جریان برق هستند، هر چند میزان رسانایی آنها با یکدیگر یکسان نیست.

۷۰) با حل شدن اسیدها یا بازها در آب، مقدار یون‌های موجود در آب افزایش می‌یابد.

۷۱) بر اساس مدل آرنیوس:



• **اسید آرنیوس** ماده‌ای است که ضمن حل شدن در آب **یون هیدرونیوم** ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) پدید آورد و غلظت این یون را در محلول افزایش دهد؛ مثل گاز هیدروژن کلرید (که محلول آبی آن هیدروکلریک اسید نام دارد).



• **باز آرنیوس** ماده‌ای است که ضمن حل شدن در آب **یون هیدروکسید** ( $\text{OH}^-$ ) پدید آورد و غلظت این یون را در محلول افزایش دهد؛ مثل آمونیاک که ضمن تولید کاتیون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) غلظت یون  $\text{OH}^-$  را افزایش می‌دهد.

۷۲) یون  $\text{H}^+(\text{aq})$  در آب به شکل  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  یافت می‌شود و به **یون هیدرونیوم** معروف است. برای آسانی در نوشتن در منابع علمی به جای  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  از نماد  $\text{H}^+(\text{aq})$  برای نشان دادن یون هیدرونیوم استفاده می‌شود.

۷۳) اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم برابر باشد، آن سامانه حالت **خنثی** دارد.

۷۴) در اغلب موارد، **اکسید فلزها خاصیت بازی و اکسید نافلزها خاصیت اسیدی دارند**.

**(۷۵)** توجه کنید بعضی اکسیدها نامحلولند و اسید و باز آرنیوس به شمار نمی‌روند و بعضی اکسیدها مثل کربن مونوکسید خاصیت اسیدی یا بازی ندارند.

**(۷۶)** اسیدها کاغذ pH را **قرمز** و بازها کاغذ pH را **آبی** می‌کند.

**(۷۷)** غلظت یون‌ها به ویژه یون هیدرونیوم بر روی **ماندگاری مواد** و در نتیجه **سلامتی** تاثیر شایانی دارد. در فرآیند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد.

**(۷۸)** شیر ماده‌ای با خاصیت اسیدی ضعیف است. شیر سالم با افزایش غلظت هیدرونیوم، **ترش** می‌شود.

**(۷۹)** انواع مواد رسانا:

• **رسانای الکترونی:** این نوع رسانایی به وسیله **الکترون‌ها** ایجاد می‌شود. مثل فلزها و گرافیت

• **رسانای یونی:** این نوع رسانایی به وسیله **یون‌های آزادی** ایجاد می‌شود که توانایی جابه‌جا شدن در محیط را دارند. جابه‌جایی یون‌ها نشان‌دهنده جابه‌جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه رسانایی الکتریکی است. رسانایی الکتریکی یک محلول، به **تعداد** یون‌های آزاد در آن محلول بستگی دارد.

**(۸۰)** به موادی مثل **اتانول** و **شکر** که انحلال آنها در آب کاملاً به صورت **مولکولی** است، **غیرالکترولیت** و به محلول آنها **محلول غیرالکترولیت** می‌گویند.

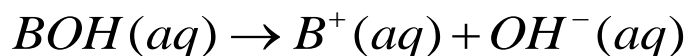
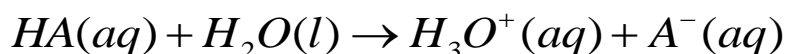
**(۸۱)** موادی مانند NaCl(s) که ضمن انحلال در آب **یون** تولید می‌کنند **الکترولیت** و محلول آنها، **محلول الکترولیت** نامیده می‌شوند.

**(۸۲)** محلول‌های الکترولیت برخلاف محلول‌های غیرالکترولیت رسانای جریان برق هستند.

**(۸۳)** اسیدها و بازها ضمن انحلال در آب یونیده می‌شوند و برهمین اساس، اسیدها و بازها الکترولیت هستند.

**(۸۴)** به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شود، **یونش** می‌گویند.

**(۸۵)** واکنش کلی یونش اسیدها و بازها به شکل زیر است:



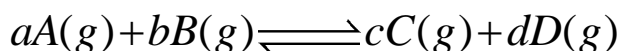
**(۸۶)** واکنش‌های **برگشت پذیر**، آنهایی هستند که می‌توانند در **هر دو جهت** انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب هم زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه سرانجام لحظه‌ای فرا می‌رسد که:

• غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت (نه برابر) می‌ماند اما واکنش در دو جهت متوقف نمی‌شود.

• سرعت واکنش رفت و سرعت واکنش برگشت برابر می‌شود. به عبارتی دیگر، سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر می‌شود.

به چنین سامانه‌ای، **سامانه تعادلی** گفته می‌شود.

**(۱۷)** هر سامانه تعادلی، دارای یک ثابت تعادل (K) است. مقدار عددی ثابت تعادل با توجه به غلظت تعادلی گونه‌های گاز و محلول و ضرایب استوکیومتری آنها، طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:



$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

**(۱۸)** مقدار عددی ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد.

**(۱۹)** اسیدها و بازها براساس میزان یونش به دو دسته قوی و ضعیف تقسیم می‌شوند.

**(۲۰)** فرآیند یونش در اسیدها و بازهای قوی برگشت‌ناپذیر و یک طرفه است، یعنی تمامی مولکول‌های اسید یا باز ضمن حل شدن در آب، به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شوند. اسیدها و بازهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب‌پوشیده دانست.

• اسیدهای قوی (به ترتیب قدرت) عبارت اند از:  $HClO_4$ ،  $HI$ ،  $HBr$ ،  $HCl$ ،  $H_2SO_4$ ،  $HNO_3$  و  $HClO_3$  (و اکسید مربوط به آنها)

• بازهای قوی عبارت اند از: اکسید و هیدروکسید فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به جز  $Mg$  و  $Be$ .

**(۲۱)** فرآیند یونش در اسیدها و بازهای ضعیف برگشت‌پذیر و دوطرفه است، یعنی شمار اندکی از مولکول‌های اسید یا باز ضمن حل شدن در آب، به صورت جزئی یونیده شده و به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شوند و باقی آنها به صورت مولکولی حل می‌شوند.

**(۲۲)** اغلب اسیدها و بازها، ضعیف هستند و واکنش یونش آنها، تعادلی در نظر گرفته می‌شود.

**(۲۳)** کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود. اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

**(۲۴)** شیمی دان‌ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام **درجه یونش** ( $\alpha$ ) استفاده می‌کنند که به صورت زیر بیان می‌شود:

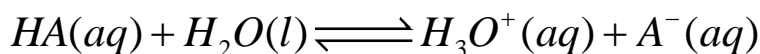
$$\text{درجه یونش} = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}} \longrightarrow \alpha = \frac{[H^+]}{M}$$

**(۲۵)** در اسیدهای قوی درجه یونش برابر یک و در اسیدهای ضعیف درجه یونش کوچکتر از یک است.

**(۲۶)** درصد یونش ( $\alpha\%$ ) حاصل ضرب درجه یونش در عدد ۱۰۰ می‌باشد.

**(۲۷)** به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، اسید تک پروتون دار می‌گویند.

**(۲۸)** رسانایی الکتریکی محلول اسیدها، به غلظت یون‌های موجود در آنها بستگی دارد که در اسیدهای تک پروتون دار طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:



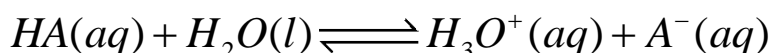
غلظت آنیون حاصل از یونش اسید + غلظت یون هیدرونیوم = غلظت یون‌های موجود در محلول

غلظت آنیون حاصل از یونش اسید = غلظت یون هیدرونیوم

$\rightarrow 2M\alpha =$  غلظت یون هیدرونیوم  $\times 2 =$  غلظت یون‌های موجود در محلول

**۴۴** فرآیند یونش در اسیدها و بازهای ضعیف تعادلی است و ثابت تعادل آن، ثابت یونش اسیدی ( $K_a$ ) و ثابت یونش بازی ( $K_b$ ) نام دارد.

**۱۰۰** فرمول‌های مورد نیاز در محاسبات مربوط به درجه یونش، ثابت یونش و غلظت یون هیدرونیوم ( $M$  غلظت اولیه اسید است):



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{M - [H^+]} = \frac{M\alpha^2}{1 - \alpha}$$

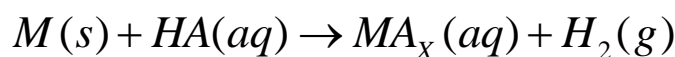
**۱۰۱** در برخی سوالات، می‌توان از تقریب استفاده نمود و فرمول‌های بالا را به شکل ساده‌شده زیر استفاده کرد:

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M} = M\alpha^2$$

**۱۰۲** در دمای معین، هرچه ثابت یونش مقدار عددی بزرگتری داشته باشد، آن ماده بیشتر یونیده می‌شود و اسید یا باز موردنظر قوی‌تر است.

**۱۰۳** قدرت اسیدها و بازها به میزان یونش آنها (مقدار ثابت یونش) بستگی دارد اما خاصیت اسیدی یا بازی، به غلظت یون هیدرونیوم یا هیدروکسید وابسته است که علاوه بر میزان یونش، به غلظت اولیه اسید یا باز بستگی دارد.

**۱۰۴** اغلب فلزها (با توجه به سری الکتروشیمیایی، فلزاتی که  $E^0$  منفی دارند) می‌توانند با اسید طبق معادله زیر واکنش دهند و گاز هیدروژن تولید نمایند:



**۱۰۵** مقدار نهایی فرآورده به نوع اسید بستگی ندارد و فقط به مول اولیه آن وابسته است اما سرعت پیشروی این واکنش به غلظت یون هیدرونیوم اسید بستگی دارد.

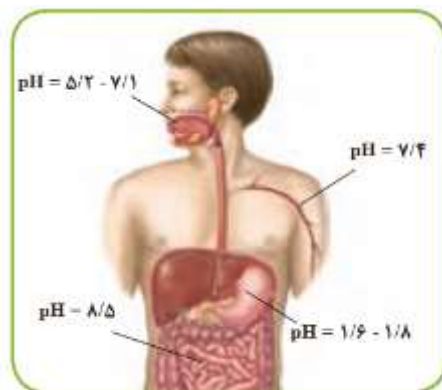
**۱۰۶** باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است که دو اسید قوی به شمار می‌روند، در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک اسید است که اسیدی ضعیف است.

**۱۰۷** pH مقیاسی برای بیان میزان اسیدی بودن ترکیبات است. در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس)، این مقیاس مقادیر ۰ تا ۱۴ را اختیار می‌کند که ۰ مربوط به قوی‌ترین اسید (با غلظت ۱ مولار) و ۱۴ مربوط

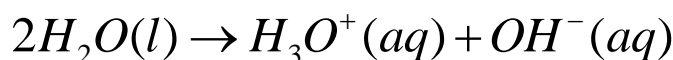
به قوی‌ترین باز (با غلظت ۱ مولار) است و ماده خنثی دارای  $pH=7$  است ( $[H^+]=[OH^-]$ ).  $pH$  طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$pH = -\log [H^+]$$

**(۱۰۰)** شکل زیر،  $pH$  طبیعی بعضی از ارگان‌های بدن را نمایش می‌دهد:



**(۱۰۴)** آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص، شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های آب یونیده می‌شوند. به این فرآیند **خودیونش** آب گفته می‌شود.



$$K_w = [H^+][OH^-]$$

**(۱۱۰)** در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدروکسید و هیدرونیوم در همه محلول‌های آبی همواره برابر  $10^{-14}$  است.

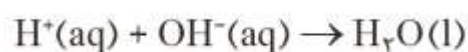
**(۱۱۱)** آب گازدار و عصاره گوجه فرنگی موادی با خاصیت اسیدی است.

**(۱۱۲)** رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاک **اسیدی** به رنگ آبی و در خاک **بازی** به رنگ **سرخ** شکوفا می‌شود.

**(۱۱۳)** بازهای معروفی مانند سود سوزآور ( $NaOH$ ) و پتاس سوزآور ( $KOH$ ) بسیار قوی هستند، به طوری که مواد خورنده به شمار می‌روند و از آنها به عنوان لوله بازکن استفاده می‌شود.

**(۱۱۴)** آمونیاک از جمله بازهای ضعیف است. به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود. از آمونیاک در شیشه پاک‌کن‌ها استفاده می‌شود.

**(۱۱۵)** به واکنش میان اسیدها و بازها **واکنش خنثی شدن** گفته می‌شود. معادله کلی واکنش خنثی شدن به صورت زیر است:



**۱۱۶** در واکنش خنثی شدن، درجه یونش و ثابت یونش اهمیتی ندارد و اسید و باز بسته به مول اولیه و ظرفیت همدیگر را خنثی می‌کنند ( $M$  غلظت مولی،  $V$  حجم،  $n$  تعداد گروه اسیدی یا بازی):

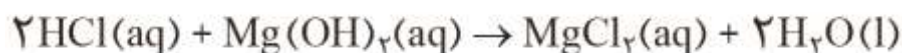
$$n_a M_a V_a = n_b M_b V_b$$

**۱۱۷** خوردن غذا سبب می‌شود که غده های موجود در دیواره معده، **هیدروکلریک اسید** ترشح کنند. در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می‌شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود  $0/03$  مولار است. محیط معده به قدری اسیدی است که می‌تواند فلز روی را در خود حل کند.

**۱۱۸** دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون های هیدرونیوم را دوباره جذب می‌کند. این جذب سبب نابودی سلول های سازنده دیواره معده می‌شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می‌شود.

**۱۱۹** مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری های معده خواهد شد.

**۱۲۰** **ضداسیدها** داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می‌شود. **شیر منیزی** یکی از رایج ترین آنهاست که شامل **منیزیم هیدروکسید** است. این دارو اسید معده را مطابق معادله زیر خنثی می‌کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می‌شود.



**۱۲۱** جدول زیر، مواد موثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد.

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{NaHCO}_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{NaHCO}_3$

**۱۲۲** **سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین)**، ماده‌ای با فرمول  $\text{NaHCO}_3$  است، یک باز بوده و جزو مواد موثر موجود در ضداسیدهاست. برای افزایش قدرت پاک‌کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند.

## فصل ۲: آسایش و رفاه در سایه شیمی

۱) پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود.

۲) واکنش‌هایی که با داد و ستد الکترون هدفمند دنبال می‌شوند، مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند.

۳) الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد. تولید انرژی الکتریکی ارزان و پاک دستاوردی از دانش الکتروشیمی است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

۴) نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهد:

- تأمین روشنایی
- گرمایش و سرمایش آسان‌تر
- حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر
- انتقال ایمن آب آشامیدنی
- درمان و کاهش اثر نقص عضو

۵) دو رکن اساسی تحقق فناوری‌ها دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی است.

۶) پرکاربردترین شکل انرژی در به کارگیری این فناوری‌ها انرژی الکتریکی است.

۷) برخی قلمروهای الکتروشیمی عبارتند از:

- تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آن‌ها)
- تولید مواد (مانند برقکافت، آبکاری)
- اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)

۸) باتری یکی از فرآورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتریسیته تولید می‌کند. برای نمونه، تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است.

۹) ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و ... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند.

۱۰) یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آن‌ها در شرایط مناسب به یکدیگر است.

۱۱) با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد.

۱۲) چراغ خورشیدی یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.



**۱۳)** باتری مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.

**۱۴)** اکسیژن نافلزی **فعال** است که با **اغلب** فلزها واکنش می‌دهد و آن‌ها را به **اکسید فلز** تبدیل می‌کند.

**۱۵)** دسته‌ای از فلزها (به نام **فلزات نجیب**) مانند **طلا** و **پلاتین** واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند و نمی‌توانند با اکسیژن واکنش دهند.

**۱۶)** به واکنش‌هایی که با مبادله الکترون میان گونه‌های شرکت‌کننده در آن همراه هستند، **واکنش‌های اکسایش-کاهش** گفته می‌شود.

**۱۷)** در این واکنش‌ها:

- گونه‌ای که الکترون می‌گیرد، بار الکتریکی‌اش منفی‌تر می‌شود. اصطلاحاً گفته می‌شود چنین گونه‌ای **کاهش** می‌یابد.

- گونه‌ای که الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی‌اش مثبت‌تر می‌شود. اصطلاحاً گفته می‌شود چنین گونه‌ای **اکسایش** می‌یابد.

**۱۸)** گونه‌ای که الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد، سبب کاهش یافتن گونه‌ی دیگر شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. به همین دلیل به آن **کاهنده** می‌گویند.

**۱۹)** گونه‌ای که الکترون به دست می‌آورد و کاهش می‌یابد، سبب اکسایش یافتن گونه‌ی دیگر شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. به همین دلیل به آن **اکسنده** می‌گویند.

**۲۰)** واکنش‌های اکسایش-کاهش، **برگشت‌ناپذیر** و یک طرفه هستند و در آنها گونه‌های اکسنده و کاهنده **قوی‌تر**(=فعال‌تر) به گونه‌های اکسنده و کاهنده **ضعیف‌تر**(=پایدارتر) تبدیل می‌شوند.

**۲۱)** فلزها اغلب **کاهنده** و نافلزها اغلب **اکسنده** هستند.

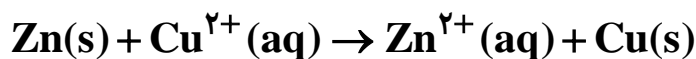
**۲۲)** شیمی‌دان‌ها هر یک از فرآیندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک **نیم واکنش** نمایش می‌دهند.

**۲۳)** هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم اتم‌ها و بار الکتریکی **موازنه** باشد.

**۲۴)** هر واکنش اکسایش-کاهش از دو نیم واکنش اکسایش و کاهش تشکیل شده است.

**۲۵)** در یک واکنش اکسایش-کاهش، هر فلز می‌تواند با کاتیون‌های مربوط به فلزهایی واکنش دهد که قدرت کاهندگی بیش‌تری نسبت به آن‌ها دارد.

**۲۶)** هرگاه تیغه روی در محلول مس (II) سولفات قرار بگیرد، واکنش زیر شروع به انجام می‌کند:

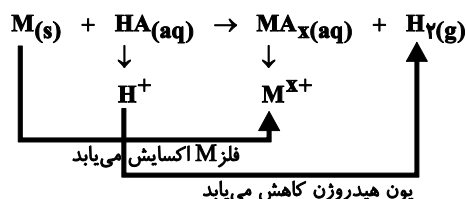


- نیم واکنش اکسایش:  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

- نیم واکنش کاهش:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}$

- محلول  $\text{CuSO}_4$  به دلیل وجود یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  به رنگ آبی است. با انجام این واکنش به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان‌دهنده انجام واکنش شیمیایی است.
- اتم‌های روی در مقایسه با اتم‌های مس، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارند، یعنی روی از مس کاهنده‌تر است؛ بنابراین این واکنش انجام شدنی است اما در جهت برگشت هرگز انجام نمی‌شود.

**(۲۷)** اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. (x: ظرفیت فلز M)



- (۲۸)** یکی از راه‌های تشخیص واکنش‌های اکسایش-کاهش این است که اگر در یک یا دو طرف معادله یک واکنش، **عنصرهای آزاد** وجود داشته باشد، واکنش به طور حتم از نوع اکسایش-کاهش است.
- (۲۹)** در برخی واکنش‌های اکسایش-کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود.
- (۳۰)** در واکنش فلز آلومینیوم و محلولی شامل یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$ ، یون‌های مس به  $\text{Cu(s)}$  کاهش می‌یابد و رنگ آبی محلول بر اثر تولید رسوب قرمز **Cu** تغییر می‌کند.
- (۳۱)** در واکنش فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیوم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود و دما افزایش می‌یابد اما با قرار دادن فلز طلا در این محلول تغییر دمایی مشاهده نمی‌شود، زیرا واکنشی رخ نمی‌دهد.
- (۳۲)** هر چه تغییر دمای سامانه بیشتر باشد، فلز واکنش‌دهنده، کاهنده‌تر است. (تمایل بیشتری به الکترون دادن دارد.)

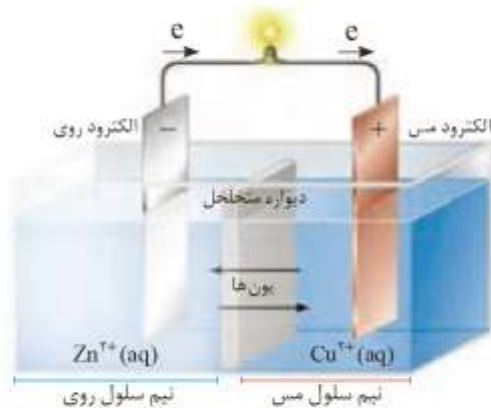
نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی (°C)
آهن	Fe	۲۳
طلا	Au	۲۰
روی	Zn	۲۶
مس	Cu	۲۰

- (۳۳)** نمایش فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی یکسان نیست. به دیگر سخن، فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند.
- (۳۴)** برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود.
- (۳۵)** اگر بتوان الکترون‌های مبادله شده در واکنش‌های اکسایش-کاهش را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش-کاهش را به شکل انرژی

الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. سلولی با این ویژگی‌ها **سلول گالوانی** نام دارد؛ دستگاهی که براساس تفاوت قدرت کاهندگی فلزها انرژی الکتریکی تولید می‌کند.

### ۳۶) ویژگی‌های سلول گالوانی:

- از دو نیم سلول تشکیل شده است. هر نیم سلول، از یک **الکتروود** و محلولی از جنس یون آن موسوم به **الکترولیت** تشکیل شده است. نیم سلول‌ها توسط **دیواره‌ای متخلخل** از هم جدا شده‌اند.
- در این سلول‌ها دو مدار درونی و بیرونی وجود دارد که **مدار درونی** (رسانای یونی) انتقال دهنده **یون‌ها** و **مدار بیرونی** (رسانای الکترونی) جابه‌جا کننده **الکترون‌ها** است. در مسیر مدار بیرونی می‌توان با قرار دادن لامپ، از انرژی حاصل از جریان الکترون‌ها استفاده کرد.
- به نیم سلولی که نیم واکنش اکسایش (آندی) در آن رخ می‌دهد، **نیم سلول آندی** و به نیم سلولی که نیم واکنش کاهش (کاتدی) در آن رخ می‌دهد، **نیم سلول کاتدی** گفته می‌شود.
- نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش در **سطح الکتروودها** رخ می‌دهد. الکتروودی که نیم واکنش اکسایش در آن رخ می‌دهد، **آند** و الکتروودی که نیم واکنش کاهش در آن رخ می‌دهد **کاتد** نام دارد.
- در سلول‌های گالوانی معمولاً با گذشت زمان از جرم الکتروود آند کاسته و به جرم الکتروود کاتد افزوده می‌شود. (آند لاغرتر و کاتد چاق‌تر می‌شود).
- جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی همواره از نیم سلول آند به نیم سلول کاتد است.
- با گذشت زمان، غلظت کاتیون‌ها در آند (به دلیل اکسایش اتم‌ها) افزایش می‌یابد و غلظت کاتیون‌ها در کاتد (به دلیل کاهش کاتیون‌ها) کاهش می‌یابد. بنابراین **آنیون‌ها** به سمت آند و **کاتیون‌ها** به سمت کاتد حرکت می‌کنند تا محلول موجود در هر یک از نیم سلول‌ها از نظر بارالکتریکی خنثی بمانند. این انتقال از طریق دیواره متخلخل انجام می‌شود.



شکل ۷- نمایی از سلول گالوانی Zn-Cu

۳۷) در سلول‌های گالوانی آند **قطب منفی** و کاتد **قطب مثبت سلول** می‌باشد و در صورتی که به درستی به قطب‌های منفی و مثبت ولت سنج متصل شوند، ولت سنج عدد مثبتی را نشان می‌دهد.

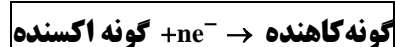
۳۸) ولتاژی که ولت سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است. کمیتی که به **نیروی الکتروموتوری** معروف است و با **emf** نمایش داده می‌شود.

**(۳۹)** اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به طور نسبی مقایسه شود.

**(۴۰)** مینا (پتانسیل صفر ولت): نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) است.

**(۴۱)** منظور از پتانسیل استاندارد نیم سلول که با  $E^\circ$  نشان می‌دهند، اندازه‌گیری پتانسیل هر نیم سلول در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، فشار ۱ atm و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌هاست که بر مبنای SHE صورت گرفته است.

**(۴۲)** طبق پیشنهاد آیوپاک و برای هماهنگی در منابع معتبر علمی، پتانسیل کاهش گونه‌ها در جدول‌ها ذکر می‌شود. بدین ترتیب در هر نیم‌واکنش، گونه اکسند و الکترون‌ها در سمت چپ و گونه کاهنده در سمت راست قرار می‌گیرد.



**(۴۳)** رتبه‌بندی فلزها به ترتیب کاهش  $E^\circ$  آن‌ها در یک جدول می‌باشد که سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود. در این جدول علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از  $H_2$  دارند، منفی و علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری از  $H_2$  دارند، مثبت است.

جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم سلول‌ها

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ$ (V)
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+۱/۵۰
$Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$	+۱/۲۰
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+۰/۸۰
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	-۰/۱۴
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-۰/۴۴
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-۰/۷۶
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-۱/۱۸
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-۱/۶۶
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-۲/۳۷

↑ اکسند قوی‌تر      ↓ کاهنده قوی‌تر

**(۴۴)** در سری الکتروشیمیایی قدرت کاهندگی گونه‌ها از بالا به پایین افزایش و قدرت اکسندگی گونه‌ها از بالا به پایین کاهش می‌یابد. بنابراین

«واکنش‌های انجام شدنی آن‌هایی هستند که گونه کاهنده پایین‌تر از گونه اکسند باشد.»

**(۴۳)** طبق سری الکتروشیمیایی، به ترتیب فلزهای گروه ۱ و ۲ و سپس آلومینیوم، منگنز و روی، قوی‌ترین کاهنده‌ها به شمار می‌روند و مولکول‌های مربوط به هالوژن‌ها، قوی‌ترین اکسنده‌ها به شمار می‌روند.

**(۴۴)** فلزات مس، نقره، جیوه، پلاتین، پالادیوم و طلا  $E^\circ$  مثبت دارند. این فلزات قدرت کاهندگی کم‌تری از گاز هیدروژن دارند.

**(۴۵)** در سلول گالوانی اگر قطب‌های مثبت و منفی آن را به درستی به یک ولت‌سنج متصل کنیم، ولت‌سنج عدد مثبتی را نشان می‌دهد که emf آن سلول است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$emf = E^\circ(\text{آند}) - E^\circ(\text{کاتد})$$

**(۴۶)** باتری‌ها در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آن‌ها با انجام شدن نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.

**(۴۷)** در فناوری ساخت باتری‌های جدید، فلز لیتیم نقش پررنگی دارد؛ زیرا لیتیم در میان فلزها کم‌ترین چگالی و  $E^\circ$  را دارد. این ویژگی لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود.

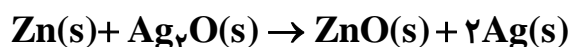
**(۴۸)** در هر تن از نمک دریاچه قم، بیش از ۲۰۰ گرم لیتیم وجود دارد.

**(۴۹)** باتری دگمه‌ای از جمله باتری‌های لیتیمی است که در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به کار می‌رود.

**(۵۰)** دسته‌ای دیگر از باتری‌های لیتیمی، باتری‌های قابل شارژ هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می‌رود.

**(۵۱)** سالانه حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیمی و ... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید به طبیعت رها یا دفن شوند، زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد و فلزها هستند.

**(۵۲)** باتری روی - نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که واکنش زیر در آن‌ها انجام می‌شود:



در این باتری، فلز روی اکسایش پیدا می‌کند و نقش آند را برعهده دارد و با توجه به کاهش یون‌های نقره، فلز نقره نقش کاتد را برعهده می‌گیرد.

**(۵۳)** نگهداری مواد در ظروف مناسب، به گونه‌ای اتم‌های تشکیل‌دهنده ظرف با محتویات آن واکنش ندهند، در ارتباط با الکتروشیمی و سری الکتروشیمیایی است.

**(۵۴)** از ظرف‌هایی می‌توان برای نگهداری کاتیون‌های یک فلز استفاده کرد که از جنس موادی باشند که  $E^\circ$  بیش‌تری از آن فلز داشته باشند. به زبان ساده، در جدول سری الکتروشیمیایی، فلز سازنده ظرف، باید در موقعیتی بالاتر از کاتیون فلزی ترکیب نگهداری شده قرار داشته باشد. مثلاً محلول  $\text{ZnSO}_4$  را می‌توان

در ظرف مسی نگهداری کرد، چون روی از مس کاهنده تر است و در سری الکتروشیمیایی پایین تر از ظرف قرار دارد. بنابراین واکنش  $\text{Cu(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn(s)}$  انجام نمی پذیرد.

ظرف بالاتر
نمک پایین تر

**۵۴) در سوالاتی که  $E^\circ$  چندین گونه داده می شود و درباره انجام پذیری یا انجام ناپذیری واکنش های میان آن ها پرسش مطرح می گردد، استفاده از روش زیر توصیه می شود:**

- گونه ها را به روش سری الکتروشیمیایی مرتب می کنیم، به نحوی که گونه دارای کم ترین  $E^\circ$  در پایین ترین ردیف و گونه دارای بیش ترین  $E^\circ$  در بالاترین ردیف جدول رسم شده قرار می گیرد.
- واکنشی در شرایط طبیعی به صورت خودبه خودی انجام می شود که گونه های کاهنده و اکسنده در موقعیت های زیر نسبت به یکدیگر قرار داشته باشند:

✚ کاهنده: پایین تر/سمت راست

✚ اکسنده: بالاتر/سمت چپ

- روش دیگر تشخیص: در واکنش های الکتروشیمیایی که انجام پذیر هستند، همواره واکنش دهنده ها، اکسنده ها و کاهنده های قوی تری از گونه هایی هستند که در سمت فرآورده ها قرار دارند. یعنی:
- ✚ واکنش دهنده کاهنده پایین تر از فرآورده کاهنده قرار دارد.
- ✚ واکنش دهنده اکسنده بالاتر از فرآورده اکسنده قرار دارد.

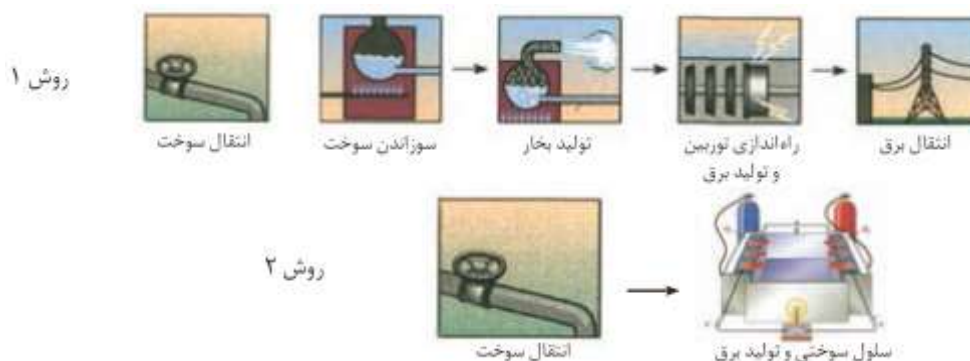
**۵۱) سوخت های فسیلی همچنان مناسب ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه ها به شمار می رود.**

**۵۴) چالش های مصرف سوخت های فسیلی عبارتند از:**

- کاهش سریع ذخایر سوخت های فسیلی بر اثر استخراج و مصرف بی رویه
- گسترش روز افزون آلودگی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی

**۶۰) سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است که شیمی دان ها برای گذر از تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می دهند. این سلول ها افزون بر کارایی بیشتر می توانند ردپای کربن دی اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می روند.**

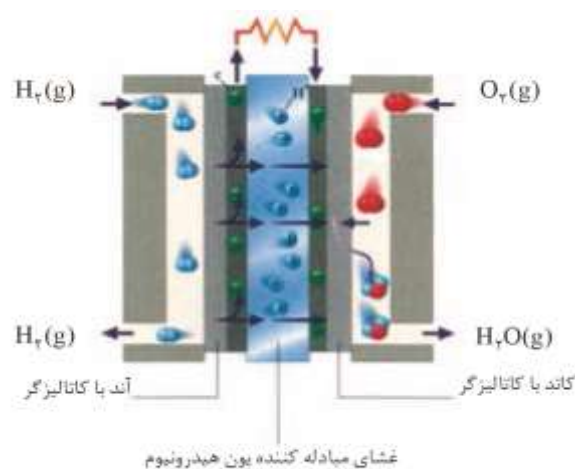
**۶۱) روش های تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی:**



❧❧ مزایای روش دوم (سلول سوختی) در مقایسه با روش اول (نیروگاه و توربین):

- اتلاف انرژی به شکل گرما کم تر است.
- کارایی و بازدهی این روش بالاتر است. (سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد. در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر (۶۰ درصد) افزایش می دهد).
- آلودگی زیست محیطی کم تر دارد.

❧❧ رایج ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن-اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.



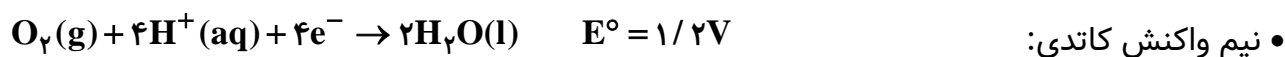
شکل ۱- نوعی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن

❧❧ اجزای هر سلول سوختی عبارتند از:

- الکتروود آند (با کاتالیزگر)
- الکتروود کاتد (با کاتالیزگر)
- غشای مبادله کننده پروتون

❧❧ نکات سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن:

- الکترودهای آند و کاتد کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش های اکسایش و کاهش سرعت می بخشند. بنابراین آند و کاتد خود اکسایش و کاهش نمی یابند.



❧❧ غشای مبادله کننده پروتون، یون های هیدروژن حاصل از اکسایش سوخت سلول را از آند به کاتد منتقل می کند.

- ۶۷) سوخت مصرف نشده از نیم سلول آند و بخار آب از نیم سلول کاتد سلول سوختی خارج می‌شوند.
- ۶۸) با اینکه سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند، اما در آن‌ها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود.
- ۶۹) یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن-اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آن‌هاست.
- ۷۰) عدد اکسایش به بار الکتریکی ظاهری نسبت داده شده به اتم‌های درگیر در یک پیوند اطلاق می‌شود.
- ۷۱) روش‌های محاسبه عدد اکسایش:

#### الف) محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها در همه گونه‌ها (با رسم ساختار لوئیس):

(الکترون‌های ناپیوندی + الکترون‌های پیوندی) - شمار الکترون‌های ظرفیتی (یکان شمار گروه اتم) = عدد اکسایش

##### • الکترون‌های پیوندی:

در محاسبه تعداد الکترون‌های پیوندی برای هر اتم در یک ترکیب، با توجه به ساختار لوئیس، الکترون‌های هر پیوند به اتمی نسبت داده می‌شود که دارای خصلت نافلزی بیشتری باشد و در حالتی که اتم‌ها یکسان باشند، الکترون‌های پیوندی را به طور یکسان میان آن‌ها توزیع می‌کنیم.

##### • الکترون‌های ناپیوندی:

★ همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم به همان اتم نسبت داده می‌شود.

**توجه:** برای محاسبه عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترکیب‌های آلی این روش مناسب است اما در سایر مولکول‌ها روش بعدی توصیه می‌شود که سریع‌تر است.



ب) محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها در برخی گونه‌ها (بدون نیاز به رسم ساختار لوئیس):

مجموع عدد اکسایش اتم‌های تشکیل‌دهنده هرگونه، برابر بار آن‌گونه است و جمع جبری عددهای اکسایش در هر مولکول باید برابر با صفر باشد. با توجه به این نکته و دانستن عدد اکسایش اتم‌های زیر می‌توان عدد اکسایش اتم موردنظر سوال را به دست آورد:

- همواره عدد اکسایش عناصر آزاد (تک اتمی یا دو اتمی) برابر صفر، یون‌های تک اتمی برابر بار همان یون، فلزات گروه ۱ و ۲ برابر شماره گروه آن‌ها، آلومینیوم برابر ۳ و فلوئور برابر -۱ است.
- عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب آن با فلزات -۱ و در سایر موارد +۱ است.
- عدد اکسایش اکسیژن در اغلب ترکیب‌ها -۲ است، به جز در پراکسیدها (مثل  $H_2O_2$ ) و  $OF_2$  و  $HOF$  که به ترتیب برابر -۱ و +۲ و ۰ است.

**۷۲) اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عددهای اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند.**

**۷۳) محدوده عدد اکسایش در نافلزات گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ جدول تناوبی:**

- بیش‌ترین عدد اکسایش این اتم‌ها برابر رقم یکان شماره گروه آن‌هاست.
- کم‌ترین عدد اکسایش این اتم‌ها برابر رقم یکان شماره گروه آن‌ها منهای عدد هشت است.

استثناهای این عبارت، فلوئور و اکسیژن هستند. فلوئور فقط عدد اکسایش -۱ دارد و بیش‌ترین عدد اکسایش اکسیژن +۲ است.

**۷۴) بیش‌ترین عدد اکسایش در فلزهای گروه‌های ۱ تا ۷ جدول دوره‌ای عناصر، برابر شماره گروه آنها است.**

**۷۵) افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرآیند اکسایش است.**

**۷۶) کاهش عدد اکسایش به معنای به دست آوردن الکترون و فرآیند کاهش است.**

**۷۷) هرگاه گفته‌شود گونه‌ای فقط می‌تواند نقش اکسنده داشته باشد، به این معناست که این گونه فقط می‌تواند کاهش پیدا کند و نمی‌تواند اکسایش یابد مثل گوگرد تری اکسید ( $SO_3$ )؛ زیرا در این ترکیب، عدد اکسایش اتم مرکزی یعنی گوگرد برابر ۶ است که بیش‌ترین حالت ممکن برای این اتم می‌باشد. بنابراین امکان افزایش بیشتر عدد اکسایش آن، یعنی اکسایش این گونه وجود ندارد.**

**۷۸) هرگاه گفته‌شود گونه‌ای فقط می‌تواند نقش کاهنده داشته باشد، به این معناست که این گونه فقط می‌تواند اکسایش پیدا کند و نمی‌تواند کاهش یابد؛ مثل  $H_2O$  (چرا؟!)**

**۷۹** در گروهی از سلول‌های الکتروشیمیایی با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در **خلاف جهت طبیعی** پیش راند. این سلول‌ها به **سلول‌های الکترولیتی** معروف هستند.

**۸۰** در **سلول گالوانی**، انجام یک واکنش اکسایش-کاهش منجر به **تولید انرژی الکتریکی** شده اما در **سلول الکترولیتی** با اعمال ولتاژ بیرونی معین، یک **واکنش اکسایش-کاهش دلخواه** انجام می‌شود.

**۸۱** ویژگی‌های سلول الکترولیتی:

- در سلول‌های الکترولیتی مانند سلول گالوانی، نیم‌واکنش کاهش در کاتد و نیم‌واکنش اکسایش در آند انجام می‌شود اما جای قطب مثبت و منفی عوض شده است؛ آند به **قطب مثبت** و کاتد به **قطب منفی** باتری متصل است.

- در سلول‌های الکترولیتی، دو الکترود درون **یک الکترولیت** قرار گرفته‌اند و **دیواره متخلخل** وجود ندارد، الکترودها اغلب **گرافیتی** هستند و در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند (الکترودهای بی‌اثر) و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند تا به سطح الکترودها برسند و در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش شرکت کنند.

- الکترولیت یک ترکیب یونی محلول یا مذاب است و هنگامی که به این سلول ولتاژی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکترود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند.

← کاتیون‌ها ← حرکت به سمت کاتد (-) ← شرکت در نیم واکنش کاهش

← آنیون‌ها ← حرکت به سمت آند (+) ← شرکت در نیم واکنش اکسایش

- الکترون‌ها در مدار بیرونی از **آند به سمت کاتد** جریان می‌یابند (مشابه سلول گالوانی)

**۸۲** **برقکافت** (آب و سایر ترکیبات) از جمله فرآیندهایی است که در **سلول الکترولیتی** انجام می‌گردد.

**۸۳** آب خالص **رسانایی الکتریکی ناچیزی** دارد، از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

**۸۴** نکات برقکافت آب:

• نیم واکنش آندی (اکسایش آب):  $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

• نیم واکنش کاهش کاتدی (کاهش آب):  $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

• معادله کلی واکنش:  $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

**۸۵** در آند، یون هیدروژن و در کاتد، یون هیدروکسید تولید می‌شود. بنابراین **محلول پیرامون آند، اسیدی و محلول پیرامون کاتد، بازی** است (کاغذ pH در محلول آندی به رنگ سرخ و در محلول کاتدی به رنگ آبی در می‌آید). اما آب خالص ماده‌ای خنثی است، زیرا غلظت یون‌های تولید شده در کاتد و آند برابر است.

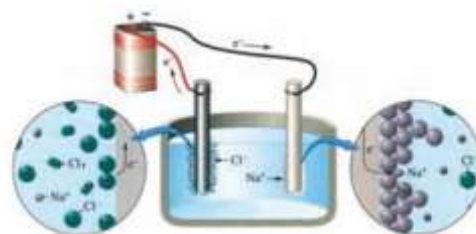
**۸۶** در آند، گاز اکسیژن و در کاتد، گاز هیدروژن تولید می‌شود که در شرایط یکسان، طبق واکنش کلی، حجم گاز آزاد شده در کاتد ( $H_2$ ) دو برابر حجم گاز تولید شده در آند ( $O_2$ ) است.



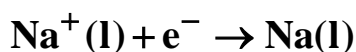
شکل ۱- تجزیه آب به عنصرهای سازنده آن با مصرف انرژی الکتریکی

## ۴۷) برقکافت $\text{NaCl(l)}$ و تهیه فلز سدیم:

- فلز سدیم یک **کاهنده قوی** است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، بلکه در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل **یون سدیم** وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند.
- برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. در صنعت برای تهیه فلز سدیم، از **سلول الکترولیتی دانز** استفاده می‌شود.
- در سلول دانز، از برقکافت **سدیم کلرید مذاب**، **سدیم مذاب** تولید می‌شود.
- برای تهیه سدیم و دیگر فلزهای فعال که کاهنده‌های قوی هستند، باید از برقکافت نمک آن‌ها در حالت **مذاب (نه محلول)** تهیه کرد.



• نیم واکنش اکسایش:



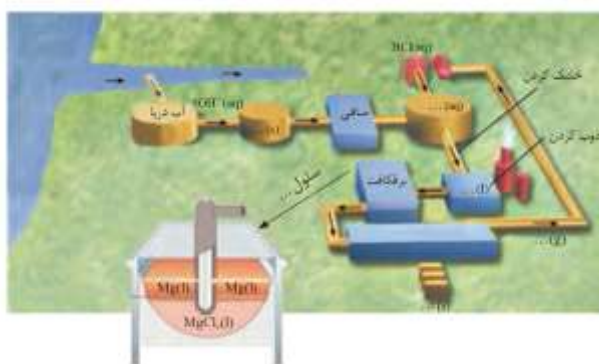
• نیم واکنش کاهش:



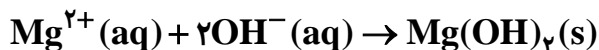
• معادله کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب:

- سدیم کلرید خالص در  $801^{\circ}\text{C}$  ذوب می‌شود. افزودن مقداری **کلسیم کلرید** به آن، دمای ذوب را تا حدود  $587^{\circ}\text{C}$  پایین می‌آورد که این کار تولید سدیم کلرید مذاب را از نظر اقتصادی به صرفه‌تر می‌کند.

۴۸) یکی از مهم‌ترین منابع **منیزیم**، **آب دریاها** است. برای تهیه فلز منیزیم از آب دریا مراحل زیر انجام می‌شود:

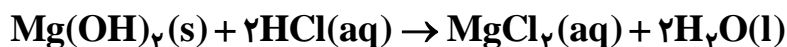


۱) به نمونه آب دریا **یون‌های هیدروکسید** ( $\text{OH}^-$ ) را می‌افزایند تا یون‌های منیزیم با آن‌ها ترکیب شده و به صورت رسوب منیزیم هیدروکسید ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) از آب جدا شوند.



۲) گذراندن رسوب از **صافی** برای افزایش درصد خلوص

۳) رسوب منیزیم هیدروکسید را با **هیدروکلریک اسید** ( $\text{HCl}(\text{aq})$ ) واکنش می‌دهند تا به نمک محلول منیزیم کلرید ( $\text{MgCl}_2$ ) تبدیل شود.



۴) نمک محلول منیزیم کلرید را **خشک** و بی‌آب کرده و سپس **ذوب** می‌کنند.

۵) در این مرحله، نمک مذاب وارد سلول الکترولیتی می‌شود تا در اثر **برقکافت**، فلز منیزیم تولید گردد.

**۱۹)** واکنش برقکافت  $\text{MgCl}_2(\text{l})$ :



**۴۰)** پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند **سیاه شدن** وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و ... انجام می‌شود که مطلوب نیستند و گاهی زیان‌هایی را به دنبال دارند.

**۴۱)** هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند.

**۴۲)** **خوردگی** به فرآیند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش-کاهش گفته می‌شود. **زنگ زدن آهن** و **زنگار سبز بر سطح مس** نمونه‌هایی از خوردگی هستند. خوردگی از استحکام و زیبایی فلزات می‌کاهد.

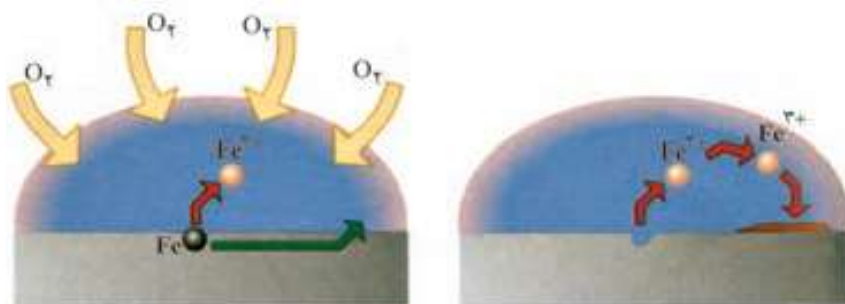
**۴۳)** فلزات نجیب (شامل طلا، پلاتین و پالادیم) واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند و برخلاف سایر فلزها دچار خوردگی نمی‌شوند؛ به عنوان مثال طلا (Au) در هوای مرطوب و حتی اعماق دریا همچنان درخشان باقی می‌ماند و فلز پلاتین (Pt) را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

**۴۴)** آهن **پرمصرف‌ترین** فلز در جهان است. خوردگی آهن خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند، به طوری که سالانه حدود **۲۰ درصد** از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود.

**۴۵)** پتانسیل کاهشی اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است. با این توصیف، اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آن‌ها را اکسید کند.

**۴۶)** در هنگام خوردگی، در محل خوردگی یک **سلول گالوانی** تشکیل می‌شود که یک واکنش اکسایش-کاهش را در جهت طبیعی به پیش ببرد.

**۹۷** نکات سلول گالوانی تشکیل شده در محل خوردگی آهن:



$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$  ■ نیم واکنش کاهش:

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$  ■ نیم واکنش اکسایش:

■ یون‌های آهن (II) یک مرحله دیگر اکسید می‌شوند و به صورت آهن (III) می‌آیند.

$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

■ معادله واکنش کلی زنگ زدن آهن:

$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

**۹۸** فرآورده نهایی خوردگی، **زنگ آهن** بوده که فرمول شیمیایی آن  $Fe(OH)_3$  در نظر گرفته می‌شود.

**۹۹** برای انجام نیم واکنش کاهش و به طور کلی خوردگی، وجود مولکول‌های آب و گاز اکسیژن ضروری است.

**۱۰۰** **قطره آب نقش الکترولیت** (رسانای یونی) را ایفا می‌کند، به گونه‌ای که یون‌ها در آن جابه‌جا می‌شوند. در طرف مقابل الکترون‌ها در داخل فلز (رسانای الکترونی) از پایانه آندی به سمت پایانه کاتدی جریان می‌یابند.

**۱۰۱** **خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد.** چون نیم‌واکنش کاهش اکسیژن به وسیله اسید،  $E^\circ$  بیشتری در مقایسه با اکسایش آن به وسیله آب دارد و باعث افزایش  $E^\circ$  واکنش خوردگی می‌شود. پس، در حضور یون هیدروژن، پیشرفت واکنش بیشتر و خوردگی شدیدتر می‌شود.

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l) \quad E^\circ = +1/23 \text{ V}$

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq) \quad E^\circ = +0/40 \text{ V}$

**۱۰۲** راه‌های جلوگیری از خوردگی آهن:

• **محافظت فیزیکی:** ساده‌ترین راه ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. پوششی که با روش‌هایی مانند **رنگ زدن**، **قیر اندود کردن** و **روکش دادن** ایجاد می‌شود. چنین روش‌هایی نمی‌تواند به طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند، زیرا به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود.

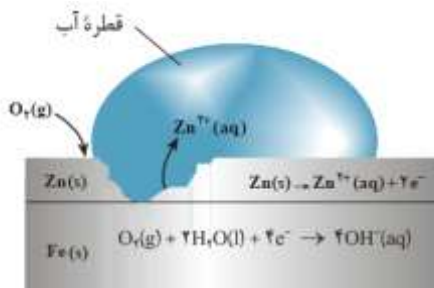
• فداکاری سایر فلزها برای حفاظت آهن (محافظت کاتدی): پوشاندن و تماس آهن با فلزات فعال‌تر (کاهنده‌تر/ دارای پتانسیل الکترودی استاندارد کمتر) مثل روی، منیزیم و ... .  
در این روش فلز محافظت‌کننده در رقابت برای کاهش یافتن (از دست‌دادن الکترون)، بر آهن پیروز می‌شود و به جای آهن خورده می‌شود و آهن در امان می‌ماند.

**(۱۰۳)** هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلزی که کاهنده‌تر بود و  $E^0$  کمتری دارد، در این رقابت برنده شده و اکسایش می‌یابد.

**(۱۰۴)** برای حفاظت از آهن در بدنه کشتی‌ها و لوله‌های نفتی می‌توان از منیزیم استفاده کرد. اما باید توجه داشت که به دلیل اکسایش و مصرف Mg، باید به صورت دوره‌ای تکه‌های آن را تعویض کرد.

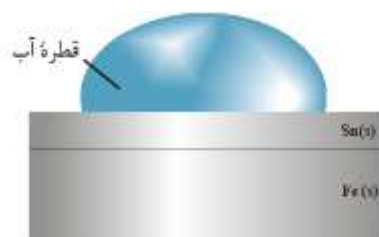
**(۱۰۵)** فداکاری فلز روی (Zn) برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و ... به کار می‌رود.

**(۱۰۶)** هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی اکسید شده و آهن محافظت می‌شود.



شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

**(۱۰۷)** نوع دیگری از آهن، حلبی نام دارد. در حلبی‌ها، ورقه‌ای آهنی با لایه نازکی از فلز قلع (Sn) پوشیده شده است. قلع از آهن  $E^0$  بزرگ‌تری دارد و در هنگام خراش نمی‌تواند با فداکاری خود مانع خوردگی آهن شود و فقط نقش پوشش را ایفا می‌کند.



**(۱۰۸)** حلبی برخلاف آهن گالوانیزه با مواد غذایی واکنش نمی‌دهد، به همین دلیل از آن برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود.

**(۱۰۹)** قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می‌شوند.

• (II) برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. **آلومینیوم** یکی از این فلزها است.

• (III) ویژگی‌های عنصر آلومینیوم (Al):

- فلزی فعال است که به سرعت در هوا اکسید می‌شود ( $E^\circ(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1/66\text{V}$ )
- آلومینیوم با تشکیل لایه چسبنده و متراکم  $\text{Al}_2\text{O}_3$  از ادامه اکسایش جلوگیری می‌کند به طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند. این ویژگی آلومینیوم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده کرد. با این توصیف فلز آلومینیوم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است.
- آلومینیوم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود. از این رو این فلز تنها از **برقکافت نمک‌های مذاب** آن به دست می‌آید و رایج‌ترین روش تهیه آن، **فرایند هال** نام دارد.



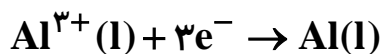
چارلز مارتین هال (۱۸۶۳-۱۹۱۴)  
این شیمی‌دان آمریکایی در ۲۳ سالگی این روش را ابداع کرد.



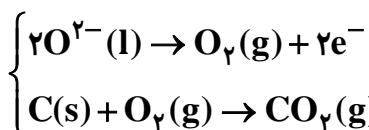
شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومینیوم از  $\text{Al}_2\text{O}_3$

• (III) نکات فرایند هال:

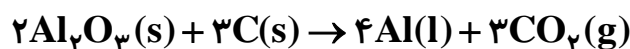
- سلول هال یک سلول الکترولیتی متشکل از الکترودهای گرافیتی و الکترولیتی شامل یون‌های مذاب  $\text{Al}^{3+}$  است که با انجام یک واکنش اکسایش-کاهش، فلز آلومینیوم را در حالت مذاب تولید می‌کند.



• نیم واکنش کاهش:



• نیم واکنش اکسایش:



• واکنش کلی:

- در سلول هال با گذشت زمان از جرم تیغه‌های گرافیتی آند کاسته می‌شود، چرا که اتم‌های کربن در گرافیت، اکسایش پیدا کرده و به صورت گاز کربن دی‌اکسید از سلول خارج می‌شوند.

- تعداد الکترون مبادله شده در واکنش مربوط به سلول هال برابر ۱۲ است. زیرا ۴ یون  $\text{Al}^{3+}$  به ۴ اتم Al کاهش یافته‌اند. ( $4 \times 3 = 12$ )

- فرآیند هال به علت مصرف زیاد انرژی الکتریکی هزینه بالایی دارد از این رو با **بازیافت فلز آلومینیوم** می‌توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدناپذیر طبیعت، برخی از هزینه‌های تولید این فلز را کاهش داد.
- تولید قوطی‌های آلومینیومی از قوطی‌های کهنه فقط به **۷ درصد** از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

**(۱۱۳)** فلز اصلی سازنده وسایل و ابزار گوناگون مورد استفاده در زندگی روزانه **آهن** یا **مس** است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسایل می‌شود و از سوی دیگر به **سلامتی بدن** آسیب می‌رساند.

**(۱۱۴)** پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی (مثل نقره، کروم، نیکل و طلا) **آبکاری** نام دارد. فرآیند آبکاری در **سلول الکترولیتی** انجام می‌شود.

**(۱۱۵)** اجزای سلول آبکاری:

- **آند:** الکتروود از جنس فلزی است که می‌خواهیم به عنوان **روکش** از آن استفاده کنیم. آند به **قطب مثبت باتری** متصل می‌شود.
- **کاتد:** **شی مورد آبکاری** (مثل یک قاشق) که حتماً باید **رسانای جریان برق** باشد. کاتد به **قطب منفی باتری** متصل می‌شود.
- **الکتrolیت:** محلولی شامل یون‌های فلزی است که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.

**(۱۱۶)** اگر بخواهیم یک قاشق از جنس فولاد را با نقره آبکاری کنیم، در این سلول آبکاری، با اعمال ولتاژ بیرونی یون‌های  $Ag^+$  از تیغه آندی (فلز نقره) جدا شده و وارد محلول می‌شوند و تعدادی از یون‌های  $Ag^+$  روی کاتد (قاشق فولادی) می‌نشینند. بدین ترتیب، با گذشت زمان از جرم آند کاسته و به جرم کاتد افزوده می‌شود اما غلظت محلول ثابت می‌ماند. نیم واکنش‌های آند و کاتد به صورت زیر است:

$Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e^-$  • نیم واکنش اکسایش:

$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$  • نیم واکنش کاهش:





## فصل ۳: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

۱) انسان از دیرباز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای‌جای زمین تامین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است.

۲) عواملی که در تغییر این مواد نقش داشته‌اند:

- محیط و شیوه زندگی
- آیین‌ها
- آداب و رسوم
- ادبیات و افسانه‌ها

۳) تنگ آبخوری به جای مانده از دوره ساسانی، سفالینه‌های مربوط به ایران باستان و مجسمه موآی در جزیره ایستر، نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان هستند که به عنوان نماد هنر، افزون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری خود نیز به‌شمار می‌روند.

۴) مواد اولیه ساخت آثار باستانی، باید ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

- فراوانی و در دسترس بودن
- استحکام زیاد
- واکنش‌پذیری کم
- پایداری مناسب

۵) شیمی‌دان‌ها در گام نخست، نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به‌جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند.

۶) **خاک رس** مخلوطی از مواد گوناگون (شامل انواع اکسیدها، فلزات و...) است. جدول زیر، اجزای سازنده نوعی خاک رس و درصد جرمی آن‌ها را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است:

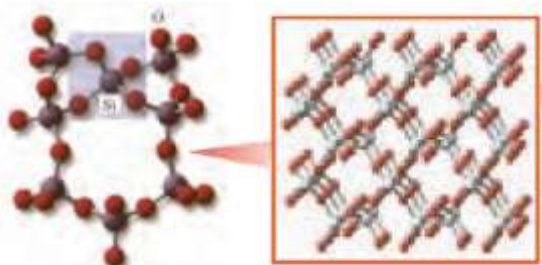
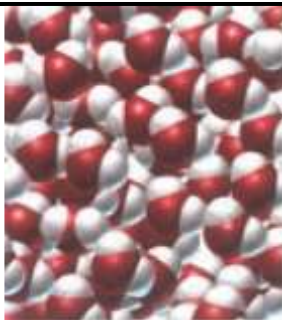
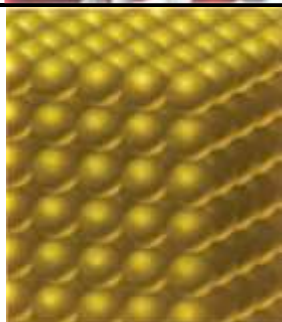
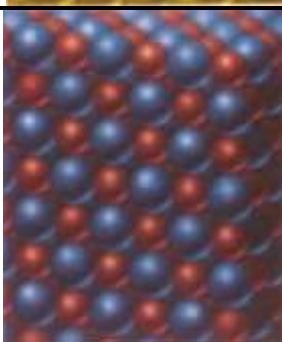
ماده	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Au و دیگر مواد
درصد جرمی	۴۶/۲۰	۳۷/۷۴	۱۳/۳۲	۱/۲۴	۰/۹۶	۰/۴۴	۰/۱

۷) **درصد جرمی** هر ماده در نمونه، گرم آن را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد.

۸) در ارتباط با جدول فوق، نکات زیر حائز اهمیت هستند:

- **فراوان‌ترین** اجزای سازنده خاک رس (نمونه استخراج شده از معدن طلا) عبارت است از:
  - ۱) سیلیس (SiO<sub>2</sub>)
  - ۲) آلومینیوم اکسید (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  - ۳) آب (H<sub>2</sub>O)
- هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از خاک رس، مقدار زیادی از آب موجود در خاک رس یا همه آن بخار و از نمونه خارج می‌شود. در واقع، **کاهش جرم نمونه خاک رس مربوط به تبخیر آب است.**
- **سرخ فام بودن رس** به دلیل وجود **اکسید آهن** (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) در آن است. هرچه درصد جرمی Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در یک نمونه از رس بیشتر باشد، خاک قرمزتر است.
- سیلیس (SiO<sub>2</sub>) افزون بر خاک رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آنها شده است.

- ساختار ذره‌ای مواد سازنده خاک رس، پس از جدا و خالص‌سازی، در حالت جامد از الگوهای زیر تبعیت می‌کنند:

	<p>سیلیس: جامد کووالانسی</p>
	<p>یخ: جامد مولکولی</p>
	<p>طلا: جامد فلزی</p>
	<p>ترکیباتی مانند <math>\text{MgO}</math>، <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>، <math>\text{Na}_2\text{O}</math>: جامد یونی</p>

**۴) سیلیسیم** پس از اکسیژن، دومین عنصر فراوان در پوسته جامد زمین است. به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰% پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهد.

**۱۰) از شیمی** دهم به یاد دارید سیلیسیم پس از آهن و اکسیژن، سومین عنصر فراوان در کل سیاره زمین است.

**(۱۱)** این عنصر به شکل آزاد در طبیعت وجود ندارد و به طور عمده به شکل سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) یافت می‌شود. (سیلیسیم خالص و سیلیس هر دو ساختار مشابهی دارند و از مواد کووالانسی هستند اما از آن جایی که آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si است، این عنصر بیشتر به شکل سیلیس در طبیعت وجود دارد).

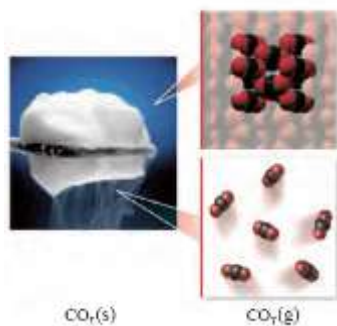
**(۱۲)** سیلیسیم خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

**(۱۳)** سیلیسیم ( ${}_{14}\text{Si}$ )، شبه فلزی از خانواده کربن است.



**(۱۴)** سیلیس فراوان‌ترین اکسید در پوسته جامد زمین است. کوارتز از نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.

**(۱۵)** موادی مانند کربن دی‌اکسید و آب، مواد مولکولی به شمار می‌روند. ذره‌های سازنده این مواد از مولکول‌های مجزا و مستقل تشکیل شده است و نیروهای بین مولکولی شامل نیروهای ضعیف وان‌دروالسی یا پیوندهای هیدروژنی این مولکول‌ها را کنار هم نگه می‌دارند. کربن دی‌اکسید جامد، یخ خشک نام دارد و نمونه‌ای از مواد مولکولی به شمار می‌رود. (شکل زیر)

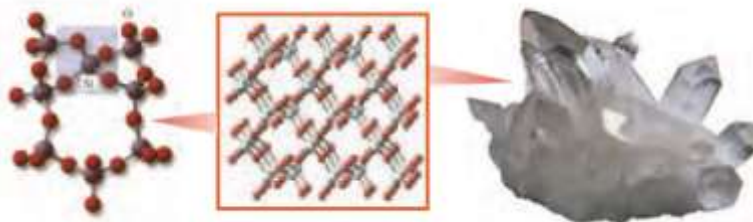


**(۱۶)** مواد کووالانسی شامل تعداد زیادی از اتم‌ها هستند؛ ساختاری به هم پیوسته و گول آسا از اتم‌ها که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. در چنین ساختاری مولکول‌های مجزا وجود ندارد و همه پیوندها فقط از نوع اشتراکی‌اند. این مواد در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند و از این رو، جامدهای کووالانسی نیز نامیده می‌شوند. سیلیسیم خالص، سیلیس ( $\text{SiO}_2$ )، گرافیت، الماس و سیلیسیم کاربید ( $\text{SiC}$ ) نمونه‌هایی از مواد کووالانسی هستند.

**۱۷)** یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند اما عنصرهای دیگر مثل اکسیژن هم ممکن در ساختار آن‌ها وجود داشته باشند.

**۱۸)** اتم‌ها برای دستیابی به آرایش پایدار گازهای نجیب (هشت‌تایی) الکترون‌های خود را مبادله می‌کنند (یعنی تولید یون‌های مثبت یا منفی و تشکیل ترکیب‌های یونی) یا از راه به اشتراک گذاشتن آن‌ها به پایداری می‌رسند. جز در فلزات، در سایر عناصر تشکیل یون پایدار با بار مثبت یا منفی چهار منفی ممکن نیست، به دیگر سخن، گرفتن یا از دست دادن ۴ الکترون برای این اتم‌ها ممکن نمی‌باشد؛ بنابراین دو عنصر کربن و سیلیسیم که در گروه چهاردهم جدول دوره‌ای عناصر قرار دارد، فقط از راه دوم (تشکیل پیوند اشتراکی) می‌توانند هشت‌تایی شوند و تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی از آن‌ها شناخته نشده است.

**۱۹)** شبکه بلوری سیلیس، ساختار منظمی از شمار زیادی اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن در سه بعد است. ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا که در آن شمار زیادی پیوندهای اشتراکی Si-O-Si وجود دارد. در این ساختار، هر اتم سیلیسیم به چهار اتم اکسیژن متصل است و هر واحد با پل Si-O-Si به دیگر واحدها متصل است. چنین ساختاری، دلیل بر سختی بالا و دیرگداز بودن سیلیس است.



**۲۰)** پخته شدن نان سنگ بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

**۲۱)** سیلیسیم کربید (SiC) یک جامد کووالانسی است که از شمار زیادی اتم‌های کربن و سیلیسیم در سه بعد تشکیل شده است و فاقد مولکول‌های مجزاست. به دلیل وجود اتم‌های کربن علاوه بر اتم‌های سیلیسیم در ساختار این ماده، سختی آن از سیلیسیم خالص بیشتر است اما سختی آن از الماس کمتر است. این ماده یک ساینده ارزان است و در تهیه سنباده به کار می‌رود.

**۲۲)** به شکل‌های مختلف یک عنصر در طبیعت، آلوتروپ یا دگرشکل می‌گویند.

**۲۳)** الماس و گرافیت دو آلوتروپ طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند.

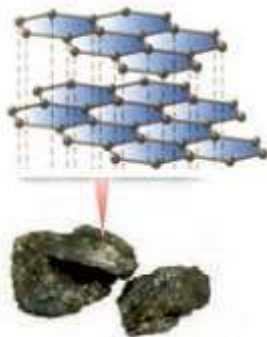
**۲۴)** درباره‌ی الماس، نکات زیر حائز اهمیت فراوان هستند:

- از مواد کووالانسی با چینش سه‌بعدی اتم‌های کربن است. از این رو فاقد مولکول‌های مجزا می‌باشد.
- هر اتم کربن از طریق ۴ پیوند اشتراکی یگانه، به چهار اتم کربن دیگر متصل شده است.
- الماس به دلیل قیمت بالا و زیبایی در جواهرسازی به کار می‌رود، علاوه بر آن به دلیل سختی زیاد، در ساخت مته و ابزار برش شیشه کاربرد دارد.
- آنتالپی پیوند C-C از پیوند Si-Si بیشتر است؛ بنابراین انتظار می‌رود نقطه ذوب الماس از سیلیسیم خالص (Si(s)) بیشتر باشد.



**(۲۵)** درباره‌ی **گرافیت**، نکات زیر حائز اهمیت فراوان هستند:

- گرافیت **پایدارترین** آلوتروپ کربن است و در دما و فشار یکسان، مقدار آنتالپی واکنش سوختن آن در مقایسه با الماس کم‌تر است.
- گرافیت یک جامد کووالانسی **دوبعدی** است که از لایه‌های کربنی تشکیل شده است. میان لایه‌ها نیروهای ضعیفی وجود دارد و لایه‌ها به آسانی روی هم می‌لغزند.
- هر اتم کربن از طریق **۳ پیوند** (که دوتا از آن‌ها یگانه و یکی دوگانه است)، به سه اتم کربن متصل می‌شود. کنار هم قرار گرفتن این اتم‌ها، **صفحات شش گوشه‌ای** را مطابق شکل زیر پدید می‌آورد.



- گرافیت به دلیل این ساختار لایه‌ای و پیوندهای دوگانه‌اش، **رسانای جریان برق** است در حالی که الماس رسانای الکتریسیته نیست.
- از گرافیت به علت نرمی و رنگ سیاهش در **مغز مداد** استفاده می‌شود.

**(۲۶)** چگالی و سختی الماس از گرافیت **بیش‌تر** است.

- (۲۷)** **گرافن** تک لایه‌ای از گرافیت به ضخامت یک اتم کربن است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش گوشه تشکیل داده‌اند. چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد؛ به طوری که **مقاومت کششی گرافن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است**. گرافن یک گونه شیمیایی دوبعدی، شفاف و انعطاف‌پذیر است و رسانای الکتریسیته می‌باشد.



شکل ۳- مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.

### ۲۱) روش تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب:

در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند. سپس یکی از نوار چسب‌ها را جدا می‌کنند. به این ترتیب، لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده نوار چسب قرار می‌گیرد. در ادامه، این نوار چسب را به سطح چسبنده نوار چسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک تری از گرافیت روی نوار چسب سوم باقی بماند. با ادامه این کار، لایه‌ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

۲۲) یخ برخلاف سیلیس، یک جامد مولکولی است اما همانند آن، در حالت خالص و تراش‌خورده، شفاف، سخت و زیبا است.

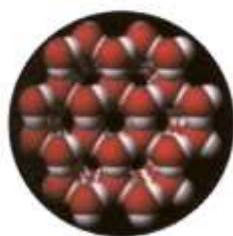
۳۰) مولکول‌های  $H_2O$  در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. دانه برف یک سازه یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن، حلقه‌های شش‌گوشه است.

۳۱) در هر واحد مولکولی یخ، هر اتم اکسیژن با دو پیوند اشتراکی یگانه، به دو اتم هیدروژن متصل شده است، دو جفت الکترون پیوندی و دو جفت الکترون ناپیوندی دارد و به دلیل جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی، ساختار فضایی خمیده دارد و قطبی است.

۳۲) میان مولکول‌های  $H_2O$ ، جاذبه‌های بین مولکولی قوی از نوع پیوند هیدروژنی وجود دارد.

۳۳) پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های فلور، اکسیژن یا نیتروژن با پیوند اشتراکی متصل است در شکل زیر، نقطه چین‌ها نشان‌دهنده پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب هستند.

۳۴) میان مولکول‌های آب در یخ، در مقایسه با بخار آب و آب مایع، تعداد پیوندهای هیدروژنی بیش‌تری وجود دارد. به طور کلی، تعداد پیوندهای هیدروژنی، با کاهش دما، افزایش می‌یابد. به این ترتیب، یخ در مقایسه با آب در حالت‌های گاز و مایع، ساختار بلوری منظم‌تری دارد.



**(۳۵)** مولکول‌ها در تعیین خواص و رفتار این دسته از

مواد نقش کلیدی دارند، به طوری که:

• رفتار فیزیکی مواد مولکولی (مثل آنتالپی تبخیر

و نقطه جوش) به نوع و قدرت نیروهای

بین مولکولی بستگی دارد.

• رفتار شیمیایی آنها به طور عمده به پیوندهای

اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت

الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول

وابسته است.

**(۳۶)** تنوع و شمار مواد مولکولی شناخته شده (نظیر آب، آمونیاک، متان، گوگرد تری‌اکسید و کربن دی‌اکسید)

بیش‌تر از مواد یونی و آن هم بیش‌تر از شمار جامدهای کووالانسی است.

**(۳۷)** اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

**(۳۸)** در مواد مولکولی فرمول شیمیایی به فرمول مولکولی و برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های آنها به

نیروهای بین مولکولی معروف است.

**(۳۹)** ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند.

**(۴۰)** در آرایش الکترون- نقطه‌ای (ساختار لوویس)، الکترون‌های ظرفیت اتم‌های سازنده یک گونه را طوری

نمایش می‌دهند که هر اتم براساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعده هشت‌تایی

پیروی کنند. البته این جمله دارای استثنائاتی نیز هست، مثل اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکترون

پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود.

### برای رسم ساختار لوویس به ترتیب مراحل زیر عمل باید کرد:

الف) شمارش کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده  
ب) شمارش تعداد الکترون‌ها در حالتی که همه اتم‌ها به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند.

پ) اختلاف موارد بالا را به دست آورده و بر ۲ تقسیم می‌کنیم. این عدد، تعداد جفت الکترون‌های پیوندی را نشان می‌دهد.

ت) اینک، جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی را طوری قرار می‌دهیم تا همه اتم‌ها (به جز هیدروژن) به آرایش هشت‌تایی برسند.



توجه:

- در رسم ساختار لوویس، نمایش پیوند دوگانه بر پیوند سه گانه مقدم است.
- معمولاً، اتم مرکزی، اتمی است که در فرمول شیمیایی تعداد کمتر و خاصیت الکترون‌گیری کمتری نسبت به بقیه اتم‌های موجود در ترکیب داشته باشد.
- در اغلب موارد، اتم هیدروژن و هالوژن‌ها جزو اتم‌های کناری هستند و تنها یک پیوند اشتراکی می‌دهند.
- در مولکول‌های ناپایداری مانند NO و NO<sub>۲</sub>، شمار الکترون‌های ظرفیت، عددی فرد می‌باشد.
- اگر ساختار لوویسی که به طور صحیح رسم شده باشد، جمع جبری عدد اکسایش اتم‌ها برابر بار گونه است.
- برای رسم ساختار لوویس یون‌های چنداتی می‌توان از یک روش سریع استفاده کرد، به این صورت که بار گونه را به اتم مرکزی می‌دهیم و معین می‌کنیم که اتم مرکزی با دریافت آن بار مثبت یا منفی، به چه عنصری تبدیل می‌شود. سپس ساختار لوویس آن مولکول را که جزو مولکول‌هایی است که حفظ هستیم، رسم می‌کنیم که مثل همان ساختار لوویس یون چنداتی است. مثلاً ساختار لوویس NO<sub>۳</sub><sup>-</sup>، دقیقاً مشابه ساختار لوویس SO<sub>۳</sub> است.



(F1) در جدول زیر ساختار لوویس گونه‌های مهم و پرتکرار آمده است.

گونه	ساختار لوویس	گونه	ساختار لوویس
H <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>	
N <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
SO <sub>2</sub>		SO <sub>3</sub>	
CO		NO <sub>2</sub>	
NO		NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>3</sub>	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		N <sub>2</sub> O	
BeCl <sub>2</sub>		SF <sub>6</sub>	
CH <sub>4</sub>		COCl <sub>2</sub>	
SOCl <sub>2</sub>		SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	

گونه	ساختار لوویس	گونه	ساختار لوویس
$\text{NO}_3^-$		$\text{CO}_3^{2-}$	
$\text{H}_2\text{O}_2$		$\text{PO}_4^{3-}$	
$\text{I}_3^-$		$\text{N}_3^-$	
$\text{NO}^+$		$\text{P}_4$	
$\text{Al}_2\text{Cl}_6$		$\text{H}_3\text{O}^+$	
$\text{N}_2\text{O}_4$		$\text{N}_2\text{O}_5$	
$\text{HCN}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$\text{XeF}_6$	

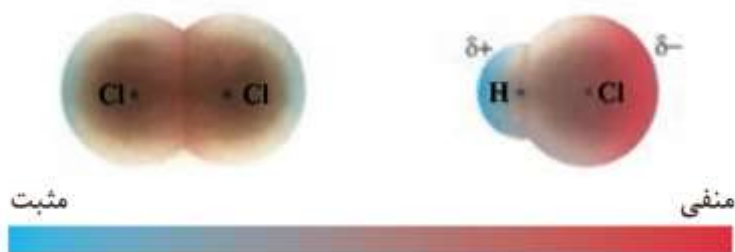
**(۴۲)** روش آسان رسم ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن دار:

ابتدا اتم مرکزی را مستقر می‌کنیم، سپس گروه‌های -OH را (تا آنجایی که یکی از عناصر O یا H تمام شود) در اطراف اتم مرکزی با پیوند یگانه به آن متصل می‌کنیم. در مرحله آخر اگر اتم O یا H باقیمانده باشد، با پیوند یگانه (یا در صورت لزوم دوگانه) به اتم مرکزی متصل کرده تا همه اتم‌ها به آرایش گاز نجیب برسند. جدول صفحه بعد، ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن‌دار را نشان می‌دهد که احتمال طرح پرسش از آنها وجود دارد.

فرمول	نام اسید	ساختار لوویس	فرمول	نام اسید	ساختار لوویس
$\text{HClO}_4$	پرکلریک اسید		$\text{HNO}_3$	نیتریک اسید	
$\text{HClO}_3$	کلریک اسید		$\text{HNO}_2$	نیترو اسید	
$\text{HClO}_2$	کلرو اسید		$\text{H}_2\text{CO}_3$	کربنیک اسید	
$\text{HClO}$	هیپوکلرو اسید		$\text{H}_3\text{PO}_4$	فسفریک اسید	
$\text{H}_2\text{SO}_4$	سولفوریک اسید		$\text{H}_3\text{PO}_3$	فسفرو اسید	
$\text{H}_2\text{SO}_3$	سولفورو اسید		$\text{H}_3\text{PO}_2$	هیپوفسفر و اسید	

۴۳) ساده‌ترین مولکول‌ها از دو اتم تشکیل شده‌اند و دو دسته‌اند:

- مولکول دو اتمی جور هسته: مولکول‌هایی مانند  $\text{H}_2$  و  $\text{Cl}_2$  که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند.
- مولکول دو اتمی ناجور هسته: مولکول‌هایی مانند  $\text{HCl}$  که از دو اتم متفاوت تشکیل شده‌اند.



شکل ۶- نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی (آ) ناجور هسته (ب) جور هسته. رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد.

**(۴۴)** در مولکول‌های **جور هسته**، احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است. در این مولکول‌ها، احتمال حضور الکترون‌ها روی هسته‌ها **یکسان و متقارن** است. چنین مولکول‌هایی همگی **ناقطبی** هستند؛ یعنی گشتاور دو قطبی **صفر** دارند و در میدان الکتریکی **جهت گیری نمی‌کنند**.

**(۴۵)** در مولکول‌های **ناجور هسته**، توزیع الکترون‌ها **یکنواخت و متقارن نمی‌باشد** و احتمال حضور جفت الکترون پیوندی (تراکم بار الکتریکی) **پیرامون هسته اتمی که خصلت نافلزی بیشتر دارد**، بالاتر است. چنین مولکول‌هایی **قطبی** هستند؛ یعنی گشتاور دو قطبی آن‌ها **بزرگتر از صفر** است و در میدان الکتریکی **جهت گیری می‌کنند**.

**(۴۶)** در مولکول‌ها، هرگاه میان دو اتم مختلف، پیوند اشتراکی وجود داشته باشد، اتم‌ها به دلیل تفاوت در قدرت الکترون‌گیری‌شان دارای بارهای جزئی مثبت و منفی می‌شوند؛ در این شرایط، اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیش‌تر، **بار جزئی منفی** ( $\delta^-$ ) و اتم دیگر، **بار جزئی مثبت** ( $\delta^+$ ) دارد.

**(۴۷)** از شیمی دهم به یاد دارید ویژگی جهت‌گیری در میدان الکتریکی بر مبنای کمیتی به نام **گشتاور دو قطبی** سنجیده می‌شود؛ کمیتی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها افزایش می‌یابد. گشتاور دو قطبی ( $\mu$ ) مولکول‌ها را با یکای **دبای (D)** گزارش می‌کنند.

**(۴۸)** یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چنداتمی به هم بزند، وجود **جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی** است.

**(۴۹)** مولکول‌های سه اتمی شکل هندسی **خطی** یا **خمیده** دارند. در:

- مولکول‌های سه اتمی که اتم مرکزی، **فاقد جفت الکترون ناپیوندی** بوده و تنها با پیوندهای اشتراکی به دو اتم کناری یکسان متصل است (مانند  $\text{CO}_2$ )، آن‌ها را با **شکل خطی** توصیف می‌کنند. در این مولکول‌ها، هسته سازنده هر سه اتم روی یک خط راست قرار می‌گیرد.

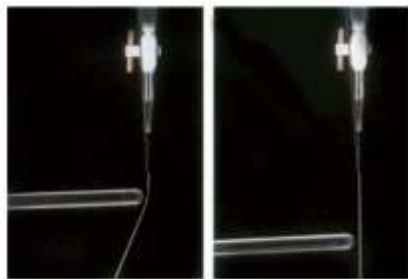


- مولکول‌های سه اتمی که اتم مرکزی دارای یک یا دو جفت الکترون ناپیوندی است (مثل  $\text{H}_2\text{O}$ )، شکل هندسی، **خمیده** است.



**(۵۰)** هر مولکول ممکن است قطبی یا ناقطبی باشند. مولکول‌های ناقطبی در میدان الکتریکی رفتار خاصی از خود نشان نمی‌دهند اما مولکول‌های قطبی در حضور میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؛ به طوری که اتم‌هایی که بار جزئی مثبت دارند، به سمت قطب منفی میدان و اتم‌هایی که بار جزئی منفی دارند، به

سمت قطب مثبت میدان جهت می‌گیرند. در شکل‌های زیر، مایع سمت راست، یک ترکیب ناقطبی و مایع سمت چپ، یک ترکیب قطبی است.



(۵۱) روش تشخیص قطبی/ناقطبی بودن مولکول‌ها به صورت زیر است:

- مولکول‌های دواتمی جور هسته، ناقطبی و مولکول‌های دواتمی ناجور هسته، قطبی هستند.
- در مولکول‌هایی که بیش‌تر از دو اتم دارند، اگر دو شرط زیر وجود داشته باشد، مولکول موردنظر ناقطبی و در غیر این صورت، مولکول قطبی است:

(۱) اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی باشد.

(۲) اتم با پیوندهای اشتراکی به اتم‌های یکسان متصل شده باشد.

مثال ۱: کلروفرم ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ): اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی است اما چون اتم‌های کناری متفاوت هستند، این ترکیب، قطبی است.

مثال ۲: کربن تتراکلرید ( $\text{CCl}_4$ ): اتم مرکزی فاقد الکترون ناپیوندی باشد و به اتم‌های یکسانی متصل شده است. بنابراین مولکول موردنظر ناقطبی است.

(۵۲) در مولکول‌های چهار اتمی مانند  $\text{SO}_3$  که اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی بوده و با پیوندهای اشتراکی به سه اتم کناری متصل شده است، اتم‌ها همگی در یک صفحه قرار می‌گیرند و ساختاری مثلثی دارند.

(۵۳) جدول زیر، شکل هندسی و قطبیت مولکول‌های سه تا پنج اتمی را نشان می‌دهد که در سوالات مطرح می‌شوند. توجه شود در این جدول، منظور از A اتم مرکزی، X اتم کناری و E جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

مولکول	ساختار لوویس	شکل هندسی	وضعیت قطبیت	مثال
$\text{AX}_2$	$\text{X}=\text{A}=\text{X}$ یا $\text{X}=\text{A}-\text{X}$	خطی	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	$\text{CO}_2$
$\text{AX}_2\text{E}$	$\text{X}=\text{A}-\text{X}$	خمیده	قطبی	$\text{SO}_2$
$\text{AX}_2\text{E}_2$	$\text{X}-\text{A}-\text{X}$	خمیده	قطبی	$\text{H}_2\text{O}$
$\text{AX}_3$	$\text{X}=\text{A}-\text{X}$	مثلث مسطح	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	$\text{SO}_3$
$\text{AX}_3\text{E}$	$\text{X}-\text{A}-\text{X}$	هرم مثلثی	قطبی	$\text{NH}_3$
$\text{AX}_4$	$\text{X}-\text{A}-\text{X}$	چهاروجهی	ناقطبی (در صورت اتم‌های کناری یکسان)	$\text{CH}_4$

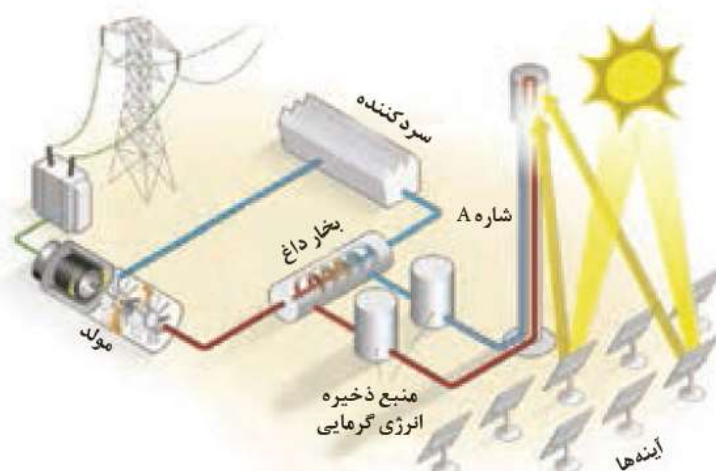
**(۹۴) خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد.**

**(۹۵) بهره‌گیری از این انرژی پاک کاهش ردپای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت.**

**(۹۶) دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند. (به‌ویژه شب‌هنگام که نیاز به آن بیشتر احساس می‌شود).**

**(۹۷) فناوری پیشرفته تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشید تنها در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.**

**(۹۸) اجزای فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی عبارت است از:**



۱) آینه‌ها: پرتوهای خورشیدی را بر روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند.

۲) شاره: شاره یا سیال، به ماده‌ای در حالت مایع یا گاز گفته می‌شود، در سیستم تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی، دو نوع شاره وجود دارد:

- شاره یونی: شاره‌ای با نقطه ذوب بالا (مانند سدیم کلرید مذاب) که باعث تولید بخار داغ می‌شود.
- شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد، مانند بخار آب

۳) منبع ذخیره انرژی گرمایی

۴) مولد: مولد انرژی پرتوهای خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

۵) سردکننده: بخار داغ پس از به چرخش درآوردن توربین، توسط سردکننده مجدداً به آب مایع تبدیل می‌شود.

**(۹۹) مکانیسم عمل فناوری خورشیدی: با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای شاره یونی افزایش می‌یابد و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سراریز می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می‌آورد.**

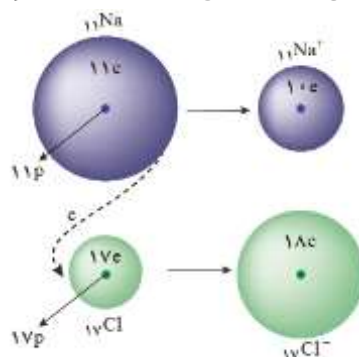
۶۰) مطابق یک قاعده‌ی کلی، هرچه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص بیشتر باشد، آن ماده در گستره دمایی بیش‌تری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع قوی‌تر است.

۶۱) شاره مناسب ماده‌ای است که در گستره دمایی بیش‌تری به حالت مایع باشد، از آن‌جایی که اختلاف نقطه ذوب و جوش در مواد یونی در مقایسه با مواد مولکولی بسیار بیش‌تر است، از شاره‌های یونی مثل سدیم کلرید مذاب در فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی استفاده می‌شود.

ماده	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)
$N_2$	-۲۱۰	-۱۹۶
HF	-۸۳	۱۹
NaCl	۸۰۱	۱۴۱۳

۶۲) هر ترکیب یونی دوتایی (شامل دو نوع عنصر) را می‌توان فرآورده واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. در واکنش‌هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می‌شوند.

۶۳) از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می‌ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.



۶۴) ترکیب یونی از اجتماع تعداد زیادی یون تشکیل شده است. میان یون‌های ناهمنام، نیروهای جاذبه و میان یون‌های همنام، نیروهای دافعه پدید می‌آید. ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، به دیگر سخن، مقدار کل بار مثبت کاتیون‌ها با مقدار کل بار منفی آنیون‌ها برابر است.

۶۵) برخی از ویژگی‌های ترکیب‌های یونی عبارت است از:

- ترکیب‌های یونی سخت و شکننده هستند و در اثر ضربه، قطعاتی با سطوح صاف ایجاد می‌کنند.
- بیش‌تر آن‌ها نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.
- در حالت جامد نارسانا هستند اما به صورت محلول و مذاب رسانای جریان برق است.
- معمولاً به خوبی در آب و سایر حلال‌های قطبی حل می‌شوند.
- تشکیل شبکه بلور آن‌ها با آزاد شدن انرژی همراه است.

**۶۶)** اگر هر یک از یون‌ها همانند **کره‌ای باردار** باشد، انتظار می‌رود نیروهای جاذبه و دافعه از همه جهت‌ها به آن وارد شود. به دیگر سخن این نیروها به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شود، بلکه میان همه یون‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. وجود جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که **نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام بر نیروهای دافعه میان یون‌های هم‌نام غالب است.**

**۶۷)** شبکه بلوری جامد یونی، آرایشی منظمی از **یون‌ها در سه بعد**، در حالت جامد است که از الگوی تکرار شونده خاصی پیروی می‌کند. **الگوی تکراری** در شبکه بلوری جامد یونی، به این معناست که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاط شده است.

**۶۸)** فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازنده آن را نشان می‌دهد.

**۶۹)** در منابع علمی معتبر، برای توصیف ترکیب‌های یونی هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود.

**۷۰)** به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام پیرامون هر یون، **عدد کوئوردیناسیون** آن یون گفته می‌شود. عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  در بلور  $NaCl$ ، با هم مساوی و برابر ۶ است.

**۷۱)** در هر ترکیب یونی، نسبت عدد کوئوردیناسیون کاتیون به آنیون برابر نسبت بار کاتیون به آنیون است.

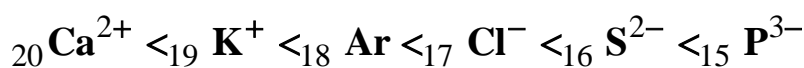
**۷۲)** یادآوری شیمی یازدهم: در جدول دوره‌ای، در هر گروه با حرکت از بالا به پایین، به تعداد لایه‌های الکترونی عنصرها افزوده می‌شود. با زیاد شدن تعداد لایه‌های الکترونی، شعاع اتمی نیز افزایش می‌یابد. پس، **شعاع اتمی در گروه‌ها با افزایش عدد اتمی افزایش می‌یابد.** از سوی دیگر، در هر دوره جدول، با پیمایش از چپ به راست، الکترون‌های لایه‌ی بیرونی تحت جاذبه بیشتری از هسته قرار می‌گیرند، در حالی که شمار لایه‌ها تغییری نمی‌کند. بنابراین در هر تناوب، با افزایش عدد اتمی، شعاع اتم‌ها کاهش می‌یابد.

**۷۳)** وقتی اتمی تبدیل به یون شود، شعاع آن تغییر می‌کند. اگر در این تبدیل، الکترون آزاد و کاتیون حاصل شود، شعاع یون حاصل از شعاع اتم کم‌تر است اما اگر در این واکنش، الکترون گرفته و آنیون حاصل شود، شعاع یون حاصل از شعاع اتم بیش‌تر است.

۱	۲	۱۶	۱۷	گروه دوره
Li ۱+		O ۲-	F ۱-	دوم
۱۵۲, ۷۶		۷۳, ۱۴۰	۷۱, ۱۳۳	
Na ۱+	Mg ۲+	S ۲-	Cl ۱-	سوم
۱۸۶, ۱۰۲	۱۶۰, ۷۲	۱۰۲, ۱۸۳	۹۹, ۱۸۱	

**۷۴)** در مقایسه شعاع گونه‌هایی که همگی تعداد الکترون برابری دارند، شعاع آنیون‌ها از اتم‌ها و شعاع اتم‌ها از کاتیون‌ها بیش‌تر است و هر چه مقدار بار منفی آنیون بیش‌تر باشد، شعاع یونی آن بیش‌تر و هر چه مقدار بار مثبت کاتیون بیش‌تر باشد، شعاع یونی آن کم‌تر است. به عنوان مثال، مقایسه شعاع گونه‌های زیر به صورت زیر است:



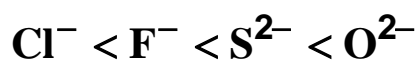


**(۷۵)** اگر هر یون را کره‌ای باردار در نظر بگیریم، چگالی بار آن هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسه میزان برهم کنش میان یون‌ها به کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کار برد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است.

**(۷۶)** هر چه مقدار بار یون بیشتر و شعاع یون کمتر باشد، نسبت بار به شعاع و چگالی بار آن بیشتر است.

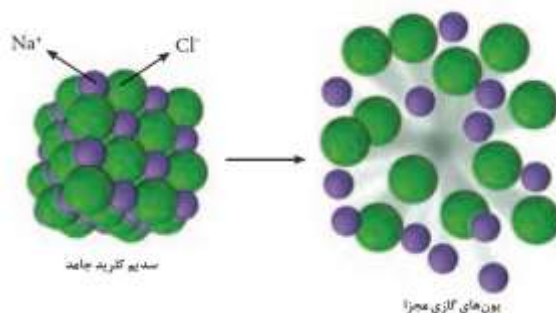
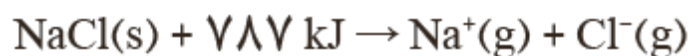
**(۷۷)** هر چه چگالی بار آنیون‌ها و کاتیون‌ها بیشتر باشد، برهم کنش‌های جاذبه‌ای میان آن‌ها شدیدتر و انرژی حاصل از تشکیل شبکه ترکیب یونی بیشتر است.

**(۷۸)** مقایسه نسبت بار به شعاع:



**(۷۹)** نوع و بار یون‌ها و قدرت نیروی جاذبه میان آن‌ها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آن‌ها است. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام و پایداری شبکه بیشتر است. به دیگر سخن، فروپاشی چنین شبکه‌ای دشوارتر بوده و فروپاشی یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به صرف انرژی بیشتر نیازمند است.

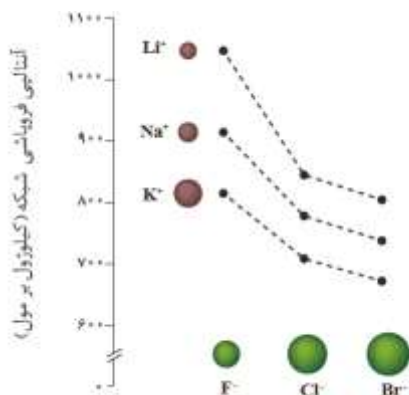
**(۸۰)** انرژی لازم در فشار ثابت برای تبدیل یک مول ماده یونی در حالت جامد به یون‌های سازنده‌اش در حالت گازی، آنتالپی فروپاشی شبکه نامیده شده و با فروپاشی  $\Delta H$  نمایش داده می‌شود.



**(۸۱)** آنتالپی فروپاشی همواره مثبت است؛ یعنی فرآیند فروپاشی شبکه بلور گرماگیر است.

**(۸۲)** هر چه چگالی بار یون‌های سازنده شبکه بلور بیشتر باشد، فروپاشی  $\Delta H$  بیشتر است و فروپاشی شبکه دشوارتر است.

**(۸۳)** در شبکه‌های یونی، مقدار آنتالپی فروپاشی شبکه با اندازه بار الکتریکی کاتیون و آنیون رابطه مستقیم دارد و از طرف دیگر، با افزایش شعاع یون‌ها، آنتالپی فروپاشی کاهش می‌یابد.



آنیون \ کاتیون	F <sup>-</sup>	O <sup>2-</sup>
Na <sup>+</sup>	۹۲۶	۲۴۸۸
Mg <sup>۲+</sup>	۲۹۶۵	۳۷۹۸

**(۱۴)** به طور معمول، ترکیب‌های یونی با فروپاشی  $\Delta H$  بیشتر، نقطه ذوب و جوش بالاتر دارند.

**(۱۵)** تمدن‌های آغازی بر اساس گستره کاربری هر فلز نام‌گذاری شده‌اند. پس از دوره سنگی، در دوره برنز و سپس دوره آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجسته فلزها در تمدن بشری دارد.

**(۱۶)** به عقیده بسیاری پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است.

**(۱۷)** بیش‌تر عنصرهای جدول دوره‌ای را فلزها تشکیل می‌دهند. این عنصرها در هر چهار دسته (s, p, d, f) جای دارند اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوع دارند.

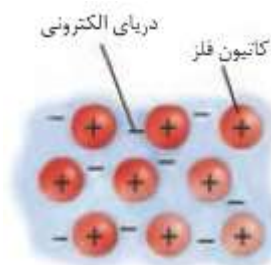
#### **(۱۸)** رفتارهای فیزیکی فلزات:

- داشتن جلا
- رسانایی الکتریکی و گرمایی
- خاصیت چکش خواری
- شکل پذیری

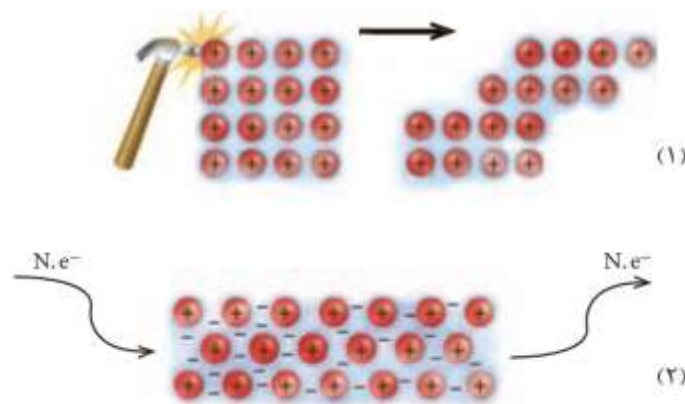
#### **(۱۹)** رفتارهای شیمیایی فلزات:

- واکنش‌پذیری
- تنوع عدد اکسایش

**(۲۰)** ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است. برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی جامدهای فلزی، از مدل دریای الکترونی استفاده می‌کنند. بر اساس این مدل، در ساختار مواد فلزی، دریایی از الکترون‌های ظرفیتی (سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم‌ها) بین این یون‌ها در حرکت و جریان است و باعث ایجاد جاذبه‌هایی قوی موسوم به پیوند فلزی می‌شوند. دریای الکترون عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند. جامدهای فلزی پایداری و نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.



**41) شکل پذیری (قابلیت ورقه ورقه شدن) و رسانایی الکتریکی از ویژگی‌های مواد فلزی است که در شکل‌های زیر مشخص شده‌اند.**



**42) احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد. این نورها در واقع همان پرتوهای الکترومغناطیس بوده که طول موج آنها در گستره ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است و چشم ما آنها را می‌بیند.**

**43) اگر یک نمونه ماده همه طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه را جذب کند به رنگ سیاه دیده می‌شود.**

**44) مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند. چشم مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند. به عبارتی دیگر، ما اشیا را به رنگ مکمل طول موج جذب شده توسط آنها می‌بینیم.**

**45) سازنده اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد رنگ دانه نام دارد. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد.**

**46) نمونه‌هایی از رنگ دانه‌های معدنی عبارت است از:**

• دوده: سیاه

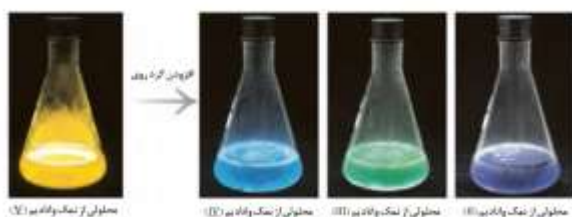
• قرمز:  $Fe_2O_3$

• سفید:  $TiO_2$

**47) از شیمی یازدهم به خاطر دارید که از آهن(III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی استفاده می‌شود.**

**48) رنگ‌هایی که برای پوشش سطوح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.**

**49) فلز روی یک فلز فعال و کاهنده قوی است. افزودن گرد روی به محلول حاوی یون‌های وانادیم(V) سبب کاهش یون‌های وانادیم(V) در محلول آن می‌شود. جدول زیر، رنگ یون‌های وانادیم را نشان می‌دهد.**



یون	آرایش الکترونی	رنگ محلول
وانادیم(V)	[Ar]	زرد
وانادیم(IV)	$[_{18}\text{Ar}]3d^1$	آبی
وانادیم(III)	$[_{18}\text{Ar}]3d^2$	سبز
وانادیم(II)	$[_{18}\text{Ar}]3d^3$	بنفش

**۱۰۰** فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند. در واقع هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک رفتارهای ویژه خود را دارد.

**۱۰۱** فلزهای دسته d جدول، از نظر جلا، رسانایی الکتریکی و گرمایی و شکل پذیری مشابه فلزات دسته های s و p هستند اما از نظر ویژگی‌هایی مثل سختی، نقطه ذوب و تنوع عدد اکسایش با فلزات اصلی تفاوت دارند. (فلزهای واسطه، عموماً سخت‌تر، چگال‌تر و دیرذوب‌تر از فلزات دسته‌های s و p هستند و واکنش پذیری یا خصلت فلزی آنها نیز به مراتب کمتر است)

**۱۰۲** **تیتانیوم (۲۲Ti)**، دومین عنصر واسطه جدول تناوبی است که در دوره چهارم و گروه چهارم قرار دارد و با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌هاست.

**۱۰۳** جدول زیر برخی از ویژگی‌های تیتانیوم را در مقایسه با فولاد زنگ‌نزن نشان می‌دهد.

فولاد	تیتانیوم	ماده ویژگی
۱۵۳۵	۱۶۶۷	نقطه ذوب (°C)
۷۹۰	۴/۵۱	چگالی (g ml <sup>-۱</sup> )
متوسط	ناچیز	واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا
ضعیف	عالی	مقاومت در برابر خوردگی
عالی	عالی	مقاومت در برابر سایش

**۱۰۴** هنگامی که موتور جت کار می‌کند، همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارد. از آنجایی که نقطه ذوب تیتانیوم بالا است، از آن در موتور جت استفاده می‌شود.

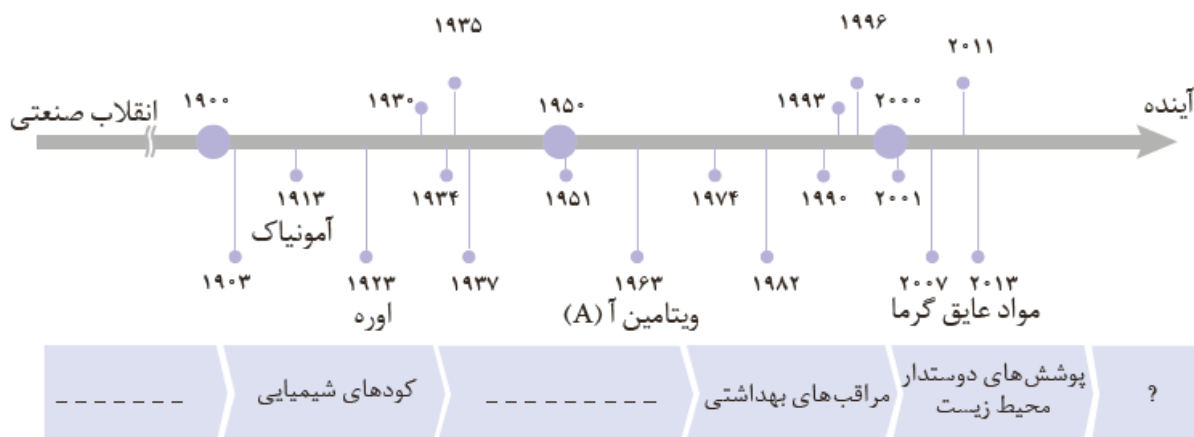
**۱۰۵** امروزه به جای فولاد، از تیتانیوم در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیماها استفاده می‌شود؛ زیرا واکنش تیتانیوم برخلاف فولاد با ذرات موجود در آب ناچیز است و بدین ترتیب با خرابی و مشکلات کمتری مواجه خواهد شد.

**۱۰۶** تیتانیوم مقاومت بالایی در برابر سایش و خوردگی دارد. از این جهت، در ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار (همچون موزه گوگنهایم در اسپانیا) از تیتانیوم به عنوان پوشش بیرونی استفاده می‌گردد.

**۱۰۷** تیتانیوم به شکل آلیاژهای گوناگون کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارد. برای نمونه نیتینول آلیاژی از تیتانیوم (۲۲Ti) و نیکل (۲۸Ni) می‌باشد که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به کار می‌رود؛ مثل سازه فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک

## فصل ۴: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

- (۱) رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره، کاردان و ورزیده دست‌یافتنی است.
- (۲) برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیر ساخت‌های لازم است.
- (۳) از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نو می‌باشد.
- (۴) نمونه‌هایی از فناوری‌های نو:
- بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودروها
  - کود شیمیایی سبز
  - تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند
- (۵) برخی از دستاوردهای شیمی در جهان:
- فناوری تصفیه آب مانع گسترش بیماری‌هایی مثل وبا در جهان شده است.
  - فناوری تولید پلاستیک صنعت پوشاک و بسته بندی (غذا، دارو و...) را دگرگون ساخت.
  - فناوری شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی بیوتیک راه را برای جراحی‌های گوناگون هموار کرد.
  - فناوری شناسایی و تولید کودهای مناسب نقش چشمگیری در تامین غذای جمعیت جهان دارد.
  - فناوری تولید بنزین به حمل و نقل سرعت بخشید و مبدل‌های کاتالیستی آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.
  - گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیک مدیون دانش شیمی است.
- (۶) شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می‌دهد که انسان به تدریج با مسایل پیچیده‌تری روبه‌رو شده است. بدیهی است بر طرف کردن و حل هر یک از آنها به دانش و فناوری‌های پیشرفته‌تری نیاز خواهد داشت.
- (۷) چند نمونه فراورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان:



**۱۱** استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند اما استفاده نادرست از آن (مثلاً در تولید سلاح‌های شیمیایی)، آثار مخرب‌تر و زیان‌بارتری به دنبال دارد.

**۱۲** با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. وجود لایه قهوه‌ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به ویژه در زمستان می‌پوشاند، نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند.

**توجه:** رنگ قهوه‌ای هوای آلوده به دلیل وجود گاز قهوه‌ای رنگ **نیترژن دی‌اکسید** ( $NO_2$ ) است.

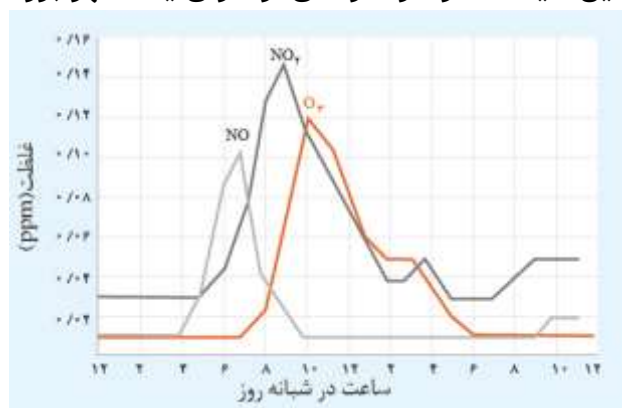
**۱۰** یکی از چالش‌های مهم در جهان امروز، داشتن هوای پاک است.

**۱۱** هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور **یکنواخت** در هواکره پراکنده شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آن‌ها حاوی گازهای گوناگونی مانند  $SO_2$ ،  $O_3$ ،  $NO_2$ ،  $CO$ ،  $NO$ ، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است.

**۱۲** اثرات ناشی از وجود آلاینده‌ها در هوای آلوده به صورت زیر است:

- هوای آلوده بوی بدی دارد.
- چهره‌ی شهر را زشت می‌کند.
- فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد.
- سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

**۱۳** نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.

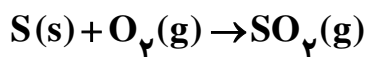


**نکته:** در طول روز، نیترژن مونوکسید ( $NO$ ) بین ۶ تا ۸، نیترژن دی‌اکسید ( $NO_2$ ) بین ۸ تا ۱۰ و اوزون ( $O_3$ ) در ساعت ۱۰ به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسند و بیش‌ترین مقدار  $NO_2$  از  $O_3$  و  $NO$  بیش‌تر است.

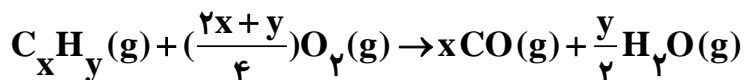
**۱۴** یکی از واکنش‌هایی که در هواکره انجام می‌پذیرد، واکنش  $NO_2(g) + O_3(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$  است. بدین ترتیب با مصرف  $NO_2$  مقدار  $O_3$  افزایش می‌یابد.

**۱۵** آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها شامل  $C_xH_y$  (هیدروکربن‌ها)،  $NO$ ،  $SO_2$  و  $CO$  است. این آلاینده‌ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می‌شوند. هم‌چنین دمای آن‌ها در این زمان کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد.

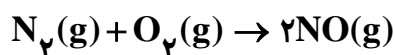
- $C_xH_y$  **سوخت مصرف نشده‌ای** است که وارد هواکره می‌شود.
- سوخت‌های با کیفیت پایین دارای مقادیری **گوگرد** هستند. این گوگرد می‌سوزد و در واکنش با گاز اکسیژن، **گوگرد دی اکسید** تولید می‌کند.



- در اثر سوختن ناقص هیدروکربن‌های موجود در سوخت، فرآورده‌هایی از قبیل **کربن مونوکسید** تولید می‌شود.



- دمای موتور خودروها **بیش‌تر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس** است و این دمای بالا، انرژی لازم برای انجام واکنش تولید **نیتروژن مونوکسید** را تأمین می‌کند.



**۱۶** مقایسه‌ی مقدار آلاینده‌ها به ازای طی هر کیلومتر (برحسب گرم):



**۱۷** هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که **اغلب بی رنگ** هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون متفاوت است.

**۱۸** با توجه به اینکه پرتوهای مرئی، **بخش کوچکی** از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را دربرمی‌گیرد، انتظار می‌رود دیگر پرتوها مانند فرسرخ، فرابنفش و... نیز با ماده برهم‌کنش داشته‌باشند. شیمییدان‌ها با استفاده از چنین برهم‌کنش‌هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند.

**۱۹** یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، **طیف‌سنجی فرسرخ** نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آنها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فرسرخ را جذب می‌کنند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

**۲۰** از طیف‌سنجی فرسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در **فضای بین‌ستاره‌ای** استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فرسرخ می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. **ام.آر.آی (MRI)** نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

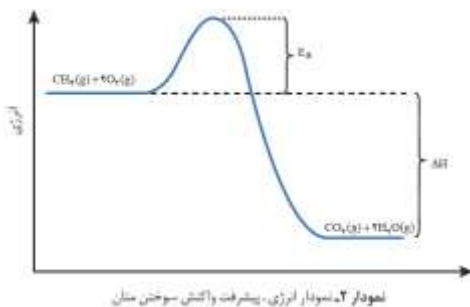
**۲۱** واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های متفاوت انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش سوختن متان سریع و زنگ زدن آهن کند است.

**۲۲** **افزایش دما** باعث **افزایش سرعت** واکنش‌های شیمیایی می‌شود. به عنوان مثال، گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد، اما درون موتور اندکی از آن‌ها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود.

**۲۳** هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند.

**۲۴** برای آغاز هر واکنش شیمیایی مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن **انرژی فعالسازی واکنش** می‌گویند و با  $E_a$  نمایش داده می‌شود و با یکای **کیلوژول** گزارش می‌شود.

**توجه:** واکنش‌های شیمیایی صرف نظر از این که گرماده یا گرماگیر باشند، برای شروع به انرژی نیاز دارند. برای نمونه، سوختن متان (گاز شهری) واکنشی گرماده است اما برای آغاز شدن به جرقه یا شعله نیاز دارد.



نمودار ۲. نمودار انرژی. پیشرفت واکنش سوختن متان

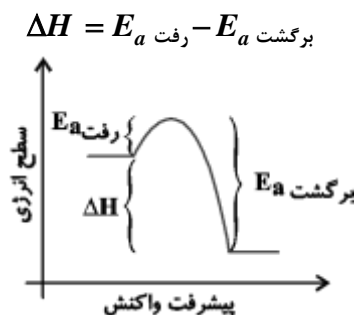
**نکته:** انرژی فعالسازی نمی‌تواند عددی منفی باشد.

**۲۵** یکی از روش‌های تامین انرژی فعالسازی، **گرما دادن** به واکنش دهنده‌ها است. به عنوان مثال، هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعالسازی واکنش شیمیایی انجام شده را تامین می‌کند.

**۲۶** هر چه انرژی فعالسازی واکنش‌های شیمیایی بیشتر باشد، سرعت واکنش‌های شیمیایی **کم‌تر** است و واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود. زیرا بزرگ بودن  $E_a$  نشان می‌دهد که واکنش دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند.

**توجه:** سرعت واکنش‌های شیمیایی با کاهش مقدار انرژی فعالسازی آن‌ها افزایش می‌یابد. رابطه میان سرعت واکنش و  $E_a$  **غیرخطی** است و به عنوان مثال، با نصف شدن مقدار  $E_a$ ، سرعت واکنش ۲ برابر نمی‌شود.

**۲۷** انرژی فعالسازی هر واکنش در جهت رفت، اختلاف سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و قله‌ی مسیر (ناپایدارترین حالت در طول انجام واکنش) را نشان می‌دهد. اگر در نظر بگیریم که واکنشی در جهت برگشت نیز بتواند انجام شود، انرژی فعالسازی هر واکنش در جهت برگشت، اختلاف سطح انرژی فراورده‌ها و قله‌ی مسیر (ناپایدارترین حالت در طول انجام واکنش) را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به شکل زیر نتیجه گرفت که:

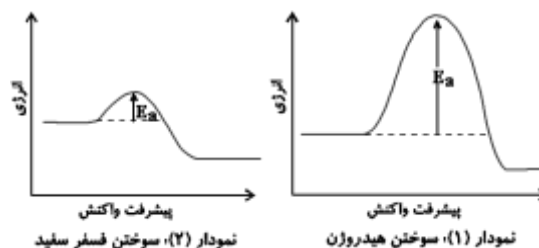
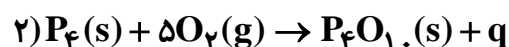
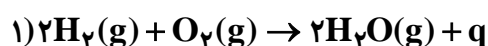




**۲۱)** در واکنش‌های گرماده با  $\Delta H < 0$ ، مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت رفت از انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت برگشت کمتر است. پس، در این واکنش‌ها، سرعت واکنش در جهت رفت بیش‌تر است.

**۲۴)** در واکنش‌های گرماگیر با  $\Delta H > 0$ ، انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت رفت، از انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت برگشت بیش‌تر است. بدین ترتیب، در این نوع واکنش‌ها، سرعت واکنش برگشت بیش‌تر است.

**۳۰)** واکنش فسفر سفید و گاز هیدروژن با اکسیژن، هر دو گرماده هستند و آنتالپی تقریباً مشابهی دارند اما فسفر سفید برخلاف هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که واکنش سوختن هیدروژن در مقایسه با فسفر سفید انرژی فعال‌سازی بیش‌تری دارد.



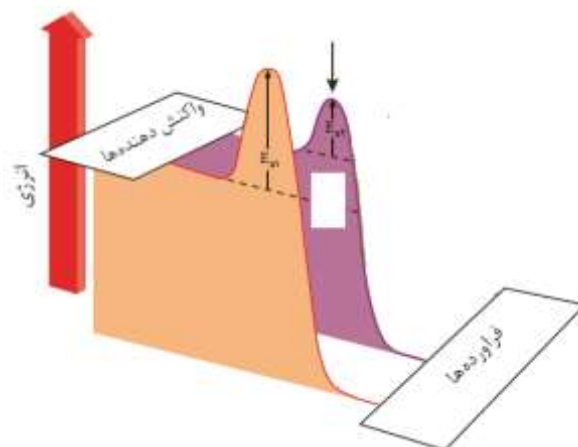
**۳۱)** برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فرآورده‌ها در آن‌ها صرفه اقتصادی ندارد. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. یکی از راه‌های انجام واکنش در فشار و دمای پایین و با سرعت مناسب، کاهش انرژی فعال‌سازی آن است که با استفاده از کاتالیزگر مناسب امکان‌پذیر است.

**۳۲)** درباره کاتالیزگرها باید بدانید که:

- کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند اما در پایان واکنش، به صورت مصرف نشده باقی می‌مانند، از این رو، می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

- کاتالیزگرها با تغییر مسیر انجام واکنش،  $E_a$  را کاهش داده و مسیر انجام واکنش را هموار می‌کنند، بنابراین، با استفاده از کاتالیزگرها، سرعت واکنش در هر دو جهت افزایش می‌یابد.

**نکته:** مقدار آنتالپی واکنش‌ها از کم کردن  $E_a$  واکنش در جهت برگشت از  $E_a$  واکنش در جهت رفت به دست می‌آید. با به کار بردن کاتالیزگر مناسب، مقدار  $E_a$  رفت و  $E_a$  برگشت به یک اندازه (نه نسبت) کاهش می‌یابد. بنابراین، کاتالیزگرها بر روی  $\Delta H$  واکنش تأثیری ندارند.



**(۳۳) ویژگی‌های کاتالیزگر مناسب:**

- کاتالیزگر اغلب **اختصاصی و انتخابی** عمل می‌کند.
- در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.
- هر کاتالیزگر، **شمار معدودی** واکنش را سرعت می‌بخشد. پس، یک کاتالیزگر نمی‌تواند همه‌ی واکنش‌ها را سرعت ببخشد.
- کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید **پایداری شیمیایی و گرمایی مناسب** داشته باشد.

**(۳۴) واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود (سرعت ناچیزی دارد).** انرژی فعال‌سازی این واکنش **بالا** است. برای تامین  $E_a$ ، می‌توان از **جرقه** کمک گرفت و یا با به کار بردن کاتالیزگرهایی مثل **پودر روی** و یا **توری پلاتینی** مقدار  $E_a$  واکنش را کاهش داد تا واکنش به طور **سریع یا انفجاری** انجام شود.

شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	انتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

**(۳۵) برای حذف آلاینده‌های موجود در آگروز خودروها (نزدیک به موتور) قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. مبدل کاتالیستی** نامی است که به آن نسبت می‌دهند.

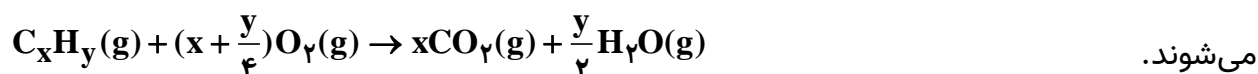
**(۳۶) مبدل‌های کاتالیستی** قطعه‌هایی از جنس **سرامیک** و به شکل توری هستند که بر روی سطح آن‌ها فلزهای **رودیم (Rh)**، **پالادیم (Pd)** و **پلاتین (Pt)** نشانده شده است که نقش کاتالیزگر را ایفا می‌کنند. در سطح سرامیک‌ها درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر **۲ تا ۱۰ نانومتر** وجود دارند.

**(۳۷) برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را شکل مش (دانه‌های ریز در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند. هدف از این کار، افزایش سطح تماس آلاینده‌ها و کاتالیزگرهاست که باعث افزایش سرعت واکنش حذف آلاینده‌ها می‌شود.**

**(۳۸) اغلب کاتالیزگرهای جامد در گذشت زمان، با برخی مواد شیمیایی (مثل سرب) مسموم می‌شوند و کارایی خود را از دست می‌دهند. به همین جهت گفته می‌شود سوخت مناسب برای خودروهای مجهز به مبدل کاتالیستی، بنزین بدون سرب است.**

**(۳۹) مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای بنزینی برای حذف آلاینده‌های موجود در آگروز خودروها، واکنش‌های زیر را کاتالیز می‌کنند:**

- **هیدروکربن‌ها:** در مبدل سوزانده می‌شوند و در نهایت تبدیل به بخار آب و گاز کربن دی‌اکسید



•  $NO$ : واکنش تولید  $NO$  از گازهای نیتروژن و اکسیژن در دماهای پایین، در هر دو جهت رفت و برگشت انجام نمی‌شود یا بسیار کند است. دمای بالای موتور، باعث تولید گاز  $NO$  می‌شود. مبدل کاتالیستی با این واکنش را در جهت برگشت یعنی مصرف  $NO$  سرعت می‌بخشد و انجام آن را در دما و فشار پایین ممکن می‌سازد.



•  $CO$ : گاز کربن مونوکسید در دمای پایین با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. مبدل کاتالیستی، با کاهش  $E_a$  زیاد این واکنش، شرایطی را مهیا می‌سازد که این واکنش در دما و فشار پایین به شکل مطلوبی انجام شود.



**نکته:** واکنش‌های مربوط به حذف تمامی آلاینده‌هایی که ذکر شد، گرماده هستند.

**نکته:** واکنش حذف گاز نیتروژن مونوکسید بر خلاف سایر آلاینده‌ها از نوع سوختن نیست.

۴۰) مبدل‌های کاتالیستی می‌توانند آلاینده‌ها را کاهش دهند یا حذف کنند. کارایی مبدل کاتالیستی به نوع کاتالیزگرهای آن بستگی دارد. همانطور که در جدول زیر می‌بینید، در حضور مبدل هم‌چنان مقدار کمی آلاینده وارد هواکره می‌شود و مقدار هیچ کدام به صفر نمی‌رسد.

			فرمول شیمیایی آلاینده	
$NO$	$C_xH_y$		در غیاب مبدل‌های کاتالیستی	مقدار آلاینده برحسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	در حضور مبدل‌های کاتالیستی	
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱		

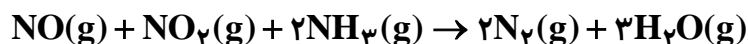
**نکته:**

$NO < C_xH_y < CO$ : مقایسه مقدار کاهش آلاینده‌ها در حضور مبدل کاتالیستی

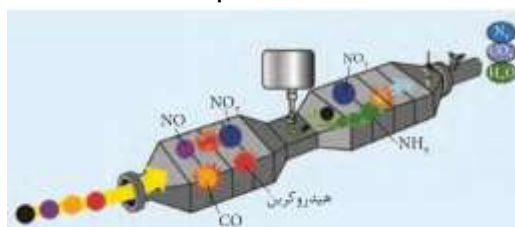
$CO < C_xH_y < NO$ : مقایسه درصد کاهش آلاینده‌ها در حضور مبدل کاتالیستی (کارایی مبدل)

۴۱) با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از آگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای  $CO$ ،  $C_xH_y$  و  $NO$  بیش‌تری مشاهده می‌شود. این امر به این دلیل است که کارایی مبدل‌های کاتالیستی در دماهای پایین کاهش می‌یابد و هر کاتالیزگر در دمای خاصی فعالیت بهینه دارد.

۴۲) با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی موجود در خودروهای بنزینی، نمی‌توان گازهای  $NO$  و  $NO_2$  خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. در مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای دیزلی، با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای  $NO$  و  $NO_2$  به گاز  $N_2$  تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود این آلاینده‌ها به هواکره جلوگیری می‌شود.



۴۳) واکنش حذف سایر آلاینده‌ها همان واکنش‌های انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی است.



**(۴۴)** غذا به عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به شمار می‌رود.

**(۴۵)** دلایل تبدیل تامین غذا به یکی از چالش‌های زندگی:

• محدودیت منابع

• روند رو به افزایش جمعیت

**(۴۶)** بهترین راه حل برای مساله تأمین غذا، **افزایش بهره‌وری** در تولید فرآورده‌های کشاورزی است. در این راستا، شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

**(۴۷)** گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این رو نیتروژن را باید به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله **آمونیاک** و **اوره** به خاک افزود. در برخی از کشورها برای افزایش بازده فرآورده‌های کشاورزی، **آمونیاک مایع** را به عنوان کود شیمیایی به **طور مستقیم** به خاک تزریق می‌کنند.

**(۴۸)** گیاهان برای رشد افزون بر دی‌اکسید کربن و آب به عناصری مانند **K,P,N,S** و ... نیاز دارند.

**(۴۹)** انرژی فعالسازی مورد نیاز در واکنش  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$  از انرژی فعالسازی واکنش  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$  بیشتر است؛ به همین دلیل، در مخلوط گازهای نیتروژن و هیدروژن برخلاف مخلوط گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق، در **حضور کاتالیزگر یا جرقه هیچ واکنشی رخ نمی‌دهد**.

**(۵۰)** نکات مهم درباره واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن (+یادآوری شیمی ۱)

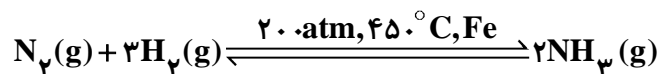
• نیتروژن با وجود واکنش‌پذیری ناچیز، در صنعت کاربردهای گسترده‌ای دارد و ترکیب‌های گوناگونی از آن ساخته می‌شود که آمونیاک یکی از مهم‌ترین آن‌ها است. فرایند **هابر**، فرآیند تولید آمونیاک از گازهای  $N_2$  و  $H_2$  در شرایط بهینه از نظر دما، فشار و کاتالیزگر است.

• در فرایند تولید آمونیاک، فریتس هابر با کمک عوامل مؤثر بر تعادل توانست **شرایط بهینه** را برای تعادل پیدا کند. او به جای افزایش بیش از حد دما از کاتالیزگر استفاده کرد و در دماهای به نسبت کمتری واکنش را با سرعت مناسب انجام داد. در ضمن وی از افزایش فشار بر سامانه نیز استفاده کرد و به این ترتیب توانست **۲۸ درصد مولی آمونیاک** را در مخلوط نهایی به دست آورد.

• شرایط بهینه در فرایند هابر:

۱) **دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس** (۲) **فشار ۲۰۰ اتمسفر** (۳) استفاده از **ورقه‌ی آهنی** به عنوان کاتالیزگر

• واکنش تولید آمونیاک **برگشت‌پذیر** است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد.

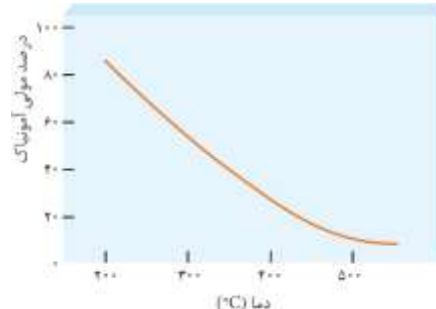
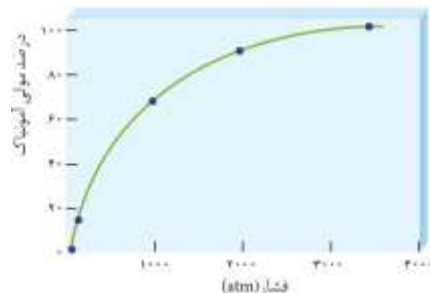


• واکنش تولید آمونیاک، گرماده بوده و شمار مول‌های گازی واکنش‌دهنده‌ها از فرآورده‌ها بیش‌تر است.

• عبارت ثابت تعادل آن به صورت  $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$  می‌باشد. (در عبارت ثابت تعادل حتما غلظت تعادلی

گونه‌ها باید جایگذاری شود)

- افزایش دما باعث کاهش مقدار عددی ثابت تعادل و پیشروی واکنش به سمت تولید واکنش‌دهنده‌ها می‌شود و درصد مولی آمونیاک را در مخلوط کاهش می‌دهد. پس، در فرایند هابر، علت بالا بودن دما، فراهم نمودن شرایط سینتیکی (سرعت واکنش) است نه افزایش ثابت تعادل!
- با افزایش فشار، واکنش را در جهت رفت، یعنی تولید آمونیاک بیش‌تر جابه‌جا می‌شود و درصد مولی آمونیاک در مخلوط گازها افزایش می‌یابد.



- فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تاثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هر چند تولید آمونیاک باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.
- آمونیاک برخلاف گازهای نیتروژن و هیدروژن، دارای مولکول‌های قطبی است و می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. از این رو جاذبه‌های بین مولکولی و در نتیجه نقطه جوش آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن بیش‌تر است (نقطه جوش  $N_2$ ،  $H_2$  و  $NH_3$ ، به ترتیب  $-33$ ،  $-196$  و  $-253$  درجه سلسیوس است). برای جداسازی محصول از واکنش‌دهنده‌ها، مخلوط گازی تا مایع شدن آمونیاک سرد می‌شود. با توجه به نقطه جوش گازهای آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن، هابر از دمایی مثل  $-40$  درجه سلسیوس برای مایع کردن آمونیاک و خارج کردن آن در دستگاه سرد کننده استفاده کرد.



- (۵۱) تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند.
- (۵۲) اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از اصل لوشاتلیه است.

**(۹۳) تأثیر تغییر غلظت مواد بر تعادل:**

- **افزایش غلظت:** وقتی غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در تعادل افزایش یابد، تعادل در جهت **مصرف** آن ماده جابه‌جا می‌شود.
- **کاهش غلظت:** وقتی غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در تعادل کاهش یابد، تعادل در جهت **تولید** آن ماده جابه‌جا می‌شود.
- **نکته:** در هریک از این تغییرات، غلظت سایر گونه‌ها بسته به جهت پیشروی تعادل و **متناسب با ضریب استوکیومتری** آن‌ها تغییر می‌شود.
- **توجه:** از لحظه اعمال تغییر تا برقراری تعادل جدید، غلظت **مواد جامد و مایع خالص** بدون تغییر باقی می‌ماند.

**(۹۴) تأثیر تغییر فشار بر تعادل:**

- **افزایش فشار:** چنانچه در یک تعادل گازی فشار سامانه افزایش یابد، تعادل در جهت پیشروی می‌کند که **مول گاز کمتر** تولید کند تا این افزایش فشار را با کم کردن شمار گازهای داخل ظرف جبران کند.
- **کاهش فشار:** چنانچه در یک تعادل گازی فشار سامانه کاهش یابد، تعادل برای جبران آن، به سمت **تولید مول گاز بیشتر** پیشرفت می‌کند.
- **نکته:** یکی از روش‌های تغییر فشار در سامانه‌های گازی، **تغییر حجم** آن‌ها است؛ به طوری که افزایش حجم باعث کاهش فشار و کاهش حجم باعث افزایش فشار سامانه‌های گازی می‌شود.
- **توجه:** به طور کلی عامل فشار ناشی از تغییر حجم زمانی بر یک سامانه‌ی تعادلی مؤثر است که حداقل یکی از مواد موجود در تعادل گازی باشد و تعداد مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش برابر نباشند. مثلاً تعادل  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  با تغییر فشار جابه‌جا نمی‌شود، زیرا تغییرات مول گازی دو طرف تعادل برابر صفر است.

**(۹۵)** در نتیجه افزایش فشار، غلظت همه گونه‌ها در تعادل جدید **بیش‌تر** از تعادل اولیه خواهد بود. زیرا حجم سامانه کاهش یافته است.

**(۹۶)** در نتیجه کاهش فشار، غلظت همه گونه‌ها در تعادل جدید **کم‌تر** از تعادل اولیه خواهد بود. زیرا حجم سامانه افزایش یافته است.

**(۹۷) تأثیر دما بر تعادل و مقدار ثابت تعادل:**

- **افزایش دما،** موجب جابه‌جایی تعادل در جهت **مصرف گرما** می‌شود.
- **کاهش دما،** موجب جابه‌جایی تعادل در جهت **تولید گرما** می‌شود.

**(۹۸)** هنگامی که دمای یک سامانه تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد، مقدار ثابت تعادل هم تغییر می‌کند و اینکه  $K$  زیاد یا کم شود به گرماگیر یا گرماده بودن واکنش بستگی دارد.

**نکته:** برای تشخیص گرماگیر یا گرماده بودن تعادل‌ها، به مجموع تعداد مول‌های گازی در هر طرف معادله واکنش توجه کنید. **علامت گرما (q) همواره در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌گیرد.**

**۶۴) در تعادل‌های گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) علامت گرما ( $q$ ) در سمت چپ قرار دارد. افزایش دما تعادل را در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌کند، بنابراین تعادل در جهت رفت پیشروی می‌کند. (مصرف واکنش‌دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها) به این ترتیب در تعادل‌های گرماگیر با افزایش دما مقدار  $K$  زیاد می‌شود.**

**۶۵) در تعادل‌های گرماده ( $\Delta H < 0$ ) علامت گرما ( $q$ ) در سمت راست قرار دارد. افزایش دما تعادل را در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌کند، بنابراین تعادل در جهت برگشت پیشروی می‌کند. به این ترتیب در تعادل‌های گرماده با افزایش دما مقدار  $K$  کم می‌شود.**

**۶۶) در تعادل‌ها، هر چه مقدار ثابت تعادل بیشتر باشد، پیشرفت واکنش و بازده درصدی بیش‌تر است.  
نکته: تنها عامل مؤثر در مقدار  $K$ ، دما است و کم و زیاد کردن غلظت و فشار، فقط جهت پیشروی تعادل را تعیین می‌کند.**

**۶۷) کاتالیزگر زمان فرا رسیدن تعادل را کوتاه می‌کند. اما غلظت تعادلی گونه‌ها در حضور و عدم حضور کاتالیزگر یکسان خواهد بود.**

**۶۸) نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و معادن مس، طلا، آهن، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل برخی کشورها صادر کننده این منابع و برخی دیگر وارد کننده آن‌ها هستند.**

**۶۹) بسیاری از کشورهای منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فرآوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند.**

**۷۰) درباره نفت خام دو رویکرد وجود دارد:**

- خام فروشی نفت خام که ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی به شمار می‌رود.
- پالایش، خالص‌سازی و تبدیل نفت خام به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ...

**۷۱) خام فروشی علاوه بر منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس و روی، در مورد منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است.**

**۷۲) درصد خلوص کمیتی است که بر روی قیمت تمام شده مواد شیمیایی نقش تعیین کننده‌ای دارد. به همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به شمار می‌رود.**

**نکته:** هر چه درصد خلوص یک ماده بیشتر باشد، قیمت بالاتری نیز دارد.

**۷۳) با توجه به شکل صفحه بعد، مقایسه‌ی قیمت تقریبی مقادیر برابر نفت خام و چند فرآورده نفتی به صورت زیر است:**

اتیلن گلیکول < اتانول < پلی اتن < نفت خام < بنزین < متانول



**۶۴) فناوری** را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مساله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. به کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فرآوری شده، سبب **رشد و بهره‌وری اقتصاد** یک کشور می‌شود.

**۷۰) مواد خام**، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فرآوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

**۷۱) روند کلی** افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی به صورت زیر است:



**۷۲) سنتز** یک فرآیند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند. در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

**۷۳) اغلب** مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. **گروه عاملی** آرایش مشخصی از اتم‌ها است که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می‌کند. تولید یک ماده آلی جدید با کاربردی معین می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

**۷۴) گاز اتن** ( $C_2H_4$ ) یکی از مهم‌ترین خوراکی‌ها در صنایع پتروشیمی است که می‌توان از آن مواد آلی گوناگون پر مصرف و ارزشمند تهیه کرد. اتن به دلیل پیوند دوگانه در مولکولش واکنش‌پذیری بالایی دارد.



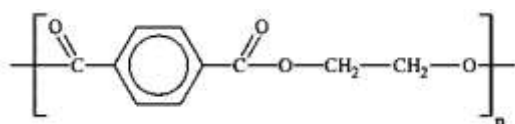


۷۷) هر چه نوع و شمار گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیش‌تر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.

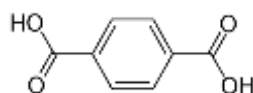
۷۸) بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.

۷۹) شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط زیست و واکنش‌های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند و در گام بعد دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده به دنبال طراحی و اجرای فناوری لازم هستند.

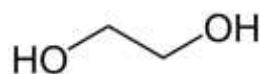
۸۰) بطری آب از پلیمری به نام **پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)** ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر در آید. پلیمر سازنده بطری آب (PET) یک **پلی‌استر** با ساختار زیر است:



۸۱) مواد سازنده پلی‌استرها، **الکل‌ها و اسیدهای دوعاملی** هستند. مونومرهای سازنده PET نیز یک الکل دوعاملی و یک اسید دوعاملی است؛ اسید سازنده، **ترفتالیک اسید** و الکل سازنده **پلی‌اتیلن ترفتالات**، **اتیلن گلیکول** نام دارد.

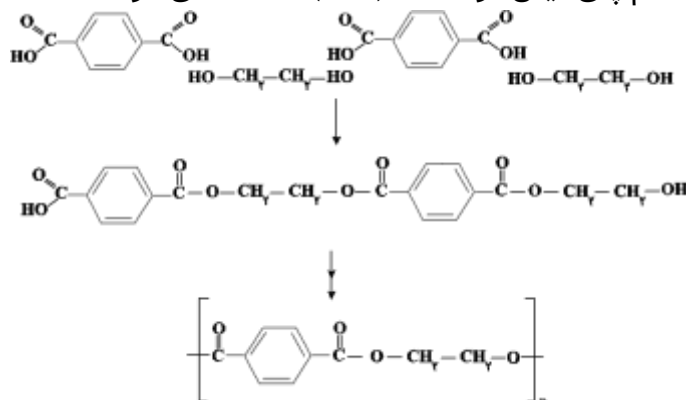


ترفتالیک اسید ( $C_8H_6O_4$ )



اتیلن گلیکول ( $C_2H_6O_2$ )

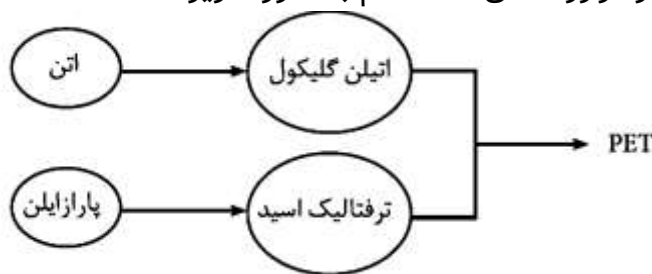
۸۲) از واکنش هر مولکول دی‌اسید با دی‌الکل بالا، یک استر با فرمول  $C_{10}H_{10}O_6$  به وجود می‌آید. این استر در یک انتهای خود، گروه کربوکسیل و در انتهای دیگر، گروه الکی دارد که به صورت آزاد هستند. از کنار هم قرار گرفتن متوالی مولکول‌های این استر کنار هم (واکنش میان گروه کربوکسیل استر با گروه الکی استر کناری) پلی‌استری به نام **پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)** ساخته می‌شود.



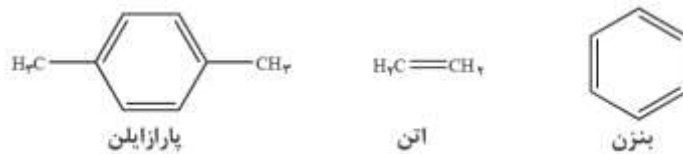
**نکته:** در اثر واکنش  $n$  مولکول دی اسید با  $n$  مولکول دی‌الکل،  $n$  مولکول استر به وجود می‌آید و ضمن تولید هر مولکول استر، یک مولکول آب نیز تولید می‌شود. برای تولید پلی استر، هر استر نیز در واکنش با استر کناری اش یک مولکول آب آزاد می‌کند. در نتیجه، برای تولید پلی استر، مجموعاً  $2n$  مولکول آب آزاد می‌شود.

**۱۳) اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند.** یعنی نمی‌توان به صورت مستقیم آن‌ها را از نفت خام به دست آورد. پس باید در ابتدا ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را با استفاده از مواد مناسب (موجود در نفت خام) سنتز کرد.

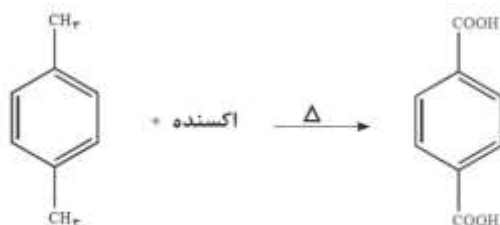
**۱۴) فرایند کلی سنتز PET از فراورده‌های نفت خام به صورت زیر است:**



**۱۵) برخی فراورده‌های حاصل از تقطیر نفت خام عبارت است از:**



**۱۶) ساختار شیمیایی پارازایلن و ترفتالیک اسید شباهت زیادی به یکدیگر دارد؛ به طوری که با جایگزینی گروه‌های متیل پارازایلن با گروه‌های کربوکسیل، ترفتالیک اسید تولید می‌شود.**



**نکته:** در این واکنش اکسایش-کاهش، عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن گروه متیل ۳- و عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن گروه کربوکسیل ۳+ است. بنابراین برای انجام این واکنش به یک اکسنده نیاز است تا بتواند کربن‌های گروه متیل در پارازایلن را اکسید کند.

**توجه:** علامت  $\Delta$  نشان می‌دهد واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن (برای تأمین انرژی فعال‌سازی) با یکدیگر واکنش می‌دهند. انرژی فعال‌سازی این واکنش بالا است.

**۱۷) پتاسیم پرمنگنات ( $\text{KMnO}_4$ ) اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب با بازدهی به نسبت خوب منجر به تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن می‌شود.**



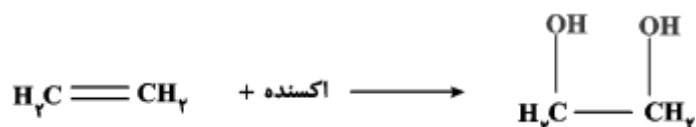
**۱۱)** در این واکنش یون پرمنگنات ( $MnO_4^-$ ) به منگنز(IV) اکسید ( $MnO_2$ ) تبدیل می‌شود. بنابراین عدد اکسایش هر اتم منگنز ۳ واحد کم می‌شود. (عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر ۷ است)

**۱۴)** یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود. با وجود غلظت بالای آن، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود، مگر با بالا بردن دمای مخلوط، البته حتی با بالا بردن دما نیز بازده واکنش مطلوب نیست. همه‌ی این‌ها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است.

**۴۰)** شرایط مورد نیاز برای اکسایش پارازایلن با بازدهی بالا و صرفه‌ی اقتصادی به صورت زیر می‌باشد:

- دمای بالا
- استفاده از اکسیژن هوا
- حضور کاتالیزگر مناسب

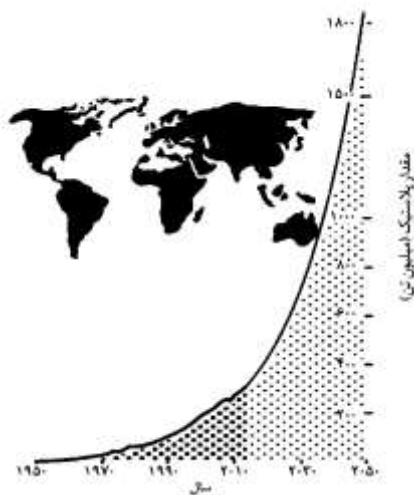
**۴۱)** برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



**۴۲)** PET همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد. و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آن‌ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به شمار می‌آید.

**۴۳)** پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند.

**۴۴)** امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود. روند تولید پلاستیک رو به افزایش است.



**۴۵)** یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است.

**۴۶)** مراحل کلی بازیافت به صورت زیر است:

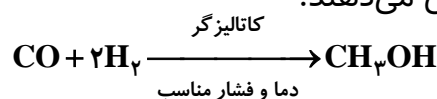
- ۱) جمع‌آوری
- ۲) انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی
- ۳) تبدیل ماده‌ی اولیه به مواد قابل استفاده

**۴۷)** یکی از راه‌های بازیافت این است که آن‌ها را پس از شستشو و

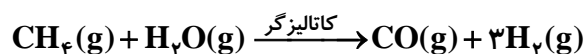
تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. البته پس از شستشوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خرد کرده به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. (روش فیزیکی) هم‌چنین می‌توان پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. (روش شیمیایی)

**۴۱)** سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد. همان طور که می‌دانید، پلی‌استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود. موادی که می‌توان آن‌ها برای تولید پلیمرها استفاده کرد.

**۴۴)** متانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. برای تولید متانول در مقیاس صنعتی، گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند.



**توجه:** مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند. از این رو، نخست باید آن‌ها را از واکنش زیر تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.

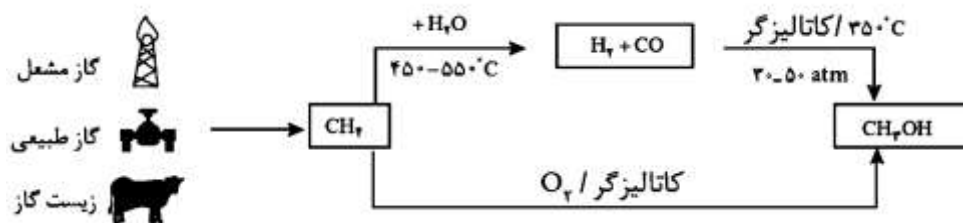


**۱۰۰)** گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به وفور یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند.

**۱۰۱)** متان سرگروه خانواده‌ی آلکان‌ها است. آلکان‌ها، هیدروکربن‌های سیر شده هستند و واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. با توجه به واکنش‌پذیری پایین متان، تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است.

**۱۰۲)** به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد.

**۱۰۳)** روش‌های تولید متانول (مستقیم و غیرمستقیم) را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



**۱۰۴)** شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط‌زیست و بیشترین بازده است. براساس شیمی سبز، فرایندهایی که محصولات آن مفیدتر و کاربردی‌تر هستند و پسماند و آلاینده‌ی کمتر دارند، مناسب‌تر و به‌صرفه‌تر هستند.

**۱۰۵)** یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود.