



## «چیزه کامل شیمی پاژدھم»

### فصل اول : قدر هدایای زمینی را بدانیم

**مباحثه عمده فصل :** نقش مواد و دانش شیمی در زندگی، جدول دوره ای و روند تغییر پرخی و یزگی ها در دوره ها و گروه های جدول، استوکیومتری و درصد خلوص و بازده درصدی، نفت و هیدروکربن ها

توانایی انسان در بیرون کشیدن موادی مانند **نفت و فلزها** به او این امکان را داده است تا **سربناهی ایمن و گرم** برای

- ۱- ساختار دقیق این هدایا (**مواد**) را شناسایی کنیم.
- ۲- به **رفتار مواد** پی ببریم.
- ۳- **بهره برداری درست** از مواد را بیاموزیم.

مواد در زندگی ما نقشی **شکر و مؤثر** دارند به طوری که صنایع گوناگون مانند غذا، پوشاس، حمل و نقل، ساختمان، ارتباطات و هر بخش از زندگی ما کم و بیش تحت تأثیر **مواد** قرار دارند.

- ۱- **کشف و شناخت مواد**
- ۲- **توانمندی افرادی هوشمند**
- ۳- گسترش دانش **تجربی**
- ۴- پی بردن به رابطه بین **خواص** مواد با **عناصر** سازنده شان
- ۵- تغییر و **بهبود** مواد در اثر **گرما** یا **افزودن** آن ها به یکدیگر

رشد و گسترش تمدن بشری در گروی

این موارد است:

گسترش فناوری به میزان دسترسی به **مواد مناسب** وابسته است، به طوری که کشف و درک خواص یک ماده جدید پرچمدار توسعه فناوری است. برای مثال گسترش صنعت **خودرو** مدیون شناخت و دسترسی به **فولاد** است. همچنین پیشرفت صنعت **الکترونیک** بر اجزایی مبتنی است که از موادی به نام **نیمه رساناهای** ساخته می شوند و نیز پیشرفت صنعت **هوایپیماسازی** ناشی از تولید آلیاژ **آلومینیم** است.

#### توضیحات بیشتر:

**نیمه رسانا**، عنصر یا ماده ای است که در حالت عادی عایق باشد، ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیت هدایت الکتریکی پیدا کند. نیمه رساناهای در لایه ظرفیت خود **چهار** الکترون دارند. میزان مقاومت الکتریکی نیمه رساناهای مایبن رساناهای و نارساناهای می باشد. از نیمه رساناهای برای ساخت قطعاتی مانند دیود، آسی و ... استفاده می شود. ظهور نیمه رساناهای در علم الکترونیک انقلاب عظیمی را در این علم ایجاد کرده که اختراع **رایانه** یکی از دستاوردهای این انقلاب است.

**مواد طبیعی**: هر ماده ای که در طبیعت به همان شکلی که یافت شود، استفاده گردد. مانند: اکسیژن، نیتروژن، نفت خام، ماسه، فلز طلا و ...

**مواد مصنوعی**: موادی هستند که انسان آن ها را از مواد موجود در طبیعت می سازند. این مواد به شکلی که وجود دارند در طبیعت یافت نمی شوند، مانند: ورقه آلمینیمی، پلاستیک، مداد، شمع، شیشه و ....

**تذکر**: ساختگی با مصنوعی کمی تفاوت دارد. ساختگی کلأ از اساس در طبیعت نیست، حالت بکر، نو و جدید دارد مثل برخی از عناصر جدول دوره ای ولی مصنوعی با کار و تغییر در مواد طبیعی به دست می آید یعنی الگوبرداری از طبیعت است. مثل الکل که هم در حالت طبیعی وجود دارد هم به صورت مصنوعی ساخته می شود. البته در کتاب هر دو واژه را یکی در نظر گرفته است.

منشأ هر دو مواد طبیعی و مصنوعی **کره زمین** است. مانند: الیاف که می تواند طبیعی (پشم و کتان) یا مصنوعی (از نفت) تهیه شود.

انسان های پیشین فقط از برخی مواد **طبیعی** مانند **چوب**، **سنگ**، **خاک**، **پشم** و **پوست** بهره می برندند، اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند

**سفال** را تولید و برخی **فلزها** را نیز استخراج کنند که خواص مناسب تری داشتند.

۱. **گرما دادن** (تهیه سفال)

روش های تغییر و بهبود خواص مواد:

۲. افزودن مواد به یکدیگر (افزودن سیمان به ماسه و تهیه بتن)

ص ۳ و ۴ کتاب

## خود را بیاز مایید

۱. شکل زیر فرایند کلی تولید دوچرخه را نشان می‌دهد.



الف) درباره این فرایند گفت و گو کنید.

۲- بخشی از آن مواد نفتی و بخشی مواد معدنی است.

ب) آیا در فرایند تولید ورقه های فولادی و تایر دوچرخه، موادی دور ریخته می‌شوند؟

بله در هنگام تولید ورقه های فولادی مواد ناخالص موجود در سنگ معدن و مقداری فلز هنگام برش کاری به پسماند تبدیل می‌شود و هنگام تولید تایر، مواد

اضافی جهت تمیز کاری و خوش ساخت شدن برش زده می‌شود که آن ها هم بعنوان پسماند در می‌آیند.

پ) با گذشت زمان چه اتفاقی برای قطعه های دوچرخه می‌افتد؟

قسمت های فلزی در تماس با هوا و رطوبت زنگ می‌زنند و قسمت های لاستیکی و پلاستیکی فرسوده و کهنه می‌شوند و ممکن است در محیط رها و بازیافت شوند.

### چرخه مواد در طبیعت:

هر وسیله مورد استفاده انسان از مواد مختلفی ساخته شده که هر کدام **منبعی** دارد و این منابع با استخراج و فرآوری به موادی تبدیل می‌شوند که می‌توان از آن ها ابزار ساخت.

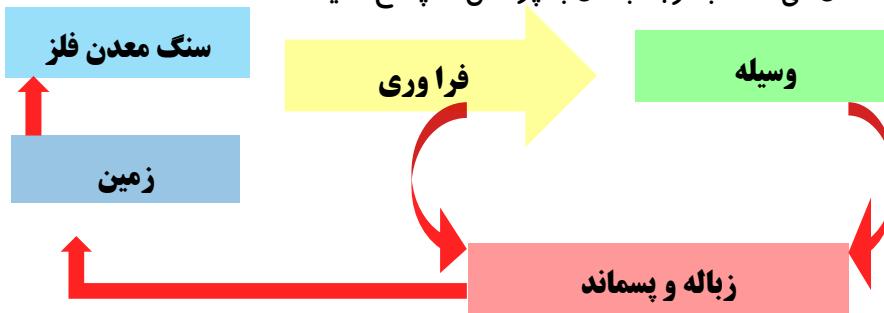
**اگل** مواد مورد نیاز انسان در طبیعت به صورت **ناخالص** وجود دارند که هنگام تهیه آن ها این مواد از ناخالصی ها جدا می‌شوند.

**نکته:** چگونگی اکتشاف و استخراج برای فلزها و مواد مختلف **متفاوت** است.

در هر مرحله از تولید مواد (از استخراج تا ساخت وسایل) بخشی از مواد به صورت **زباله** درمی‌آید.

تمام مواد و وسایل مورد استفاده انسان بعد از مدتی به زباله تبدیل شده و به **طبیعت** باز می‌گردند.

۲- شکل زیر نمایی از چرخه مواد را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید:



الف) آیا جمله «همه مواد طبیعی و ساختگی از کره زمین به دست می‌آیند» درست است؟ توضیح دهید.

بله، چون مواد طبیعی مانند برخی فلزات که مستقیماً از کره زمین بدست می‌آیند و موادی مانند الماس... و برخی نیز بطور غیر مستقیم از مواد

طبیعی ساخته می‌شوند که منشا آن ها هم زمین است مانند پلاستیک و ... همگی موادی هستند که از کره زمین بدست می‌آیند.

ب) موادی که از طبیعت به دست می‌آوریم، به چه شکلی به طبیعت بازمی‌گردند؟

**پسماند و زباله و برخی به شکل ترکیب شده با اجزای هوای کره**

پ) آیا به تقریب جرم کل مواد در کره زمین ثابت می‌ماند؟ چرا؟

بله، زیرا هر چه که از آن استخراج می‌شود و بطور مستقیم و غیر مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد در آخر بصورت پسماند به خاک

و کره زمین بر می‌گردد و طبق قانون پایستگی جرم مقدار آن ثابت خواهد ماند.

**نکته:** با وجود قانون پایستگی، منابع معدنی تجدیدناپذیر هستند زیرا از شکل مواد در دسترس به حالت غیرقابل دسترسی با خواص جدید تبدیل شوند. مثال: آهن به صورت اکسید آهن (زنگ آهن) در می‌آید که خواص اولیه را ندارد.

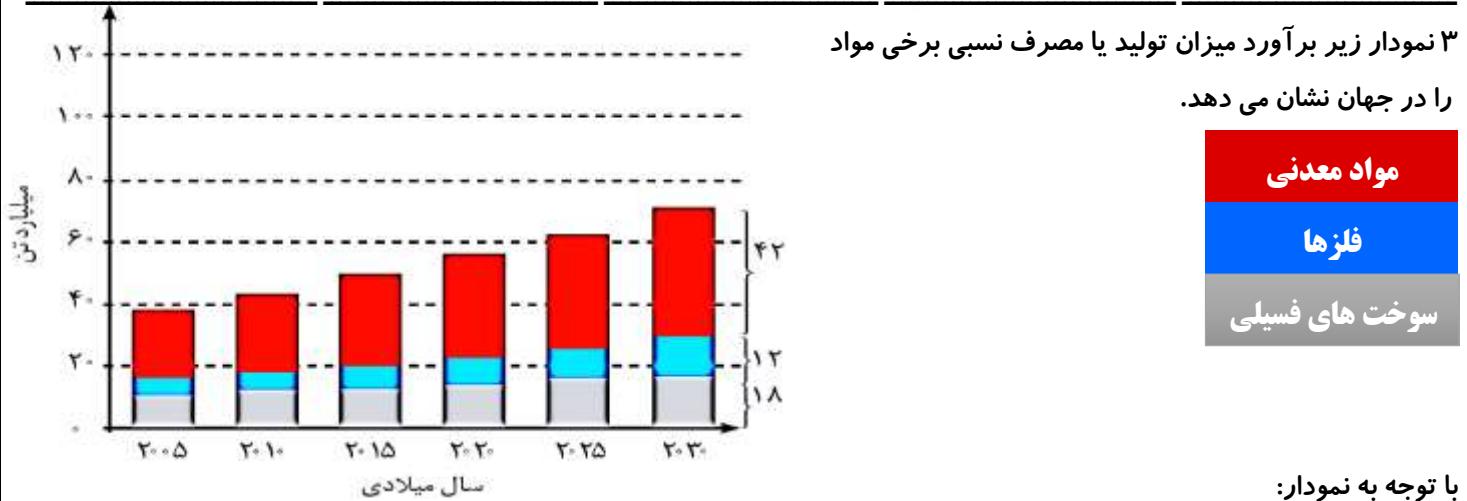
ت) برخی بر این باورند: «که هر چه میزان بهره برداری از منابع یک کشور بیشتر باشد، آن کشور توسعه یافته تر است». این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

۱- وجود منابع نشانه ثروت ملی است.

۲- میزان بهره برداری به پیشرفت تکنولوژی و مدیریت منابع انسانی ارتباط دارد.

۳- امکان اقتصادی برای برداشت و بهره برداری این منابع وجود دارد.

۴- سه مورد فوق در کنار برداشت اصولی و مناسب در راستای پیشرفت پایدار معنادار است.



با توجه به نمودار:

الف) در سال ۲۰۱۵ به تقریب چند میلیارد تن فلز در جهان استخراج و مصرف شده است؟ **حدود ۷ میلیارد تن**

ب) پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۳۰ به تقریب در مجموع چند میلیارد تن از این مواد استخراج و مصرف شوند؟

در سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌شود **۴۲ میلیارد تن مواد معدنی**، **۱۸ میلیارد تن سوخت های فسیلی** و **۱۲ میلیارد تن فلزات بهره برداری** شود.

**نکته:** با توجه به نمودار استخراج، تولید و مصرف انواع مواد در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است.

**نکته:** سرعت رشد استخراج مواد مختلف با هم **متفاوت** است.

### مواد معدنی < فلزها > سوخت های فسیلی : مقایسه سرعت رشد تولید یا مصرف نسبی مواد

پ) درباره این جمله که: «زمین منبع عظیمی از هدایای ارزشمند و ضروری برای زندگی است» گفت و گو کنید.

چون سال به سال مقدار بسیار زیادی از منابع معدنی، فلزی و فسیلی از زمین برای ساختمان سازی، حمل و نقل و رفاه و ... استخراج و مورد

استفاده قرار می‌گیرند. همچنین با پیشرفت فن آوری و ساخت دستگاه و ابزارهای مدرن، وابستگی به منابع بیشتر می‌شود.

برخی از محصولات و توضیحاتی پیرامون موادی که به تولید آن‌ها کمک نموده اند در جدول زیر فهرست شده اند:

محصول	توضیحات
شیشه	از شن و ماسه ساخته شده است.
ظرف چینی	در تولید آن از خاک مخصوص چینی استفاده شده است.
قاشق	ساخته شده از <b>فولاد زنگ نزن</b> که طی مراحل گوناگون از سنگ معدن تهیه شده است
نمک خوراکی	نمک به دست آمده از خشکی یا دریا
سبزیجات و میوه ها	در تولید آن‌ها از کودهای پتاسیم، نیتروژن و فسفردار استفاده شده است
سوخت خودرو	تبديل نفت خام استخراج شده از دل زمین به سوخت خودروها

**نکته:** برآوردها نشان می‌دهد که هر ساله مصرف مواد افزایش می‌یابد که علت آن، پیشرفت صنعت، گسترش شهرها و روستاهای افزایش سطح رفاه در جامعه و میزان جمعیت جامعه می‌باشد.

**نکته:** زمین انباری از ذخایر ارزشمند است که بی‌هیچ منطقی به ما هدیه شده است هرچند که این منابع به طور یکسان توزیع نشده اند.

تأمین نیازهای روزمره زندگی به همراه تولید انواع دستگاهها و ابزارآلات صنعتی ، نظامی ، کشاورزی و دارویی ، سبب شده است تا تقاضای جهانی برای استفاده از هدایای زمینی افزایش یابد ، به گونه‌ای که سالانه حجم انبوهی از منابع **شیمیایی** بهره برداری می‌شود.

**نکته :** پراکندگی منابع و میزان مصرف منابع شیمیایی گوناگون می‌تواند دلیل پیدایش **تجارت جهانی** باشد .

**نکته :** مقایسه پراکندگی منابع در سیاره زمین : در **خاورمیانه و جنوب آمریکای شمالی** ، **شمال آمریکای جنوبی و قاره استرالیا و آفریقای جنوبی** بیش ترین و در **شرق آسیا و آفریقا** به جز قسمت جنوب آن کم ترین است.

دانشمندان **برجسته و بزرگ** ، دانشمندانی هستند که می‌توانند با **بررسی دقیق اطلاعات و یافته‌های موجود در باره مواد و پدیده‌های گوناگون** ، **الگوها، روندها و روابط** بین آن هارا درک کنند و توضیح دهند. **مندلیف** یکی از آنها است که **جدول دوره ای** را طراحی کرده است.

### الگوها و روندها در رفتار مواد و عنصرها :

**کار و هدف شیمی دانها :** شیمی دانها با **۱ مشاهده مواد و انجام ۲ آزمایش‌های گوناگون** ، آنها را **دقیق** بررسی می‌کنند. هدف همه این بررسی‌ها ، **یافتن اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر** درباره **ویژگی‌ها و خواص مواد** است.

**برقراری ارتباط** میان این داده‌ها و اطلاعات ، همچنین **یافتن الگوها و روندها** گامی مهم‌تر و مؤثرتر در **پیشرفت علم** به شمار می‌آید زیرا بر اساس این **روندها، الگوها و روابط** می‌توان به رمز و راز هستی پی‌برد.

**نکته :** علم شیمی را می‌توان مطالعه **۱ هدف دار** ، **۲ منظم** و **۳ هوشمندانه** رفتار عنصرها و مواد برای **یافتن روندها و الگوهای رفتار فیزیکی و شیمیایی** آنها دانست.

### نکاتی در مورد جدول دوره ای عنصرها :

**نکته :** اولین بار توسط **مندلیف** به جامعه علمی ارائه شد.

**نکته :** در جدول دوره ای **۱۱۸** عنصر وجود دارد که **۹۲** عنصر آن (حدود **۷۸** درصد) **طبیعی** هستند.

**نکته :** **جدول دوره ای عنصرها** ، نمایشی بی‌نظیر از **چیدمان** عنصرها بوده و همانند یک **نقشه‌ی راه** برای شیمی دان هاست که به آنها کمک می‌کند حجم انبوهی از **مشاهدات را سازماندهی و تجزیه و تحلیل** کنند تا الگوهای **بنهان** در رفتار عنصرها را آشکار نمایند.

**نکته :** عناصر بر اساس دو اصل در جدول چیده شده‌اند : **۱** بر اساس بنیادی ترین ویژگی آنها یعنی **عدد اتمی** ، ( $Z$ ) چیده شده‌اند. **۲** در این جدول ، عناصرهایی که **آرایش الکترونی** لایه ظرفیت اتم آنها **مشابه** است ، در یک **گروه** جای گرفته‌اند.

**نکته :** این جدول شامل **۷** دوره و **۱۸** گروه است.

**سؤال :** آیا همه عناصری که در یک گروه قرار دارند آرایش الکترونی مشابه دارند؟

**خیر ، هلیم در گروه ۱۸ قرار دارد ولی آرایش الکترونی آن شبیه گازهای نجیب نیست.**

**سؤال :** آیا همه عناصری که شمار الکترون ظرفیتی برابر دارند در یک گروه قرار دارند؟

**خیر ، مثلاً کربن و سیلیسیم چهار الکترون ظرفیتی دارند و تیتانیم هم چهار الکترون ظرفیتی دارد اما در یک گروه قرار ندارند.**

**نکته :** تعیین **موقعیت** (دوره و گروه) یک عنصر در جدول دوره ای ، کمک شایانی به پیش‌بینی **خواص و رفتار** آن خواهد کرد.

**نکته :** **هلیم** با اینکه در گروه **۱۸** جدول دوره ای عناصرها جای دارد ، است اما عنصری از دسته **S** و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب **متفاوت** است.

**نکته :** با بررسی **۱ رفتارهای شیمیایی** و **۲ خواص فیزیکی** عناصر می‌توان ضمن **۱ دسته‌بندی عنصرها** ، به **روندها** و **۲ الگوهای موجود در خواص آنها** پی‌برد.

**تذکر مهم :** ویژگی‌هایی که برای **فلزات و نافلزات** ذکر می‌شود ممکن است در برخی عناصر دیده **نشود** ، مثلاً **بریلیم** تمایل چندانی به از دست دادن الکترون **ندارد** و یا **کروم** **Zr** است و یا **الماس** (نافلز) رسانای بسیار خوبی برای گرمایش.

**نکته :** عناصرهای جدول دوره ای را بر اساس رفتار آنها می‌توان در سه دسته شامل **فلز ، نافلز و شبه فلز** جای داد.

## با هم بیندیشیم

..... ص ۷ و ۸ و ۹ کتاب

در شکل های زیر، عنصرهای گروه چهاردهم و عنصرهای دوره سوم جدول دوره ای همراه با برخی ویژگی های آن ها نشان داده شده است. با بررسی آن ها به پرسش ها پاسخ دهید.

سطح آن تیره است.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد.  
شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.

سطح آن تیره است.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد.  
در اثر ضربه خرد می شود.



رسانایی الکتریکی کمی دارد.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد.  
شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.

رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارد.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون ازدست می دهد.  
در اثر ضربه شکل آن تغییر می کند اما خرد نمی شود.

جامدی شکل پذیر است.

رسانای خوب گرما و الکتریسیته است.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون از دست می دهد.

### الف) عنصرهای گروه ۱۴

رسانایی گرمایی و الکتریکی بالایی دارند.  
دروakanش با دیگر اتم ها، الکترون از دست می دهند.  
در اثر ضربه تغییر شکل می دهند و خرد نمی شوند.  
سطح درخشانی دارند.

جريان برق و گرما را عبور نمی دهند.

در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک  
می گذارند یا می گیرند.

در اثر ضربه خرد می شوند.

سطح آن ها درخشان نبوده بلکه کدر است.



### ب) عنصرهای دوره سوم

۱) در شکل «الف» سطح کدام عنصرها براق و صیقلی است؟ **سیلیسیم، ژرمانیم، قلع و سرب**

۲) در شکل «الف» کدام عنصرها ویژگی های مشترک بیشتری با یکدیگر دارند (رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آن ها شبیه هم هستند)؟ **قلع و سرب باهم و سیلیسیم و ژرمانیم باهم**

۳) شکل های «الف» و «ب» را با هم مقایسه و مشخص کنید رفتار کدام عنصرها به یکدیگر شباهت بیشتری دارند. نتیجه مقایسه خود را یادداشت کنید.

با توجه به رسانایی الکتریکی و گرمایی و رفتار شیمیایی :

**عناصر فلزی : سدیم، منیزیم، آلومینیم، قلع و سرب با هم شباهت دارند.**

**عناصر نافلزی : کربن، فسفر، گوگرد و کلر با هم شباهت دارند.**

**عناصر شبه فلزی : سیلیسیم و ژرمانیم با هم شباهت دارند.**

۴) با کامل کردن جدول صفحه بعد به یک جمع بندی از یافته های خود برسید و عنصرهای مشخص شده در بالا را در سه دسته فلز، نافلز و شبه فلز قرار دهید.

نماد شیمیایی											خواص فیزیکی یا شیمیایی
Ge	Pb	P	Mg	Cl	Sn	Al	Na	S	Si	C	
دارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	دارد*	رسانایی الکتریکی
دارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	دارد*	رسانایی گرمایی
دارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	سطح صیقلی
ندارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	چکش خواری
اشتراک	e <sup>-</sup>	گرفتن و اشتراک	e <sup>-</sup>	گرفتن و اشتراک	e <sup>-</sup>	دادن e <sup>-</sup>	دادن e <sup>-</sup>	دادن e <sup>-</sup>	اشتراک	اشتراک	تمایل به دادن ، گرفتن یا اشتراک الکترون

۵) در گروه ۱۴ از بالا به پایین، خصلت فلزی چه تغییری کرده است؟ بیشتر می شود.

۶) روند تغییر خصلت فلزی و نافلزی در دوره سوم جدول را بررسی کنید.

**از چپ به راست خاصیت فلزی کم و خاصیت نافلزی بیشتر می شود.**

۷) پیش بینی کنید کدام عنصر در گروه اول دوره ای خصلت فلزی بیشتری دارد. **سزیم**

۸) عبارت زیر را با خط زدن واژه نادرست در هر مورد ، کامل کنید.

در هر دوره از جدول دوره‌ای ، از چپ به راست از خاصیت **فلزی** افزوده می شود. در گروه های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ **نافلزی** کاسته و به خاصیت **فلزی** افزوده می شود. در گروه های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ **نافلزی**

عنصرهای **بالاتر**، خاصیت نافلزی بیشتری دارند زیرا از بالا به پایین خصلت **فلزی** زیاد می شود. **پایین‌تر**

### خاصیت فلزی :

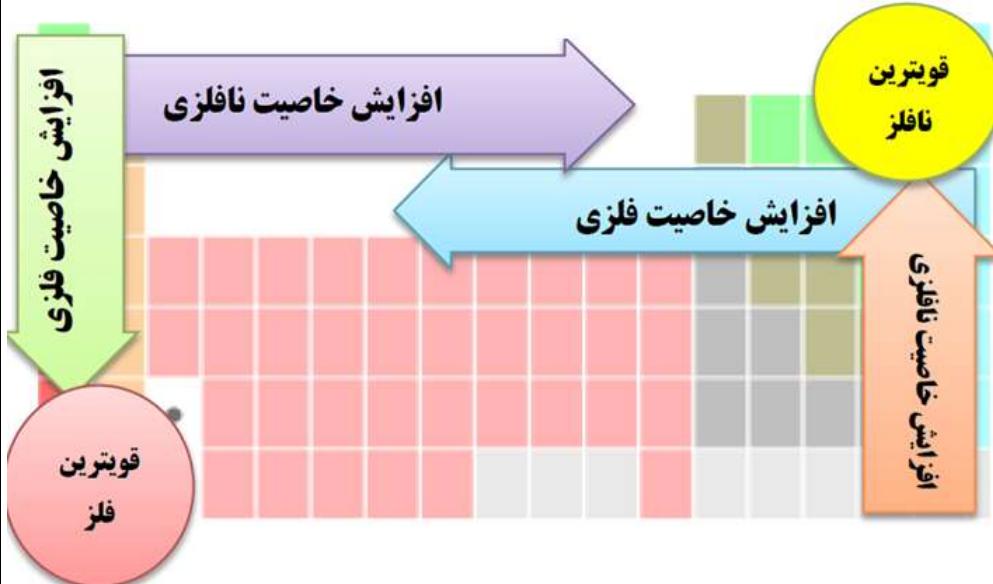
فلزات خواص فیزیکی مانند **رسانایی الکتریکی** و **گرمایی بالا**، **چگالی زیاد**، **درخشش فلزی**، **جلای پذیری**، **خاصیت مفتول و ورقه شدن**، **شكل پذیری** و **چکش خواری** (پهن شدن در اثر ضربه) را دارند در واکنش های **شیمیایی** با دیگر اتم ها **الکترون از دست می دهند**.

نکته : همگی فلزات به جز **جیوه** در شرایط محیط **جامدند**.

نکته : **بیشتر** عناصر جدول را **فلزات** تشکیل می دهند، که به طور عمده در سمت **چپ و مرکز** جدول قرار دارند.

نکته : خصلت **فلزی** در یک دوره از چپ به راست **کاهش** می یابد و در یک گروه از بالا به پایین **افزایش** می یابد.

**قانون دوره ای عنصرها** : در جدول دوره‌ای با افزایش عدد اتمی از چپ به راست خواص **فیزیکی** و **شیمیایی** عنصرها به صورت دوره ای **تکرار می شود** که به قانون دوره‌ای عنصرها معروف است. مثال : در یک دوره خواص **فلزی** کاهش و نافلزی **افزایش** می یابد و این روند در همه دوره‌های جدول دوره‌ای **تکرار** می شود.



همانطور که در جدول مشاهده می شود :

نکته : قویترین **نافلز** جدول : **فلوئور**

نکته : قویترین **فلز** جدول : **سزیم**

**تذکر** : فلز **فرانسیم** به دلیل **برق‌توza** بودن پایدار نیست و مورد بررسی قرار نمی گیرد.

خاصیت نافلزی:

**نکته** : به جز **گرافیت** ( مغز مداد ) بقیه **نافلزها** رسانای جریان **برق** و **گرمای** نیستند. **براق نبوده** و به حالت جامد **شکننده اند** هم چنین خاصیت **متفوق** شدن، **تورق** را ندارند، در واکنش با دیگر اتم ها **الکترون می گیرند** یا به اشتراک می گذارند.

**نکته:** نافلزات بطور عمده در سمت راست و بالای جدول هستند. (هیدروژن در سمت چپ و بالای جدول قرار دارد.)

**نکته:** نافلزها در دمای اتاق و فشار ۱ اتمسفر جامد و یا گازی شکل هستند (به جز برم که مایع است).

نکته : واکنش پذیرترین **فلزات** جدول ، فلزات **قليایي** و واکنش پذیرترین **نافلزات** جدول ، **هالوژن ها** و **واکنش ناپذيرترین عناصر** جدول ، **گازهای نجیب** هستند.

**نکته:** هر دوره جدول با یک **فلز فعال** شروع و با عبور از شبه فلزها به **نافلز فعال** رسیده و به یک **گاز نجیب** ختم می‌شود.

نمايش کلي جدول تناوبی:

خاصیت شبه فلزی:

شبه فلزها همانند **مرزی** بین **فلزها** و **نافلزها** قرار دارند. عناصری که خواص **فیزیکی** آن‌ها بیشتر به **فلزها** شبیه بوده در حالی که رفتار **شمیابی** آن‌ها همانند **نافلزها** است و در واکنش‌های شمیابی، تمایل دارند الکترون به **اشتراک** نگذارند.

ششه فلزات عبارتند از: At ، Po ، Te ، Sb ، As ، Ge ، Si ، B

## At Po Te Sb As Ge Si B

**نکته:** البته برخی منابع، استاتین (At) را به دلیل پرتوza بودن شبه فلز نمی دانند.

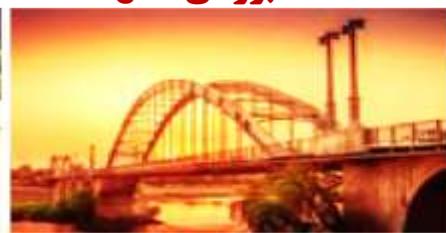
**تذکر :** در کتاب های دییرستان فقط به Si و Ge اشاره شده است.

## مقایسه کلی ویژگی های فلزات ، نافلزات و شبه فلزات

شیوه فلز	نافلزات اغلب ...	فلزات
خواصی بین فلز و نافلز دارند ، به عنوان مثال : <b>سیلیسیم (Si)</b> : سطح براق دارد - رسانایی الکتریکی کمی دارد - در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد - شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.	جريان برق و گرما را عبور نمی دهدن.	رسانایی <b>گرمایی و الکتریکی</b> بالایی دارند
<b>ژرمانیم (Ge)</b> : سطح درخشان دارد- رسانایی الکتریکی کمی دارد - در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد - شکننده است	در اثر ضربه خرد می شوند.	در واکنش با دیگر اتم ها الکترون <b>از دست می دهد</b>
در اثر ضربه تغییر شکل می دهد ولی خرد نمی شوند (چکش خوار بودن یا شکل پذیری)	در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارند یا می گیرند.	در اثر ضربه <b>تغییر شکل</b> می دهد ولی <b>خرد</b>
سطح درخشانی دارند.	سطح آن ها <b>کدر</b> است.	سطح <b>درخشانی</b> دارند.
	<b>مثال ها : C ، Cl ، S ، P و ...</b>	<b>مثال ها : Na ، Mg ، Al ، Sn و ...</b>



رسانایی الکتریکی و گرمایی



استحکام و مقاومت و شکل پذیری

جلو و درخشندگی و چکش  
خواری و شکل پذیری**تفکر نقادانه : جدول شارل ژانت**

دسته g	دسته f	دسته d	دسته P	دسته S

**چند نکته در مورد جدول ژانت :**

۱. در هر ردیف این جدول عناصری قرار دارند که زیرلایه هایی با اعداد کوانتموی  $n + 1$  برابر دارند.
  ۲. در این جدول عناصری با اعداد اتمی بزرگتر از ۱۱۸ نیز می توان قرار داد.
  ۳. ساخت عناصرشماره ۱۲۰ یا ۱۲۱ سبب خواهد شد که جدول جدیدی برای عناصر در نظر گرفته شود. زیرا جدول دوره عناصر دارای ۱۱۸ عنصر است که همه آنها شناسایی و توسط آیوپاک تایید شده اند.
  ۴. تعداد عناصری که در دسته g در صورت ساخته و کشف شدن قرار می گیرند ۱۸ عنصر خواهد بود. طبق رابطه  $(4l+2)$
  ۵. در این جدول گرچه عناصر به ترتیب افزایش عدد اتمی قرار دارند اما دسته بندی بر اساس زیر لایه ها می باشد.
  ۶. جدول ژانت با مدل کوانتموی اتم همخوانی دارد.
  ۷. برای عناصر تا عدد اتمی ۱۲۰ شامل ۳۲ گروه و ۸ دوره است.
  ۸. ژانت جدول تناوبی خود را از بالا و از سمت چپ به راست بر اساس عدد اتمی مرتب کرد؛ همچنین عناصر گروه اول و دوم جدول (به اضافه هلیم) را به سمت راست جدول منتقل نمود.
  ۹. در این الگو با پر شدن زیرلایه 1S یک دوره تمام می شود و در دوره بعدی زیرلایه 2S پر می شود؛ در تناوب سوم زیرلایه 2P به همراه 3S قرار می گیرد، در تناوب چهارم زیرلایه 3P به همراه 4S (مشابه با پر شدن زیرلایه ها در آرایش الکترونی نویسی)
  ۱۰. در جدول ژانت در هر ۲ دوره یک نماد جدید به زیرلایه ها اضافه می شود. به عنوان مثال در دوره های اول S، سوم P، پنجم d، هفتم f و نهم g (که ظرفیت ۱۸ عنصر را دارد) اضافه می شود.
- برای راحتی کار می توان گفت : انتهای هر ردیف به S ختم می شود. بنابراین می توان دسته بندی هر ردیف را به صورت زیر نوشت :

1S	2S	2P 3S	3P 4S	3d 4P 5S	4d 5P 6S	4f 5d 6P 7S	5f 6d 7P 8S	5g 6f 7d 8P 9S
----	----	-------	-------	----------	----------	-------------	-------------	----------------

نوشت :

 **Riftar عنصرها و ساع اتم :**

نکته : خاصیت شیمیایی امری کلی و قابل پیش بینی است ولی فعالیت شیمیایی امری جزئی و قابل مشاهده است. مثلاً همه فلزها الکترون از دست می دهند (خاصیت شیمیایی) اما فلز سدیم به سرعت و فلز آهن به آرامی الکترون از دست می دهد. (فعالیت شیمیایی).

نکته : Riftارهای فیزیکی فلزها شامل داشتن جلا، رسانایی الکتریکی و گرمایی، خاصیت چکش خواری، شکل پذیری (مانند قابلیت ورقه یا مقتول شدن) و ... است. در حالی که Riftar شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آن ها به از دست دادن الکترون وابسته است، هرچه یک اتم فلزی در شرایط معین آسان تر الکترون از دست بدهد ، خصلت فلزی پیشتر دارد و فعالیت شیمیایی آن پیشتر است.

## واکنش پذیری یا فعالیت شیمیایی :

در مورد عناصر هر دوره می توان بر اساس میزان **سهولت** به رسیدن به آرایش الکترونی **گاز نجیب**، واکنش پذیری را مورد مقایسه قرار داد.

**نکته:** فلزات (عناصر اصلی) با از دست دادن **یک** یا **چند** الکترون به آرایش الکترونی گازنجیب **دوره قبل** از خود و **نافلزها** با کسب یا به اشتراک گذاشتن یک یا چند الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب **هم دوره** خود می رساند.

**نکته:** عناصر گروه **اول**، **دوم** و **سیزدهم** به ترتیب یک، دو و سه الکترون باید از دست بدنه بدینه است که این روند مشکل تر می شود پس واکنش پذیری **کمتر** می شود.

**نکته:** عناصر گروه **۱۴** یا **باید ۴** الکترون بگیرند یا **۴** الکترون از دست بدنه که بسیار مشکل است پس پیوند **اشتراکی** می دهد.

**نکته:** عناصر گروه های **۱۵-۱۶-۱۷** به ترتیب **۳-۲-۱** الکترون باید بگیرند تا به آرایش الکترونی گازنجیب **هم دوره** برسند که به ترتیب روند **آسانتر** و واکنش پذیری **بیشتر** می شود.

**نکته:** **روند های تناوبی** در جدول بر اساس **کمیت های وابسته به اتم** قابل توضیح است مانند: جرم اتمی - شعاع اتمی - بار هسته و ....

**نکته:** مطابق مدل **کوانتومی**، اتم را مانند **کره ای** در نظر می گیرند که الکترون ها پیرامون هسته و در لایه های الکترونی در حال حرکت اند. بنابراین می توان برای هر اتم **شعاعی** در نظر گرفت و آن را **اندازه گیری** کرد که البته تعیین اندازه اتم همانند جرم آن **بسیار دشوار** است.

**نکته:** شعاع اتم های مختلف، یکسان نیست و هرچه شعاع یک اتم بزرگ تر باشد، اندازه آن اتم نیز بزرگ تر است. مقایسه نسبی شعاع اتمی **لیتیم** (الف) و **پتاسیم** (ب).



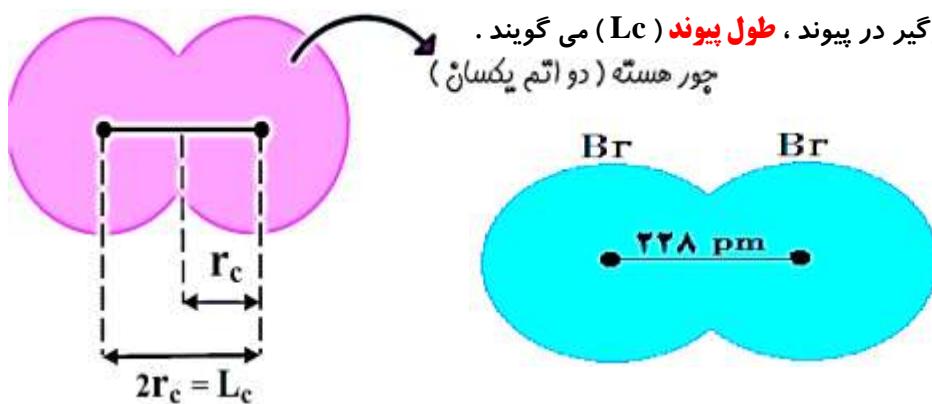
**نکته:** به طور کلی شعاع اتم ها به دو حالت اندازه گیری می شود :

**حالت اول:** اندازه گیری **شعاع کووالانسی**

**شعاع کووالانسی** ( $r_c$ ) : نصف فاصله بین مراکز دو اتم یکسان (جورهسته) در یک پیوند کووالانسی را **شعاع کووالانسی** می

نامند و آن را با واحد پیکومتر ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ) اندازه گیری می کنند.

**توجه:** به فاصله **تعادلی** میان هسته های دو اتم در گیر در پیوند، **طول پیوند** ( $L_C$ ) می گویند.



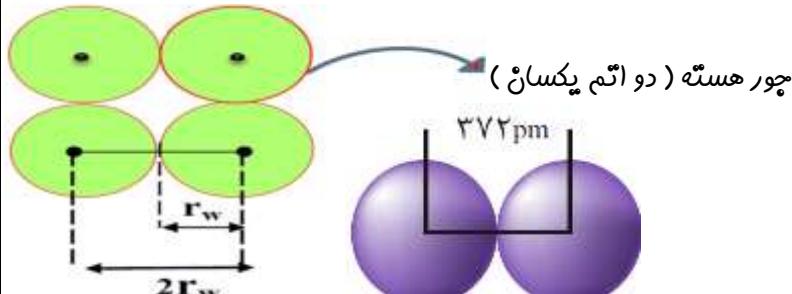
$$r_c = \frac{L_c}{2}$$

$$\text{مثال: } \frac{228}{2} = 114 \text{ pm} = \text{شعاع اتم برم}$$

**نکته:** شعاع **همه** اتم ها با روش گفته شده قابل اندازه گیری **نیست**، زیرا برخی اتم ها مانند گازهای نجیب ترکیب کووالانسی تشکیل نمی دهند یا مولکول دو اتمی ندارند؛ در نتیجه شعاع این گونه اتم ها به حالت دوم اندازه گیری می شود.

**حالت دوم:** اندازه گیری شعاع **واندروالسی**

**شعاع واندروالسی** ( $r_w$ ) : نصف فاصله بین مراکز دو اتم یکسان و مماس در بلوار یک عنصر را شعاع واندروالسی آن اتم می نامند.

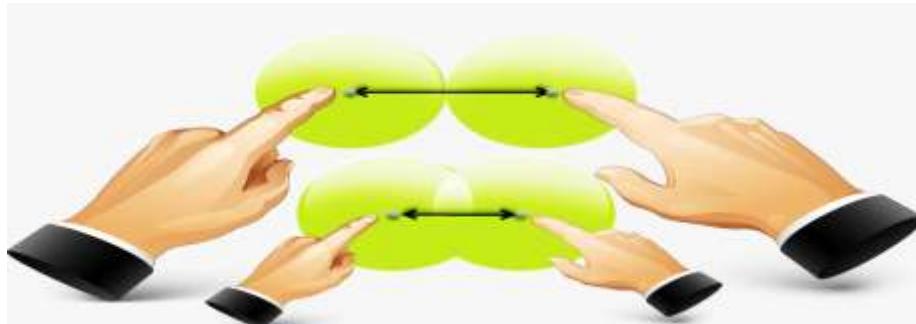


$$r_w = \frac{L_w}{2}$$

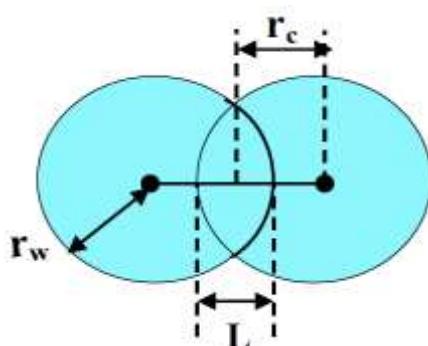
برای نمونه شعاع اتم سدیم برابر با  $186$  پیکومتر است.

$$r_w = \frac{L_w}{2} = \frac{372}{2} = 186$$

نکته: **همواره** برای یک اتم یکسان اگر بتوانیم هر دو نوع شعاع را اندازه گیری کنیم، خواهیم داشت:  $r_w > r_c$



نکته: شعاع **واندروالسی** یک عنصر، به اندازه نصف طول فاصله همپوشانی ( $\frac{L}{2}$ ) از شعاع **کووالانسی** آن، بزرگتر می باشد.



$$r_w = r_c + \frac{L}{2}$$

نکته: طول پیوند کووالانسی میان دو اتم **متفاوت** (ناجورهسته)، برابر **مجموع** شعاع های کووالانسی آن دو اتم است.

**مثال:** طول پیوند H – H، 75 پیکومتر و Br – Br، 229 پیکومتر است طول پیوند H – Br را به دست آورید.

$$\frac{75}{2} + \frac{229}{2} = \frac{304}{2} = 152 \text{ pm}$$

- با هم بینند یشیم
- 1) با توجه به جایگاه عناصرهای لیتیم، سدیم و پتاسیم (فلزهای قلیایی) در جدول دوره ای، پیش بینی کنید در واکنش با گاز کلر، اتم های کدام یک آسان تر الکترون از دست خواهد داد؟ چرا؟
- پتاسیم، زیرا در گروه پایین تر است و خصلت فلزی یعنی تمایل به از دست دادن الکترون بیشتری دارد و در نتیجه آسان تر الکترون می دهد.

- 2) تصویر زیر واکنش این فلزها با **گاز کلر** را در شرایط یکسان نشان می دهد. آیا داده های این تصویر پیش بینی شما را تأیید می کند؟ (راهنمایی: هرچه ماده ای سریع تر و شدیدتر واکنش بدهد، فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.)



الف) لیتیم

ب) سدیم

پ) پتاسیم

بله، در تصویر شدت واکنش (بر اساس شدت نور) برای پتاسیم بیشتر است.

**نکته:** تغییر رنگ، مزه، بو، تولید صدا و نور، آزادسازی گرما، تشکیل رسوب و خروج گاز نشانه هایی از تغییر شیمیایی هستند. هر چه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد، واکنش شیمیایی سریع تر و شدیدتر بوده و واکنش دهنده فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

(۳) به نظر شما آیا جمله « هرچه شعاع اتمی یک فلز بزرگ تر باشد ، آسان تر الکترون از دست می دهد » درست است؟ چرا؟

بله ، شعاع اتمی پتاسیم بزرگ تر از سدیم و لیتیم است و طبق تصویر بالا واکنش پذیری آن نیز بیشتر است. بنابراین با بزرگ تر شدن اندازه اتم ، خاصیت فلزی بیشتر و تمایل به از دست دادن الکترون بیشتر می شود.

(۴) جدول زیر را کامل کنید و توضیح دهید بین شمار لایه های الکترونی با شعاع اتم چه رابطه ای وجود دارد.

شعاع اتمی (pm)	تعداد لایه های الکترونی در اتم	نماد آخرین زیرلایه	آرایش الکترونی فشرده	نماد شیمیایی
۱۵۲	۲	$2S^1$	[ <sub>2</sub> He] $2S^1$	<sub>۳</sub> Li
۱۸۶	۳	$3S^1$	[ <sub>10</sub> Ne] $3S^1$	<sub>۱۱</sub> Na
۲۳۱	۴	$4S^1$	[ <sub>18</sub> Ar] $4S^1$	<sub>۱۹</sub> K
۲۴۴	۵	$5S^1$	[ <sub>36</sub> Kr] $5S^1$	<sub>۳۷</sub> Rb
۲۶۲	۶	$6S^1$	[ <sub>۵۴</sub> Xe] $6S^1$	<sub>۵۵</sub> Cs

رابطه مستقیم وجود دارد و با افزایش تعداد لایه های الکترونی شعاع اتمی و اندازه اتم بزرگتر می شود.

مثال : با توجه به آرایش الکترونی سدیم و پتاسیم ، متوجه می شویم که شعاع پتاسیم از شعاع سدیم بیشتر است .



### سه لایه الکترونی

### چهار لایه الکترونی

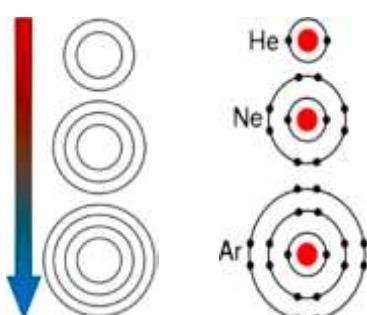
(۵) با توجه به جدول زیر ، پیش بینی کنید اتم کدام یک از فلزهای گروه دوم (فلزهای قلیایی خاکی) جدول دوره ای در واکنش با نافلزها ، آسان تر به کاتیون  $M^{2+}$  تبدیل می شود. چرا؟

نام و نماد شیمیایی فلز	Mg (منیزیم)	Ca (کلسیم)	Sr (استرانسیم)
شعاع اتمی (pm)	۱۶۰	۱۹۷	۲۱۵

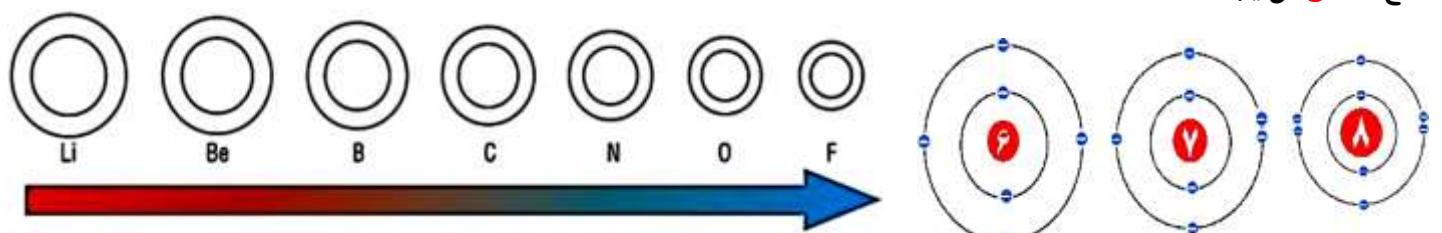
(استرانسیم) چون شعاع اتمی بزرگتری دارد پس تمایل به از دست دادن الکترون بیشتر است.

### روند تغییرات شعاع اتمی در گروه و تناوب

در یک گروه : از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می یابد ، زیرا تعداد لایه ها افزایش می یابد.



در یک تناوب : از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می یابد ، زیرا تعداد لایه های الکترونی ثابت می ماند در حالی که تعداد پروتون های هسته افزایش می یابد. با افزایش تعداد پروتون ها ، نیروی جاذبه ای که هسته به الکترون ها وارد می کند ، افزایش یافته و بدین ترتیب شعاع کاهش می یابد.



**نکته:** در هر دوره از جدول، بیشترین شعاع مربوط به **فلزات قلیایی** (گروه اول) می باشد.

**نکته:** گازهای **نجیب** کمترین شعاع اتمی در هر دوره را دارند. با توجه به نمودار زیر نقاط **ماکزیمم** مربوط به فلزات **قلیایی** و نقاط **مینیمم** به گازهای **نجیب** اختصاص دارد.

در نمودار زیر می بینیم که عناصر ذکر شده همگی در تناوب سوم هستند؛ با **افزایش** عدد اتمی تعداد لایه ها **ثابت** است ولی همزمان قدرت هسته **افزایش** می یابد، در نتیجه شعاع اتمی **کاهش** می یابد.

**نکته:** شب تغییر شعاع در این نمودارها یکسان **نیست** چون از گروه دوم به بعد زیر لایه **P** در حال پرشدن هست و اثر پوششی الکترون های زیر لایه **P** و **S** یکسان نیست.

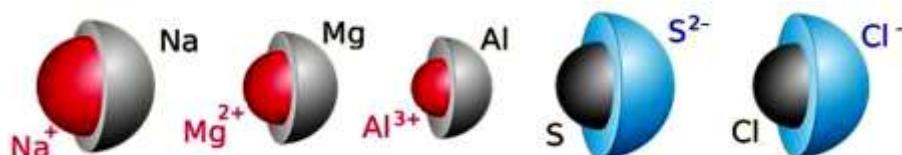
**نکته:** تفاوت شعاع اتمی (طبق شب تغییر نمودار) در دوره سوم، در عناصر گروه ۱ به ۲، بیشتر از تفاوت سایر گروه ها می باشد. همچنین تفاوت شعاع اتمی بین عناصر گروه ۱۶ به ۱۷ متر از تفاوت شعاع اتمی بین عناصر دیگر گروه می باشد:



**نکته:** کاهش **شدید** اندازه شعاع را باید به بالا بودن سطح تراز **S** لایه ظرفیت اتم فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی دانست. همچنین تغییر رفتار از **فلزی** به **نافلزی** سبب افت شعاع می گردد.

**نکته:** از چپ به راست با کاهش اندازه اتم و زیاد شدن پروتون ها **از دست دادن** الکترون سخت تر و در عوض **گرفتن الکترون آسان** تو می شود. پس خصلت فلزی **کاهش** و خصلت **نافلزی** افزایش می یابد.

**نکته:** حجم اتم های فلزی (شعاع اتم های فلزی) در هنگام از دست دادن الکترون **کاهش** می یابد و حجم **نافلزات** نیز در هنگام جذب الکترون **افزایش** می یابد؛ بنابراین **یون های فلزی** از اتم فلزی **کوچک** تر و **یون های نافلزی** از اتم نافلز **بزرگ** تر هستند.



**نکته:** در مورد یون های مثبت و منفی که تعداد الکترون برابر دارند (ایزو الکترون) نیز توجه داشته باشید که هر چه یون، **بار منفی** بیشتری داشته باشد **بزرگتر** و هر چه **بار مثبت** بیشتری داشته باشد **کوچک** تر است. (در مثال زیر همه یون ها ۱۰ الکترون دارند) :



**اندازه کاتیون ها** از شعاع اتمی آن **کمتر** است به دو دلیل :

۱- باز دست دادن الکترون های لایه ظرفیت یک لایه الکترونی **کاهش** می یابد.

۲- تعداد پروتون ها **بیشتر** از الکترون ها و در مجموع بار هسته **بیشتر** از سهم یک پروتون به جذب یک الکترون نسبت به حالت قبل می باشد، مثلاً در یون سدیم **۱۱** پروتون به **۱۰** الکترون جاذبه وارد می کند.

**اندازه آنیون ها** از شعاع اتمی آن ها **بزرگ** تر است به دو دلیل :

۱- با کسب الکترون میان الکترون ها در لایه ظرفیت **نیروی دافعه** ایجاد می شود و از هم فاصله می گیرند.

۲- مجموع الکترون ها نسبت به پروتون ها بیشتر می شود و در مجموع بار هسته **کم** تر از سهم یک پروتون به جذب یک الکترون نسبت به حالت قبل می باشد مثلاً در یون کلرید **۱۷** پروتون به **۱۸** الکترون جاذبه ایجاد می کند.

**نکته:** عناصر گروه اول ظرفیت **۱**، گروه دوم ظرفیت **۲** و عناصر گروه سیزدهم، ظرفیت **۳** دارند.

**نکته:** فلزات واسطه ظرفیت متغیر دارند، بجز کاتیون های :  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$

**نکته:** نافلز ها در واکنش های شیمیایی برخلاف فلزها تمایل دارند با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل شوند. برای مثال نافلز های گروه ۱۷ (هالوژن ها) با گرفتن یک الکترون به آنیون با یک بار منفی (بون هالید) تبدیل می شوند.

**نکته:** عناصر گروه ۱۵ ظرفیت (۳)، گروه ۱۶ ظرفیت (۲) و گروه ۱۷ ظرفیت (۱) دارند و هالید نامیده می شوند.

H 37	Li 152	Be 112	B 85	C 77	N 75	O 73	F 72	He 31
Na 186	Mg 160	Al 143	Si 118	P 110	S 103	Cl 99	Ar 98	
K 227	Ca 197	Ga 135	Ge 123	As 120	Se 117	Br 114	Kr 112	
Rb 248	Sr 215	In 166	Sn 140	Sb 141	Te 143	I 133	Xe 131	
Cs 265	Ba 222	Ti 171	Pb 175	Bi 155	Po 164	At 142	Rn 140	

ص ۱۳ کتاب

### خود را بیازمایید

(الف) جدول زیر را کامل کنید.

نماد شیمیایی عنصر	${}_{\text{۹}}\text{F}$	${}_{\text{۱۷}}\text{Cl}$	${}_{\text{۲۵}}\text{Br}$
آرایش الکترونی فشرده	$[\text{۲He}] \text{۲S}^2 \text{۲P}^5$	$[\text{۱۰Ne}] \text{۳S}^2 \text{۳P}^5$	$[\text{۱۸Ar}] \text{۴S}^2 \text{۴P}^5$
نماد آخرین زیرلایه	$2\text{S}^2 2\text{P}^5$	$3\text{S}^2 3\text{P}^5$	$4\text{S}^2 4\text{P}^5$
تعداد لایه های الکترونی در اتم	۲	۳	۴
شعاع اتمی (pm)	۷۱	۹۹	۱۱۴

(ب) پیش بینی کنید در شرایط یکسان کدام هالوژن واکنش پذیرتر است. چرا؟

**فلوئور، زیرا اندازه اتم کوچک تری دارد و تمایل آن برای گرفتن الکtron بیشتر است.**

(پ) در جدول زیر شرایط واکنش این نافلزها با **گاز هیدروژن** نشان داده شده است. با توجه به آن، مشخص کنید آیا پیش بینی شما درست است. **بله**

رنگ	کاربرد	حالت فیزیکی	شرایط واکنش با هیدروژن	شعاع اتمی (pm)	آرایش الکترونی فشرده	نماد عنصر
زرد	تفلون خمیر دندان	گاز	حتی در دمای $-200^{\circ}\text{C}$ به سرعت واکنش می دهد.	۷۱	$[\text{۲He}] \text{۲S}^2 \text{۲P}^5$	${}_{\text{۹}}\text{F}$
زرد مایل به سبز	گندزدا پلاستیک	گاز	در دمای اتاق به آرامی واکنش می دهد.	۹۹	$[\text{۱۰Ne}] \text{۳S}^2 \text{۳P}^5$	${}_{\text{۱۷}}\text{Cl}$
قرمز	صنایع فیلم و عکاسی	مایع	در دمای $200^{\circ}\text{C}$ واکنش می دهد.	۱۱۴	$[\text{۱۸Ar}] \text{۴S}^2 \text{۴P}^5$	${}_{\text{۲۵}}\text{Br}$
بنفش	تنتور ید	جامد	در دمای بالاتر از $400^{\circ}\text{C}$ واکنش می دهد.	۱۳۹	$[\text{۳۶Kr}] \text{۳d}^{۱۰} \text{۴S}^2 \text{۴P}^5$	${}_{\text{۵۳}}\text{I}$

ت) توضیح دهید خصلت نافلزی با شعاع اتمی چه رابطه ای دارد.

**رابطه وارونه ، هر چه شعاع اتمی نافلز کمتر باشد خصلت نافلزی آن یعنی تمایل به گرفتن الکترون ، بیشتر است.**



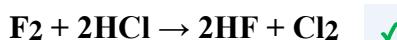
در جدول فوق ، شرایط واکنش این نافلزات با گاز هیدروژن نشان داده شده است :

### هالوژن ها (نمک ساز ها) :

۱- به آسانی با فلز ها واکنش می دهنده و **نمک** بوجود می آورند.

۲- فعالیت شیمیایی آن ها از بالا به پایین **کم** می شود.

۳- **واکنش پذیرترین** نافلز ها هستند.



کدام واکنش انجام پذیر است؟



**سؤال :** چرا هالوژن ها واکنش پذیرترین نافلز ها هستند؟ **زیرا با گرفتن فقط یک الکترون ، به آرایش گاز نجیب می رسند.**

**سؤال :** چرا فعالیت شیمیایی هالوژن ها از بالا به پایین کم می شود؟

**زیرا با افزایش شعاع ، میل به گرفتن الکترون کاهش می یابد و واکنش پذیری کاهش می یابد.**

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

### چند نکته در مورد فلزات :



**همه فلزها** در حالت کلی رفتارهای **مشابهی** دارند. اما تفاوت های **قابل توجهی** میان فلزات وجود دارد.

سدیم با جلای نقره ای فلزی **نرم** است و با چاقو می شود و سطح آن به سرعت در هوای تیره (کدر) می شود.

**آهن** فلزی **محکم** و از آن برای ساخت در و پنجره فلزی استفاده می شود.

فلز **آهن** با **اکسیژن** در **هوای مرطوب** به **زنگ آهن** تبدیل می شود.

**طلای** در گذر زمان جلای خود را **حفظ** می کند و همچنان خوش رنگ باقی می ماند. به همین دلیل در معماری اسلامی، گنبدها و گلدسته شماری از اماکن مقدس را با ورقه های نازکی از طلا تزیین می کنند.

(۱) فلزات اصلی دسته p و S

(۲) فلزات واسطه (فلزات دسته d)

(۳) واسطه داخلی (فلزات دسته f)

فلزات در جدول به سه دسته تقسیم می شوند :

فلزات دسته **d** نیز رفتاری شبیه به فلزات دسته **S** و **p** دارند آن ها نیز رسانای **جريان الکتریکی** و **گرمایش** هستند ، **چکش خوارند** و **قابلیت ورقه شدن** دارند.

**نکته :** یکی از **اصیل ترین و ارزنده ترین** صنایع دستی کشورمان ، **شیشه گری** است. صنعتی که پشتونه و ساقه ای دیرینه دارد.

**نکته :** گردنبندی با دانه های شیشه ای **آبی رنگ** متعلق به **هزاران سال پیش** که در ناحیه **شمال غربی** ایران کشف شده است.

**نکته :** قطعات شیشه ای **مایل به سبزی** که طی کاوشهای باستان شناسی در **لرستان و شوش** به دست آمده است.

یکی از هدایای زمینی ، سنگ های گرانبهای آن است که به دلیل رنگ های گوناگون و زیبای خود ، کاربرد گسترده ای در جواهرسازی دارند. در شکل زیر تعدادی از آن ها را مشاهده می کنید. اما علت رنگ های مختلف این سنگ ها چیست؟

زمرد  
(سبز)



یاقوت  
(سرخ)



فیروزه  
(آبی)



**نکته:** یاقوت همان آلومینیوم اکسید  $\text{Al}_2\text{O}_3$  است که در ساختار آن برخی از یون های **آلومینیوم** با یون های  $\text{Cr}^{3+}$  جایگزین شده و رنگ سرخ زیبای یاقوت را ایجاد کرده است. با عبور نور سفید از یک یاقوت، طول موج های **بلندتر** آن یعنی رنگ **سرخ** بازتاب می شود. ( سایر طول موج ها **جذب** می شود.)

### فلزهای دسته d (فلزهای واسطه)

دسته ای از عنصرهای جدول دوره ای هستند که زیر لایه d آن ها در حال پرشدن است و همگی **فلز** هستند اما همگی **جامد** نیستند. عناصر گروه ۳ تا ۱۲ جدول دوره ای را شامل می شوند و اولین سری آنها در دوره ۴ هستند که از عدد اتمی ۲۱ تا ۳۰ ادامه دارند.

ترکیبات فلزهای واسطه **رنگ های گوناگون و زیبایی** دارند و همچنین کاربرد گسترده ای در صنعت **جواهر سازی** دارند.

**اغلب** کاتیون های فلزات واسطه **رنگی** هستند. رنگ شیشه های حاوی کاتیون فلزات واسطه در جدول زیر آمده است.

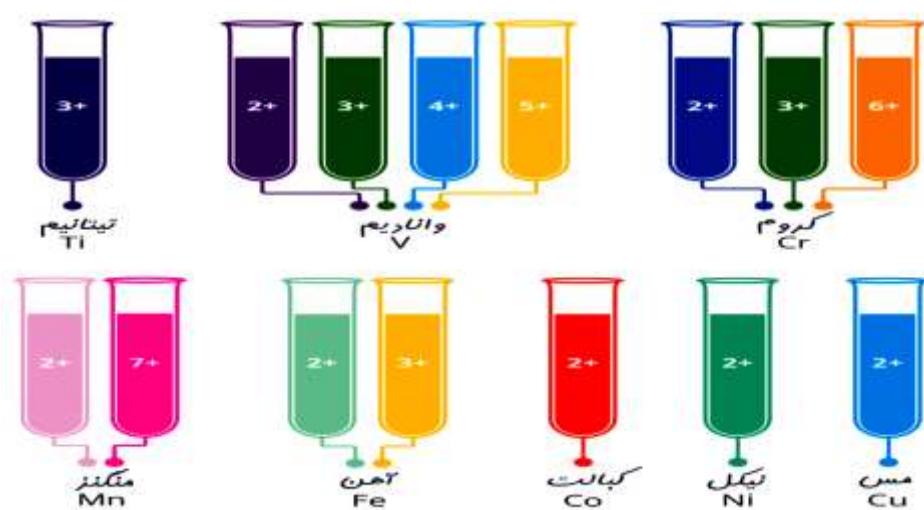
نماد کاتیون	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{Ni}^{2+}$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Sc}^{3+}$	$\text{Fe}^{3+}$
رنگ کاتیون	آبی		سبز		صورتی کم رنگ		بی رنگ		قرمز آجری

اغلب این رنگ ها می توانند بسته به بار **یون فلزی و تعداد و نوع گروه اتم هایی** (لیگاند) که به یون فلز متصل می شوند، **متفاوت** باشند.

هر پنج زیر لایه d هم انرژی هستند ولی تحت شرایطی سطح انرژی این زیر لایه کمی تغییر کند و از هم سطحی در می آیند، یعنی شکافته می شوند. در حضور لیگاندها، برخی زیر لایه d دارای انرژی بیشتری نسبت به بقیه می شوند و برخی از آن ها دارای انرژی کمتر می شوند. الکترون ها با جذب یک فوتون از نور می توانند در میان این زیر لایه پایین تر و بالاتر حرکت کنند.

**نکته:** کاتیون هایی که یون آنها به آرایش گاز نجیب می رساند، مواد **بی رنگی** هستند.  
**نکته:** کاتیون **روی** به دلیل پر بودن زیر لایه d، **بی رنگ** است.

**نکته:** کاتیون های فلزات واسطه بسته به اینکه در چه **محیط** باشد روی رنگ یون واسطه تأثیر دارد چون میدان ها روی هم اثر می گذارند.



یکی از راه های رنگی کردن شیشه ها استفاده از یون های فلزی در ساختار آن ها است؛ برخی از شیشه های رنگی را در زیر می بینید :



**نکته:** در تمام فلزات واسطه در زیر لایه  $S$  **دو** الکترون وجود دارد به جز در مواردی که آرایش الکترونی زیر لایه  $d$  به  $3d^9$  یا  $3d^4$  می‌رسد

که در آن صورت مطابق اصل پایداری یک الکترون از زیر لایه  $4S$  به زیر لایه  $3d$  منتقل می‌شود.



عنصر	$21Sc$	$22Ti$	$23V$	$24Cr$	$25Mn$	$26Fe$	$27Co$	$28Ni$	$29Cu$	$30Zn$
آرایش زیر لایه $d$	$3d^1$	$3d^2$	$3d^3$	$3d^5$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$	$3d^{10}$	$3d^{10}$

مطابق **اصل پایداری** یک زیر لایه **پر و نیمه پر** پایدارتر از زیر لایه **فاقد** و پایدارتر از زیر لایه **خالی** است.

**نکته:** در بین عناصر واسطه دوره  $④$  **۲** عنصر زیر لایه  $d$  **نیمه پر** و **۲** عنصر زیر لایه  $d$  **کاملاً پر** دارند و در میان کل عناصر دوره  $④$  **۱** عنصر زیر لایه  $d$  **کاملاً پر** دارند.

**نکته:** اگر چه زیر لایه  $4S$  زودتر از زیر لایه  $3d$  از الکترون پر می‌شود اما هنگام تبدیل شدن اتم به یون مثبت، ابتدا باید از زیر لایه  $4S$  الکترون جدا کنیم و سپس به ازای بار بیشتر، از زیر لایه  $3d$  الکترون جدا می‌شود یعنی به هنگام تشکیل کاتیون الکترون‌های بیرونی ترین زیر لایه خود را از دست می‌دهند.

**نکته:** برای رسم آرایش الکترونی کاتیون‌ها، همان طور که در شیمی دهم خواندیم **ابتدا** آرایش الکترونی مرتب شده اتم را می‌نویسیم و سپس از **دورقین** زیر لایه نسبت به هسته به تعداد بار کاتیون، الکترون **کم** می‌کنیم؛ مثال:



**نکته:** فلزات واسطه **مانند** هر فلز دیگر تمایل به **از دست دادن الکترون** و **تشکیل کاتیون** دارند. اما **تفاوت** اصلی میان کاتیون فلزات اصلی (دسته  $S$  و  $p$ ) با کاتیون فلزات واسطه این است که **برخلاف** فلزات اصلی، **اغلب** فلزات واسطه با تشکیل کاتیون به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند در حالی که **اغلب** فلزات اصلی به آرایش گاز نجیب **می‌رسند**.



**نکته:** **اغلب** فلزات واسطه در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون **اکسیدها**، **کربنات‌ها** و ... یافت می‌شوند. مثلاً **آهن** به دو صورت  $FeO$  و  $Fe_2O_3$  در طبیعت یافت می‌شود که در  $O$  به صورت  $Fe^{3+}$  و در  $Fe_2O_3$  به صورت  $Fe^{2+}$  وجود دارد. پس آرایش یون‌های  $26Fe$  :  $[18Ar] 3d^6 4S^2 \xrightarrow{-2e} ^{26}Fe^{2+} : [18Ar] 3d^6$  و  $Fe^{3+}$  و  $Fe^{2+}$  بصورت زیر است.

$$^{26}Fe^{2+} : [18Ar] 3d^6 \xrightarrow{-e} ^{26}Fe^{3+} : [18Ar] 3d^5$$

ص ۱۶ کتاب

## خود را بیازمایید

**اسکاندیم** ( $_{21}Sc$ ) **نخستین** فلز واسطه در جدول تناوبی است که در وسایل خانه مانند **تلویزیون** **رنگی** و **برخی شیشه‌ها** وجود دارد و جزو **معدود** فلزات واسطه است که کاتیون آن به آرایش گاز نجیب **می‌رسد**. (برخلاف فلزات واسطه) و ترکیبات آن **بی‌رنگ** هستند.

(الف) آرایش الکترونی اتم آن را بنویسید.

(ب) کاتیون این فلز در ترکیب‌هایش، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید.

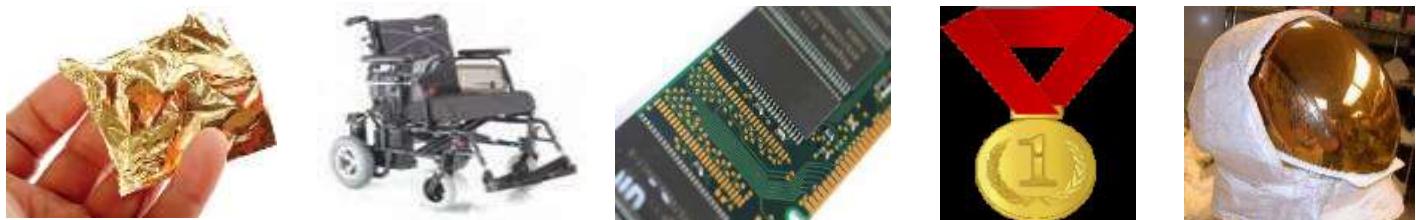
نماد فلز / یون	آرایش الکترونی	نماد فلز / یون	آرایش الکترونی
$^{23}V$	$[Ar] 3d^3 4S^2$	$^{24}Cr$	$[Ar] 3d^5 4S^1$
$V^{2+}$	$[Ar] 3d^3$	$Cr^{2+}$	$[Ar] 3d^4$
$V^{3+}$	$[Ar] 3d^2$	$Cr^{3+}$	$[Ar] 3d^3$

۲) جدول زیر را کامل کنید.

## عناصر واسطه (عناصر دسته d)

- ۱ همگی** فلز هستند.
- ۲** واکنش پذیری **کمتری** نسبت به **فلزهای قلیایی** (گروه ۱) و **قلیایی خاکی** (گروه ۲) دارند.
- ۳** بجز **جیوه** نسبت به فلزهای گروه اول و دوم، **سخت تر، چکالتر و دیر ذوب تر** هستند زیرا علاوه بر پیوند **فلزی** به دلیل داشتن تک الکترون در زیرلایه d پیوند **کووالانسی** نیز ایجاد می کنند.
- ۴** بی نظمی های متعددی در **آرایش الکترونی** آن ها به چشم می خورد.
- ۵** تعداد الکترون های **لایه ظرفیت** آن ها متغیر می باشد.
- ۶** بسیاری از آن ها **۲** و برخی **۱** الکترون در زیر لایه S لایه ظرفیت دارند.
- ۷** رسانایی **الکتریکی** و **گرمایی** بالایی دارند قوی ترین رساناهای الکترونی **طلاء، نقره و مس** هستند.
- قیمتانیم** دومین عنصر واسطه که فلزی **محکم، کم چکال و مقاوم** در برابر **خوردگی** است و از آن در **بدنه دوچرخه** استفاده می شود.
- طلاء (Au<sup>79</sup>) در دوره ششم و گروه ۱۱ جدول تناوبی جای دارد. طلا فلزی ارزشمند و گرانبها است که علاوه بر ویژگی های مشترک فلزات، ویژگی های منحصر بفردی هم دارد که عبارتند از:

- (۱) به اندازه ای چکش خوار و نرم است که چند گرم از آن را می توان با چکش کاری به صفحه ای با مساحت چند متر مربع تبدیل کرد.
- (۲) طلا رسانایی الکتریکی بسیار بالایی دارد و می تواند این رسانایی را در شرایط دمایی گوناگون حفظ کند به همین دلیل در ساخت قطعات حساس الکترونیکی و ویلچر کاربرد دارد.
- (۳) طلا جزو فلزاتی محسوب می شود که واکنش پذیری ناچیزی دارد در نتیجه طلا بر خلاف اغلب عناصر به صورت عنصر و آزاد در طبیعت یافت می شود (پایداری بالایی دارد).
- (۴) با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان واکنش نمی دهد به همین دلیل در ساخت زیورآلات و دندانپزشکی کاربرد دارد.
- (۵) عنصر طلا به میزان بسیار زیادی پرتوهای خورشیدی را بازتاب می دهد به همین دلیل از آن در لباس فضانوردان استفاده می شود.



برخی کاربردهای مثالی طلا شامل استفاده در شیشه کلاه فضانوردان برای بازتاب پرتوهای خطرناک خورشیدی، ساخت جوایز و مدال ها و تولید قطعات الکترونیکی است.

عمده مصارف طلا به ترتیب مقدار در **زیورآلات و جواهرات، الکترونیک، پشتونه ارزی، صنایع دیگر و دندان پزشکی** است.

ویژگی های منحصر به فرد طلا باعث شده است که کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی آن روز به روز افزایش یابد. هر چند طلا در طبیعت به شکل عنصری یافت می شود اما مقدار آن در معادن طلا **بسیار کم** است به طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید حجم انبوهی از خاک معدن را استخراج کرد در نتیجه **پسماند** زیادی بر جای می ماند مثلاً در تولید مقدار طلای مورد نیاز برای ساخت یک حلقة عروسی، **سه تن** پسماند ایجاد می شود. استفاده از طلا مانند دیگر فعالیت های صنعتی آثار زیانبار زیست محیطی بر جا می گذارد. مجتمع طلای موته در **اصفهان** و زرشوران در **آذربایجان غربی** از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

**نکته:** برای استخراج فلزات، ضمن بهره برداری از منابع، باید از راه هایی استفاده نمود که منجر به کاهش رد پای محیط زیستی شده و هماهنگ با توسعه پایدار باشد.

از جمله ای «طلای که پاک است چه منتش به خاک است» نکات زیر برداشت می شود :

① عنصر طلا به صورت آزاد در طبیعت یافت می شود. ② واکنش ناپذیر و نجیب است.

### عناصرها به چه شکلی در طبیعت یافت می شوند؟

اغلب عنصر ها در طبیعت به شکل **ترکیب** یافت می شوند.

اغلب فلزات به شکل ترکیب هایی مانند **اکسید** یا **سولفید** وجود دارند.

فلزاتی همچون **نقره**، **مس**، **پلاتین** به صورت **آزاد** وجود دارند.

**برخی** فلزات مانند **نقره** و **مس** در طبیعت هم به صورت **آزاد** و هم به شکل **سنگ معدن** در ترکیب با نافلزها وجود دارند مثلاً مس علاوه

بر شکل عنصری در طبیعت به شکل سنگ معدن **CuS (مس(II) سولفید)** هم یافت می شود.

از میان فلزها، تنها **طلای کلوخه ها یا رگه های زرد** لا به لای خاک یافت می شود.

نافلزاتی همچون **اکسیژن**، **نیتروژن**، **گوگرد**، **فسفر**، **کربن** و..... به شکل **آزاد** یافت می شوند.



طلای کلوخه ها یا رگه های زرد



مس (سنگ معدن)



فسفر قرمز



کربن



MnCO<sub>3</sub> (S)



NaCl(S)



CaCO<sub>3</sub> (S)



S(S)

نمونه هایی از کانی ها (کلسیم کربنات (سفیدرنگ)، سدیم کلرید (سفید رنگ)، منگنز (II) کربنات (صورتی رنگ) و گوگرد (زرد))

**نکته:** آهن فلزی است که در سطح جهان بیشترین مصرف سالانه را در بین صنایع گوناگون دارد. آهن **اغلب** در طبیعت به شکل اکسید یافت می شود که معمولاً به شکل **هماتیت (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)** ناخالص است و **آلومینیم** در طبیعت به شکل **بوکسیت (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)** ناخالص) یافت می شود.

**نکته:** یکی از حوزه های پر کاربرد و اقتصادی علم شیمی، **یافتن راه های گوناگون و مناسب برای استخراج و تولید** عناصرها از طبیعت است.

در دنیای امروزی از فلزهای بسیاری استفاده می شود؛ به عنوان مثال می توان مقایسه مصرف چند فلز پر مصرف را در زیر دید :

آهن < آلومینیوم < منیزیم < مس و کروم

شیمی تجزیه، شاخه ای از دانش شیمی است که به مطالعه روش های شناسایی، جداسازی و بررسی کمی و کیفی اجزای یک ماده می پردازد.

## روش شناسایی یون‌ها

**نکته:** به منظور شناسایی یون‌های موجود در یک نمونه، ابتدا نمونه را به صورت  **محلول** در می‌آوریم. سپس به آن ماده‌ای اضافه می‌کنیم تا با یون مورد نظر واکنش داده و ماده‌ای **نامحلول** و ترجیحاً با رنگ منحصر به فرد ایجاد کند تا بتوانیم به وجود  **یون‌ها** در نمونه پی‌بیریم.

**یادآوری:** در شیمی دهم خواندیم که برای شناسایی  **یون کلرید** ( $\text{Cl}^-$ ) در یک محلول،  **یون نقره** ( $\text{Ag}^+$ ) را به آن اضافه کرده و رسوب **سفید رنگ نقره کلرید** ( $\text{AgCl}$ ) تشکیل می‌شود. یکی از راه‌های شناسایی  **یون باریم** ( $\text{Ba}^{2+}$ ) در محلول، افزودن  **یون سولفات** ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) به آن و تشکیل رسوب **سفید رنگ باریم سولفات** ( $\text{BaSO}_4$ ) است و یکی از راه‌های شناسایی  **یون کلسیم** ( $\text{Ca}^{2+}$ ) در محلول، افزودن  **یون فسفات** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) به آن و تشکیل رسوب **سفید رنگ کلسیم فسفات** ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) است.

ص ۱۹ کتاب

### شناسایی یون $\text{Fe}^{2+}$

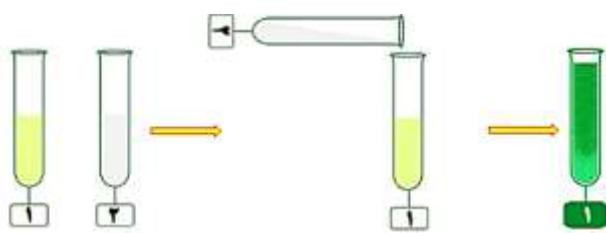
برای شناسایی یون  **آهن** (II) می‌توان آزمایشی مشابه شکل زیر ترتیب داد:

(۱) در لوله آزمایش شماره (۱) مقدار کمی  **آهن** (II)  **کلرید** ریخته و با آب مقطر تا نیمه آن را پر و با تکان دادن یکنواخت می‌کنیم. (محلول **شفاف** و رنگ **سبز** روش است).

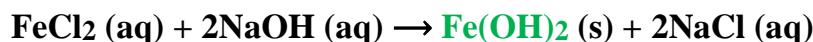
(۲) در لوله آزمایش شماره (۲) مقدار کمی  **سدیم هیدروکسید** ریخته و با آب مقطر تا نیمه آن را پر و با تکان دادن یکنواخت می‌کنیم. (محلول **شفاف** و **بی‌رنگ** است).

(۳) مطابق شکل از محلول  **سدیم هیدروکسید به آهن** (II)  **کلرید** اضافه می‌کنیم.

در لوله آزمایش **رسوبی** به رنگ  **سبز** مشاهد می‌شود که نشان دهندهٔ تشکیل  **آهن** (II)  **هیدروکسید** است. این ترکیب در آب **نامحلول** است.



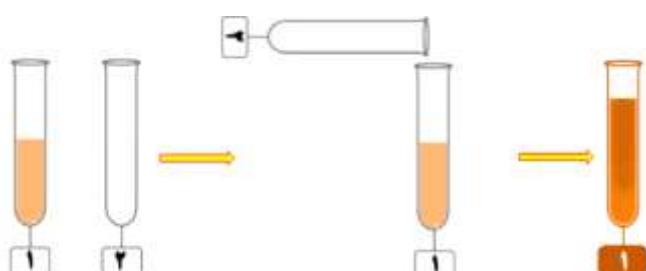
معادله موافق شدهٔ این واکنش به صورت زیر است: ( **واکنش جابجایی دوگانه**)  
(جابجایی فلز با فلز یا جابجایی فلز با هیدروژن)



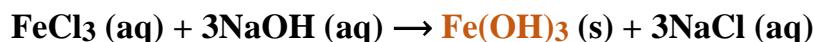
**نکته:** آزمایش فوق را برای هر محلولی که **احتمال** وجود یون آهن (II) در آن است می‌توان انجام داد، با افزودن محلول حاوی  **یون هیدروکسید** به یک محلول، اگر رسوب  **سبز** رنگ در آن تشکیل شد، **احتمال زیادی** وجود دارد که محلول اولیه دارای  $\text{Fe}^{2+}$  بوده است.

برای شناسایی یون  **آهن** (III) نیز می‌توان آزمایشی مشابه آزمایش بالا و به صورت شکل زیر ترتیب داد:

در لوله آزمایش (۱) محلول  **آهن** (III)  **کلرید** داریم که **شفاف** و به رنگ **نارنجی** است. پس از اضافه کردن  **سدیم هیدروکسید** به این محلول، رسوب  **قرمز-قهوة ای** آهن (III)  **هیدروکسید** تولید می‌شود؛



معادله موافق شدهٔ واکنش مربوط به این آزمایش به صورت زیر است:



**نکته:** ممکن است برخی ترکیبات که حاوی یون فلزی است نتوانند در آب حل شوند تا مانند آزمایشات بالا بتوان یون فلزی آن‌ها را شناسایی نمود؛ به این منظور می‌توان آن ترکیب را به شیوهٔ دیگری به  **محلول** تبدیل کرد.

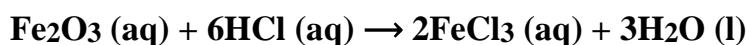
به عنوان مثال **زنگ آهن** (لایه ترد روی آهن خورده شده) در آب **نامحلول** است اما به کمک  **هیدروکلریک اسید** یا **جوهر نمک** ( $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ) می‌توان آن را حل و سپس برای شناسایی یون آهن آن اقدام کرد.

## شناسایی یون آهن موجود در زنگ آهن :



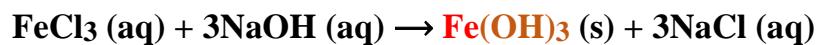
(۱) یک میخ یا وسیله آهنی زنگ زده را خراش داده و زنگ آهن آن را درون یک لوله آزمایش می‌ریزیم.

(۲) قطره قطره محلول **هیدروکلریک اسید** به آن اضافه می‌کنیم تا تمام زنگ آهن حل شده و محلولی **شفاف** به دست آید.



(۳) قطره قطره سدیم هیدروکسید را به محلول اضافه می‌کنیم تا **رسوب رنگی** تشکیل شود.

در انتهای کار رسوب **قرمز - قهوه‌ای** تولید می‌گردد که نشان می‌دهد در زنگ آهن یون  $\text{Fe}^{+3}$  وجود دارد.



برای شناسایی برخی از یون‌ها، داده‌ها در جدول زیر خلاصه شده است.

آنیون \ کاتیون	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Ag}^+$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Cu}^{2+}$
$\text{OH}^-$		سفید	قرمز - قهوه‌ای	سبز لجنی		سفید	آبی
$\text{I}^-$	زرد	زرد					
$\text{CrO}_4^{2-}$	زرد - نارنجی	نارنجی					
$\text{SO}_4^{2-}$	در آب جوش حل می‌شود	سفید			سفید		

## یادآوری : طریقه نوشتن معادله واکنش شیمیایی

### ۱) جابجایی ساده (جابجایی یگانه)

الف) واکنش یک عنصر **فلزی** با یک ترکیب **فلزدار** : در این واکنش‌ها عنصر فلزی فعال تر جایگزین فلز موجود در ترکیب (با فعالیت کمتر) می‌شود.



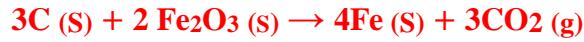
ب) واکنش یک عنصر **فلزی** با یک ترکیب **هیدروژن دار** : در این واکنش‌ها عنصر فلزی جایگزین هیدروژن موجود در ترکیب شده و گاز هیدروژن تولید می‌شود.



پ) واکنش یک عنصر **نافلزی** با یک ترکیب **نافلزدار** : در این واکنش‌ها عنصر نافلزی فعال تر جایگزین نافلز موجود در ترکیب می‌شود.

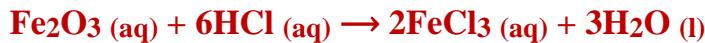


ت) واکنش یک عنصر **نافلزی** با یک ترکیب **فلزدار** : در این واکنش‌ها عنصر نافلزی فعال تر جایگزین فلز موجود در ترکیب می‌شود.



### ۲) جابجایی دوگانه

واکنش یک ترکیب **فلزدار** یا **هیدروژن دار** با یک ترکیب **فلزدار** دیگر : در این واکنش‌ها کافی است **فلز** ترکیب اول را با **فلز** یا **هیدروژن** موجود در ترکیب دیگر جابجا نمود.



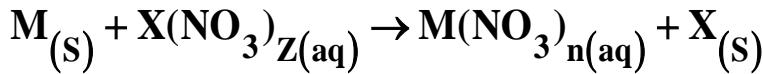
**نکته** : واکنش پذیری هر عنصر به معنای **تمایل** اتم‌های آن برای انجام واکنش شیمیایی است.

**نکته** : هر چه واکنش پذیری اتم‌های عنصری بیشتر باشد در **شرایط یکسان** تمایل آن برای **انجام واکنش شیمیایی** و تبدیل شدن به ترکیب بیشتر است.

**نکته** : در هر واکنش شیمیایی که به طور **طبیعی** و **خودبخودی** (یعنی از چپ به راست) انجام می‌شود، واکنش پذیری **واکنش دهنده‌ها** از فرآورده‌ها **بیشتر** می‌باشد.

ناماد	نام عنصر
K	پتاسیم
Na	سدیم
Ca	کلسیم
Mg	منیزیم
Al	آلومینیم
C	کربن
Zn	روی
Fe	آهن
Sn	قلع
Pb	سرب
H	هیدروژن
Cu	مس
Ag	نقره
Pt	پلاتین
Au	طلای

- نکته:** عنصرهای واکنش پذیرتر می‌توانند جای عنصرهای با واکنش پذیری کمتر را در ترکیب آن بگیرند.
- نکته:** هرچه فلز **فعال تر** باشد، میل **بیشتر** به ایجاد **ترکیب** دارد و ترکیب‌هایش **پایدارتر** است.
- نکته:** هرچه واکنش پذیری **فلزی** (عنصری) **بیشتر** باشد، **استخراج** آن فلز (عنصر) **دشوارتر** است.
- نکته:** برای  **جدا کردن** یک فلز می‌توان ترکیب آن را با فلزی که فعالیت شیمیایی **بیشتر** دارد، وارد واکنش کرد.
- نکته:** ترتیب واکنش پذیری **فلزات معروف**، **کربن** و **هیدروژن** مطابق جدول داده شده است.
- نکته:** فلزات **بالاتر** از عنصر هیدروژن با **اسیدها** در واکنش **جابجایی ساده** شرکت می‌کنند.
- نکته:** فلز آهن در واکنش با اسیدها همیشه از ظرفیت کمتر خود استفاده می‌کند. ( $\text{Fe}^{2+}$ )
- نکته:** مطابق جدول، واکنشی **انجام پذیر** است که فلز **بالاتر** با ترکیب فلز **پایین قدر** واکنش داده باشد. یا فلز قوی تر سمت **چپ واکنش** (واکنش دهنده) و فلز ضعیف تر سمت **راست** (فراورده) باشد.
- نکته:** در واکنش **کلی و خودبخودی** (طبیعی) زیر همواره فلز **M** واکنش پذیرتر از فلز **X** است.



همچنان

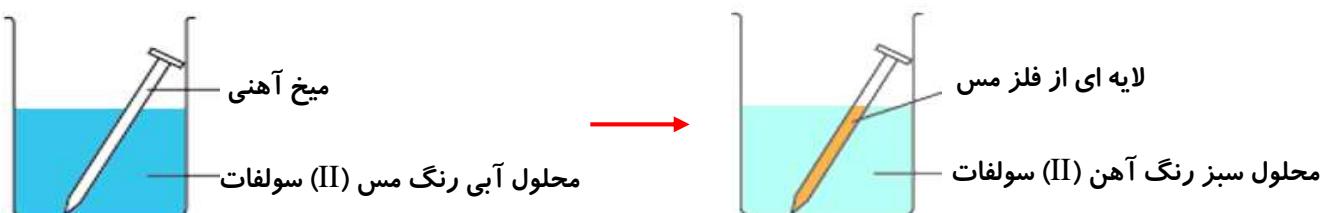
ص ۲۰ کتاب

## کاوشنید ۲ :

- ۱) درون یک بِسِر تا یک سوم آب ریخته و به اندازه نصف قاشق چای خوری **مس (II) سولفات** اضافه کرده و با هم زدن محلول یکنواختی می‌سازیم ( محلول حاصل **آبی رنگ** است).
- ۲) یک عدد میخ آهنی در بشر انداخته و صبر می‌کنیم.

پس از مدتی مشاهده می‌کنیم که رنگ محلول **کم رنگ** شده و به سمت **سبز شدن جزیی** پیش می‌رود، و **جامد قرمز رنگی** بر روی میخ‌ها می‌نشینند، این جامد قرمز همان فلز **مس** است. اگر زمان کافی به واکنش داده شود محلول در نهایت **رنگ آبی** خود را از دست داده و **سبز رنگ** می‌شود و مقدار فلز **مس** نیز **بیشتر** می‌شود، پس از بیرون آوردن میخ از محلول رسوب روی آن را پاک می‌کنیم متوجه می‌شویم مقداری از ضخامت میخ **کم** شده است که نشان از جدا شدن کاتیون‌های ( $\text{Fe}^{2+}$ ) را دارد.

**نکته:** در توجیه پدیده مشاهده شده می‌توان گفت در ابتدا درون محلول یون‌های **مس (II)** و **سولفات** توسط آب، آبپوشیده شده اند و علت **آبی رنگ** بودن محلول نیز وجود یون  $\text{Cu}^{2+}$  است. پس از قرار گرفتن میخ‌های آهنی در ظرف، چون واکنش پذیری آهن بیشتر از مس است بنابراین **آهن** الکترون‌های خود را به یون‌های **مس (II)** داده و به صورت یون **آهن (II)** وارد محلول می‌شود (علت **سبز شدن محلول**) در نتیجه از جرم میخ کاسته شده و فلز **مس قرمز** نیز ایجاد می‌شود.



(۳) معادله موازن شده آزمایش به صورت مقابل است :

بنابر آزمایش فوق در مقایسه واکنش پذیری فلزات در شرایط یکسان داریم :  $\text{Fe} > \text{Cu}$

**تذکر:** به لحاظ **تجربی** نیز فلز آهن زودتر از فلز مس دچار واکنش می‌شود و وسائل آهنی عمر کوتاه تری نسبت به وسائل مسی دارند.

## با هم بیند یشیم

ص ۲۰ کتاب

در جدول زیر واکنش پذیری سه دسته از فلزها با هم مقایسه شده است. با توجه به آن، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

واکنش پذیری			رفتار
ناچیز	کم	زیاد	
مس ، نقره ، طلا	آهن ، روی	سدیم ، پتاسیم	نام فلز

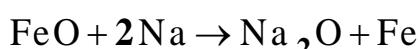
الف) در شرایط یکسان کدام فلزها برای تبدیل شدن به کاتیون تمایل کمتری دارند؟ **مس ، نقره ، طلا**

ب) در شرایط یکسان کدام فلز در هوای مرطوب ، سریع تر واکنش می دهد؟ **و**

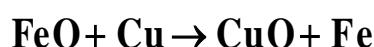
پ) تأمین شرایط نگه داری کدام فلزها دشوارتر است؟ چرا؟ **سدیم و پتاسیم چون فعالیت شیمیایی آن ها زیاد است.**

ت) درباره درستی جمله زیر ، نخست گفت و گو نموده سپس بر اساس آن مشخص کنید کدام واکنش زیر(I) یا (II) انجام می شود؟ چرا؟

«به طور کلی در هر واکنش شیمیایی که به طور طبیعی انجام می شود، واکنش پذیری فراورده ها از واکنش دهنده ها کمتر است.»



انجام پذیر است : **✓**



واکنش نمی دهد : **✗**

واکنش در صورتی انجام می شود که واکنش پذیری واکنش دهنده ها از فراورده ها بیشتر باشد یعنی مواد با انجام واکنش های شیمیایی به حالت پایدارتر با واکنش پذیری کمتر می رسد.

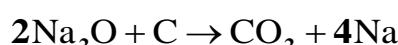
اولی انجام پذیر است زیرا فلز سدیم فعالتر از آهن است و تمایل به تشکیل ترکیب در آن بیشتر است.

دومی انجام ناپذیر است زیرا مس فعالیت کمتری در مقایسه با آهن دارد.

ث) در هر یک از واکنش های زیر، واکنش پذیری مواد واکنش دهنده را با مواد فراورده مقایسه کنید.



انجام پذیر است : **✓**



واکنش نمی دهد : **✗**

اولی انجام پذیر است زیرا نافلز کربن فعالتر از آهن است و تمایل به تشکیل ترکیب در آن بیشتر است.

دومی انجام ناپذیر است زیرا کربن فعالیت کمتری در مقایسه با سدیم دارد.

**نکته:** برای استخراج فلز **Fe** از **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** می توان از واکنش **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2Na → Na<sub>2</sub>O + Fe** با عنصر **کربن** بهره برد.

**نکته:** برای استخراج فلزات پایین تر از **کربن** (طبق جدول فوق) می توان ترکیبات آن ها را در **حرارت زیاد با کربن** واکنش داد. مثلاً برای

استخراج فلز آهن از کانی **هماتیت** به جهت این که **دسترسی** به کربن آسان تر است و **صرفه اقتصادی** بیشتر می توان از واکنش **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 3C → 2Fe + 3CO<sub>2</sub>** با



عنصر **کربن** بهره برد.

**نکته:** **فلزها** از جمله هدایای زمینی هستند که **اغلب** در طبیعت به شکل **سنگ معدن** یافت می شوند. در کشور ما فولاد مبارکه ، مس سرچشمه

، آلومینیم ارak و منیزیم خراسان از جمله مجتمع های صنعتی هستند که برای استخراج فلزها بنا شده اند.

**نکته:** برای استخراج فلزات **بالاتر از کربن** از فرایندی به نام **برقکافت** استفاده می شود که در سال آینده با آن آشنا می شوید.

### یاد آوری : ( حل مسائل به روش استوکیومتری )

**تعریف :** **استوکیومتری واکنش** : به بخشی از دانش شیمی که به **ارتباط کمی** میان مواد شرکت کننده ( واکنش دهنده ها و فراورده ها ) در

هر واکنش می پردازد ، **استوکیومتری واکنش** می گویند. دانشی که کمک می کند تا شیمی دان ها و مهندسان در **آزمایشگاه و صنعت** با

بهره گیری از آن ، مشخص کنند که برای تولید **مقدار معینی** از یک فراورده به **چه مقدار** از هر واکنش دهنده نیاز است .

**ضریب استوکیومتری :** به هر یک از ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله **موازن** شده ، **ضریب استوکیومتری** می گویند.

**عامل تبدیل** در بیشتر موارد یک **کسر واحد** (کسری که صورت و مخرج آن مقادیر **یک کمیت با دو یکای مختلف** را بیان می‌کند) است.

$$\text{عامل تبدیل} \times \text{داده مسئله} = \text{خواسته مسئله}$$

**نکته:** یکای **خواسته** شده در مسئله باید با یکای به دست آمده از حاصل ضرب داده مسئله در عامل تبدیل **یکسان** باشد.

**نکته:** کسرهای موجود در استوکیومتری واکنش از روی **ضرایب** مواد شرکت کننده در یک معادله موازن شده (ضرایب استوکیومتری) نوشته می‌شوند. این کسرها **غیر واحد** هستند زیرا صورت و مخرج کسر، دو ماده **مختلف** را نشان می‌دهد.

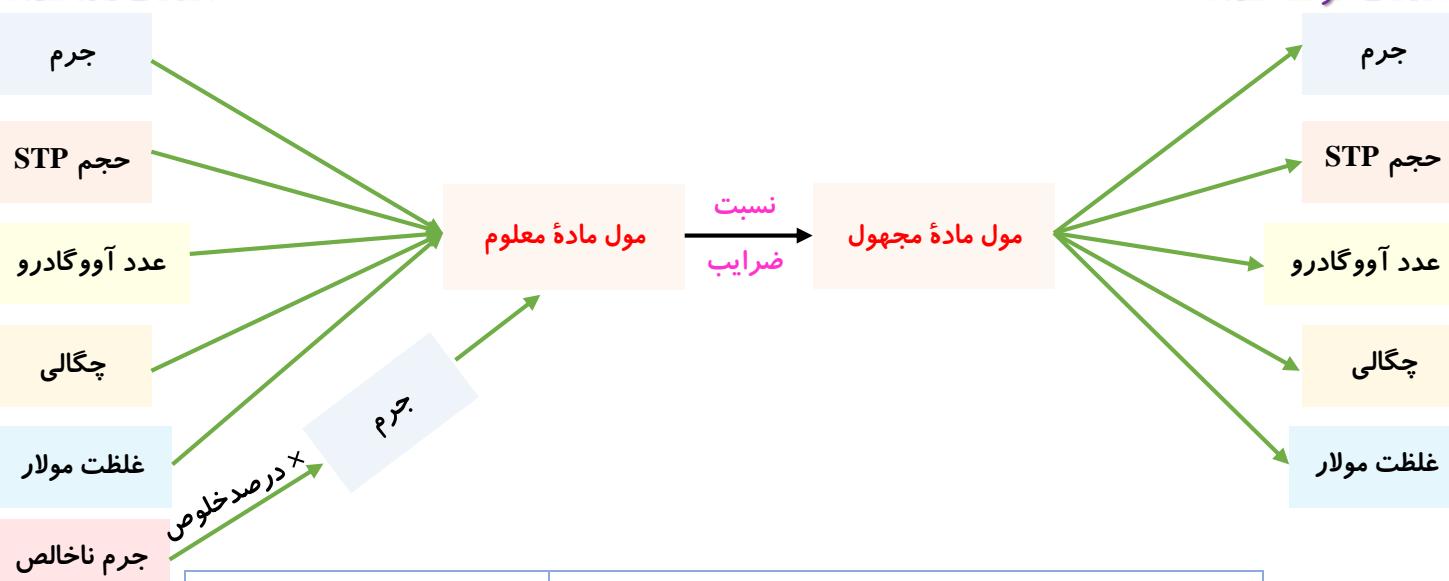
مثال: در واکنش  $2\text{NH}_3(g) + 3\text{CuO}(s) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{Cu}(s) + 3\text{H}_2\text{O}(g)$  کسرهای تبدیل به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{2\text{molNH}_3}{3\text{molCuO}}, \frac{2\text{molNH}_3}{3\text{molH}_2\text{O}}, \frac{2\text{molNH}_3}{3\text{molCu}}, \frac{2\text{molNH}_3}{1\text{molN}_2}, \frac{3\text{molCu}}{3\text{molCuO}}, \frac{3\text{molH}_2\text{O}}{3\text{molCuO}}, \frac{2\text{molN}_2}{3\text{molCuO}}, \frac{3\text{molH}_2\text{O}}{\text{molN}_2}, \frac{3\text{molCu}}{\text{molN}_2}$$

از طریق نمودارهای زیر نیز می‌توانیم توسط اطلاعات داده شده در مسئله استفاده و نموده و مقادیر خواسته شده را بدست می‌آوریم:

اطلاعات داده شده:

اطلاعات خواسته شده:



تناسب مناسب	نوع اطلاعات داده شده در مورد ماده
$\frac{\text{تعداد مول}}{\text{ضریب مولی}}$	تعداد مول
$\frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}}$	جرم بر حسب گرم
$\frac{\text{حجم (L)}}{\text{ضریب مولی} \times 22/4}$	حجم گاز بر حسب لیتر در شرایط STP
$\frac{\text{حجم (L)} \times d}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}}$	حجم گاز بر حسب لیتر با چگالی d (گرم بر لیتر)
$\frac{\text{شمار ذره}}{\text{ضریب مولی} \times N_A}$	شمار ذرات (atom, molecule, ion ...)

$$\frac{\text{تعداد مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{در صد خلوص} \times \text{(g) جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{شمار ذره}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب} \times N_A} = \frac{\text{(STP) حجم (L)}}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{\text{چگالی} \times \text{(L) حجم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}$$

## درصد خلوص

در صنعت و آزمایشگاه، **اغلب** واکنش دهنده‌ها **ناخالص هستند**. به بیان دیگر، علاوه بر ماده شیمیایی مورد نظر، برخی ترکیب‌های دیگر نیز در آن‌ها وجود دارند.

شیمی دان‌ها برای بیان میزان **خلوص** یک نمونه، از **درصد خلوص** استفاده می‌کنند.

در حین کار در آزمایشگاه و صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک ماده خالص، **همواره** باید مقدار **بیشتری** از ماده **ناخالص** در دسترس را به کار برد. با استفاده از رابطه **درصد خلوص** و محاسبات کمی، می‌توان مقادیر مورد نیاز از ماده ناخالص را به دست آورد.

$$\frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times 100 = \text{درصد خلوص}$$

مثال: از واکنش یک تن  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  با مقدار کافی از کربن، انتظار می‌رود چند تن آهن تولید شود؟ ( $\text{Fe}=56$ ،  $\text{O}=16$  :  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )



$$\text{?ton Fe} = 1 \text{ton Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{1000 \text{kg}}{1 \text{ton}} \times \frac{1000 \text{g}}{1 \text{kg}} \times \frac{1 \text{mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{4 \text{mol Fe}}{2 \text{mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{56 \text{g Fe}}{1 \text{mol Fe}} \times \frac{1 \text{kg}}{1000 \text{g}} \times \frac{1 \text{ton}}{1000 \text{kg}} = 0.7 \text{ton Fe}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{1 \text{ ton}}{2 \times 160} = \frac{X(\text{g})}{4 \times 56} \Rightarrow X = 0.7 \text{ ton Fe}$$

برای حل مسائل مربوط به درصد خلوص از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

**الف: اگر فراورده مجهول باشد:**

$$\text{جرم مولی فراورده} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{درصد خلوص}} \times \frac{100}{\text{یک مول واکنش دهنده}} = \text{مقدار فراورده بر حسب گرم} \quad \textcircled{1}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\text{درصد خلوص} \times (\text{g}) \text{ جرم ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{X(g)}}{\text{جرم فراورده}}$$

مثال: ۲۰۰ گرم کلسیم کربنات با درصد خلوص ۷۵٪ به طور کامل حرارت داده می‌شود، چند گرم ماده جامد بر جای می‌ماند؟



راهنمایی: جرم جامد باقی مانده با تفاوت جرم اولیه واکنش دهنده ناخالص و جرم گاز خارج شده از واکنش برابر است.

$$\textcircled{1} \quad 200 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{75}{100} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 66 \text{ g CO}_2$$

$$200 - 66 = 134 \text{ g} \quad \text{مقادیر جامد باقی مانده}$$

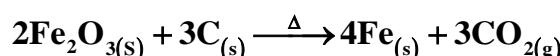
$$\textcircled{2} \quad \frac{200 \times 0.75}{1 \times 100} = \frac{X(\text{g})}{1 \times 44} \Rightarrow X = 66 \text{ g CO}_2 \Rightarrow 200 - 66 = 134 \text{ g} \quad \text{جرم جامد باقی مانده} \Rightarrow 134 \text{ g}$$

**ب: اگر واکنش دهنده مجهول باشد:**

$$\text{جرم مولی فراورده} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{درصد خلوص}} \times \frac{100}{\text{یک مول واکنش دهنده}} = \text{مقدار فراورده بر حسب گرم} \quad \textcircled{1}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\text{درصد خلوص} \times (\text{g}) \text{ جرم ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{X(g)}}{\text{جرم فراورده}}$$

مثال: برای تهیه ۱۱۲ گرم فلز آهن چند گرم هماتیت ۸۰٪ مطابق واکنش لازم است؟ ( $\text{Fe}=56$ ،  $\text{O}=16$  :  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )



$$\textcircled{1} 112 \text{ g Fe} = X \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{4 \text{ mol Fe}}{2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \Rightarrow X = 200 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$

$$\textcircled{2} \frac{X \text{ g} \times 0/8}{2 \times 160} = \frac{112 \text{ g}}{4 \times 56} \Rightarrow X = 200 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$

**پ: اگر درصد خلوص مجھول باشد:**

$$\textcircled{1} \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{گرم واکنش دهنده}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} = \text{مقدار فراورده بر حسب گرم}$$

$$\textcircled{2} \frac{\text{جرم فراورده (g)}}{\text{جرم مولی فراورده}} = \frac{\text{جرم فراورده (g)}}{\text{جرم مولی فراورده} \times \text{ضریب مولی فراورده} \times 22/4}$$

مثال: ۲۴/۵ گرم پتاسیم کلرات ناخالص حرارت داده می شود پس از تجزیه کامل به شرطی که ناخالصی ها در واکنش شرکت نکنند ۳/۳۶ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP تولید می شود، درصد خلوص پتاسیم کلرات را به دست آورید. ( $K=39$ ,  $O=16$ ,  $Cl=35/5 : g.mol^{-1}$ )



$$\textcircled{1} \frac{3/36 \text{ L O}_2}{24/5 \text{ g KClO}_3} = \frac{X}{100} \times \frac{1 \text{ mol KClO}_3}{122/5 \text{ g KClO}_3} \times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KClO}_3} \times \frac{22/4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \Rightarrow 50\% = \text{درصد خلوص}$$

$$\textcircled{2} \frac{24/5 \text{ g} \times \frac{X}{100}}{2 \times 122/5} = \frac{3/36 \text{ L}}{3 \times 22/4} \Rightarrow 50\% = \text{درصد خلوص}$$

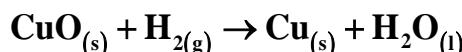
**ت: اگر هم برای فراورده و هم واکنش دهنده درصد خلوص داده شده باشد:**

$$\textcircled{1} \frac{\text{درصد خلوص}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{گرم فراورده}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} = \text{مقدار فراورده}$$

$$\textcircled{2} \frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم فراورده (g)}}{\text{جرم مولی فراورده} \times \text{ضریب مولی}}$$

مثال: اگر در شرایط STP برای آزاد شدن ۲۴ گرم مس با درصد خلوص ۴۰٪، در حضور مقدار کافی گاز هیدروژن در واکنش با ۴۰ گرم

مس (II) اکسید ناخالص لازم باشد، درصد خلوص مس (II) اکسید را به دست آورید. ( $Cu=64$ ,  $O=16 : g.mol^{-1}$ )



$$\textcircled{1} \frac{24 \text{ g Cu}}{100} = 40 \text{ g CuO} \times \frac{X}{100} \times \frac{1 \text{ mol CuO}}{80 \text{ g CuO}} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol CuO}} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} \Rightarrow X = 45\%$$

$$\textcircled{2} \frac{40 \text{ g} \times \frac{X}{100}}{1 \times 80} = \frac{24 \text{ g} \times 0/6}{1 \times 64} \Rightarrow X = 45\%$$

### بازده درصدی واکنش:

در **بسیاری** از واکنش های شیمیایی که برای تهیه مواد شیمیایی به کار می روند، **معمولًاً** مقدار **فراورده** بدست آمده از واکنش در شرایط آزمایشگاهی یا در صنعت، **کمتر** از مقدار محاسبه شده (مقدار مورد **انتظار** یا مقدار **نظری**) است.

**سؤال:** چرا مقدار فراورده معمولاً کمتر از مقدار مورد انتظار (مقدار نظری) است؟

(۱) ایجاد واکنش های جانبی در حین انجام واکنش شیمیایی اصلی

(۲) انجام نشدن واکنش بطور کامل

(۳) اشکال در جداسازی مواد از یکدیگر

(۴) وجود مواد فرآر یا زود جوش (یعنی دمای جوش پایین برخی از مواد) که می تواند باعث کاهش مقدار فراورده مورد نظر باشد.

تعریف: **به مقدار فراورده موره انتظار در هر واکنش، (که از محاسبات استوکیومتری موره انتظار است) مقدار نظری می گویند.**

**تعریف:** به مقدار فراورده ای که در هر واکنش در عمل به دست می آید، **مقدار عملی** می گویند.

**نکته:** همواره مقدار عملی از مقدار نظری کمتر است و در بهترین حالت ممکن مقدار عملی با مقدار نظری برابر است. در واقع بازده درصدی واکنش های شیمیایی کمتر از صد درصد است.

**نکته:** بازده درصدی یک واکنش با استفاده از رابطه مقابله باست می آید:

**نکته:** شیمی دانها همواره به دنبال افزایش بازده درصدی واکنش های شیمیایی در صنعت و آزمایشگاه هستند.

**نکته:** در رابطه بازده درصدی واکنش که در بالا نوشته شده است، **همواره** صورت و مخرج کسر، یکای **یکسانی** دارند و خود کمیت در این فرمول متغیر است. یعنی گاهی **حجم**، گاهی **حجم مولی** با هم مقایسه می شود.

چند دسته از مسائل بازده درصدی به ما داده می شود که برای حل مسائل مربوط طبق راهبردهای زیر عمل می کنیم:

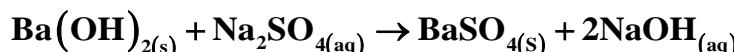
**دسته اول:** مسائلی که در آنها، مقدار عملی داده می شود و بازده درصدی مورد سوال است. در این گونه از مسائل، با توجه به مقدار واکنش دهنده مقدار نظری تولید فراورده مورد نظر محاسبه می شود و با توجه به رابطه فوق، بازده درصدی واکنش بدست خواهد آمد.

$$\textcircled{1} \quad \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{R}{100}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\text{جم}}{\text{جم مولی فراورده}} = \frac{\frac{100}{R}}{\text{جم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$$

مثال: هر گاه ۱۷/۱ گرم  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  را به مقدار زیادی محلول **سدیم سولفات** اضافه نماییم ۲۰/۹۷ گرم رسوب  $\text{BaSO}_4$  تولید می شود،

مقدار نظری و بازده درصدی واکنش را به دست آورید؟ ( $\text{H}=1, \text{S}=32, \text{Ba}=137, \text{O}=16 : \text{g.mol}^{-1}$ )



$$\textcircled{1} \quad 20/97 \text{ g BaSO}_4 = 17/1 \text{ g Ba(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{171 \text{ g Ba(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} \times \frac{233 \text{ g BaSO}_4}{1 \text{ mol BaSO}_4} \times \frac{R}{100} \Rightarrow R = \% ۹۰$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{17/1}{1 \times 171} = \frac{\frac{100}{R} \times 20/97}{1 \times 233} \Rightarrow R = 90\%$$

**دسته دوم:** مسائلی که در آنها، بازده درصدی داده می شود و مقدار عملی باید محاسبه شود. در این صورت با توجه به روابط استوکیومتری، مقدار نظری فراورده مورد نظر محاسبه می شود و با توجه به رابطه بازده درصدی مقدار مجھول محاسبه می شود.

$$\textcircled{1} \quad \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{یک مول}}{100} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}} = \text{مقدار عملی فراورده (X)}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\text{جم}}{\text{جم مولی فراورده}} = \frac{\frac{100}{R} \times \text{X}}{\text{جم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$$

مثال: در اثر تجزیه ۴۰/۴ گرم پتاسیم نیترات در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  با بازده ۸۰٪ چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP آزاد می شود؟



$$\textcircled{1} \quad (X) = 40/4 \text{ g KNO}_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{22/4 \text{ L}}{1 \text{ mol O}_2} = 8/96 \text{ L O}_2$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{40/4}{4 \times 101} = \frac{\frac{100}{80} \times (L)}{5 \times 22/4} \Rightarrow \text{حجم عملی فراورده} = 8/96 \text{ L}$$

**دسته سوم:** مسائلی که در آنها هم مقدار عملی و هم بازده درصدی داده می شود که در این صورت مقدار واکنش دهنده مورد سؤال است.

$$\text{جرم مولی فراورده} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{بازده درصد خلوص}}{100} \times \frac{\text{گرم واکنش دهنده}}{100} = \frac{\text{مقدار عملی فراورده}}{\text{بازده درصد خلوص}} \times \frac{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}}{\text{یک مول فراورده}}$$

$$\text{جرم مولی فراورده} = \frac{\text{مقدار خلوص} \times \text{X}}{\text{ضریب مولی فراورده}} = \frac{\frac{100}{R} \times \text{جرم واکنش دهنده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$$

مثال : چند گرم آهن با درصد خلوص ۷۰ % در مقدار زیادی محلول هیدروکلریک اسید حل شود تا ۵/۶ لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP و بازده ۸۰ درصد آزاد شود؟ (Fe=56 : g.mol<sup>-1</sup>)

$$\text{Fe}_{(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{FeCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$$

$$(1) \frac{5/6 \text{ L H}_2}{\text{X g Fe}} \times \frac{70}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Fe}} \times \frac{22/4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \Rightarrow \text{g Fe} = 25 \text{ g}$$

$$(2) \frac{\text{X g Fe} \times 0/7}{56 \times 1} = \frac{\frac{100}{R} \times 5/6}{22/4 \times 1} \Rightarrow \text{g Fe} = 25 \text{ g}$$

مثال : ۹۰۰ کیلوگرم از برگ درختان صنوبر که حاوی گلوکز با درصد خلوص ۲۰ % است وارد فرایند تخمیر بی هوایی می شود تا ۲۳ گرم الكل تولید شود، بازده درصدی واکنش را به دست آورید. (H=1, O=16, C=12 : g.mol<sup>-1</sup>)



$$(1) 23 \text{ g} = 900 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{0/2}{100} \times \frac{R}{100} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \Rightarrow R = 2/5\%$$

$$(2) \frac{900 \times 1000 \times 0/2}{180 \times 1} = \frac{\frac{100}{R} \times 23}{46 \times 2} \Rightarrow R = 2/5\%$$

مثال : یکی از راه های تهیه سوخت سبز، استفاده از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب زمینی و ذرت است. واکنش بی هوایی تخمیر گلوکز، از جمله واکنش هایی است که در این فرایند رخ می دهد.

حساب کنید از تخمیر ۱/۵ تن گلوکز موجود در پسماندهای گیاهی، چند تن سوخت سبز (اتانول) با بازده ۸۰ درصد تولید می شود؟

$$(1) X \text{ ton} = 1/5 \text{ ton} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{80}{100} \times \frac{1 \text{ mol}}{180 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{46 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \Rightarrow X = 0/62 \text{ ton}$$

$$(2) \frac{1/5 \times 1000 \times 1000}{180 \times 1} = \frac{\frac{80}{100} \times X (\text{ton})}{46 \times 2} \Rightarrow X = 0/62 \text{ ton}$$

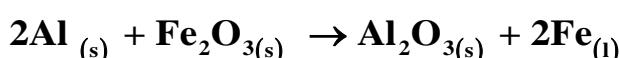
نکته : امروزه مزارع زیادی را برای تهیه سوخت سبز، روغن و خوراک دام به کشت ذرت اختصاص می دهند.

ص ۲۴ کتاب



## خود را بیازمایید

(۱) یکی از واکنش هایی که در صنعت جوشکاری از آن استفاده می شود واکنش ترمیت است.



الف) مشخص کنید کدام فلز فعال تر است، آلومینیم یا آهن؟ چرا؟

واکنش پذیری فلز آلومینیم از آهن بیشتر است زیرا واکنش ترمیت به طور طبیعی انجام می شود و آلومینیم توانسته در واکنش با آهن یک ترکیب تولید کند و واکنش انجام شود

(ب) حساب کنید برای تولید ۲۸۰ گرم آهن، چند گرم آلومینیم با خلوص ۸۰ درصد لازم است؟

$$(1) g \text{ Al} = 280 \cdot g \text{ Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{2 \text{ mol Al}}{2 \text{ mol Fe}} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} \times \frac{100 \text{ g Al}}{80 \text{ g Al}} \Rightarrow g \text{ Al} = 168/75 \text{ g Al}$$

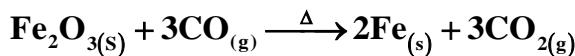
$$(2) \frac{280}{56 \times 2} = \frac{\frac{100}{R} \times X}{27 \times 2} \Rightarrow g \text{ Al} = 168/75 \text{ g Al}$$

نکته : از آهن مذاب تولید شده در واکنش ترمیت برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می شود.

**توضیحات بیشتر:** جوشکاری ترمیت به مجموعه فرایندهایی گفته می‌شود که در آن جوش، از فلز مذابی که توسط یک واکنش شیمیایی به شدت گرمزا به وجود آمده است، تشکیل می‌شود. برای انجام واکنش از یک پودر (باریم پراکسید) که به سرعت محترق شده به عنوان چاشنی استفاده می‌شود که گرمای لازم برای شروع واکنش را فراهم می‌آورد. در واکنش ترمیت فلز آلومینیم با آهن (III) اکسید یا اکسید فلزات واسطه دیگر وارد واکنش می‌شود.

**کاربردهای آهن (III) اکسید:** ۱) استفاده در واکنش ترمیت<sup>۲</sup> به عنوان رنگ قرمز در نقاشی.

۲) آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می‌رود. از واکنش ۰ ۱ کیلوگرم از این ماده با گاز کربن مونوکسید طبق معادله زیر، ۵۲۰ گرم آهن به دست آمده است. بازده درصدی واکنش را به دست آورید.



$$(1) 520.0 \text{ g Fe} = 1 \cdot \text{kg Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{\text{R}}{100} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} \Rightarrow \text{R} = 74/28\%.$$

$$(2) \frac{10 \times 1000}{160 \times 1} = \frac{100 \times 5200}{56 \times 2} \Rightarrow \text{R} = 74/28\%$$

۳) یکی از روش‌های بیرون کشیدن فلز از لای 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. به این گیاهان گیاه پالا می‌گویند. در جدول زیر، داده‌هایی درباره این روش ارائه شده است. با توجه به آن:

نماد شیمیایی فلز	قیمت هر کیلوگرم فلز (ریال)	بیشترین مقدار فلز در یک کیلوگرم از گیاه (گرم)	درصد فلز در سنگ معدن
Au	۱۲۰۰۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰	۱۴	۰/۵
Zn	۱۵۵۰۰	۴۰	۵

(الف) در صورتی که در پالایش طلا به کمک گیاهان، در هر هکتار بتوان ۲۰ تن گیاه برداشت کرد؛ حساب کنید در هر هکتار چند گرم طلا از زمین بیرون کشیده می‌شود.

۱) یک کیلوگرم از گیاهی که برای پالایش نیکل به کار می‌رود، ۱۵۹ گرم خاکستر می‌دهد؛ درصد نیکل را در این خاکستر حساب کنید.

$$\frac{38}{159} \times 100 = \% 23/9 = \text{درصد خلوص}$$

۲) این روش برای استخراج فلزهای روی و نیکل مقوون به صرفه نیست، در این مورد گفت و گو کنید.

**چون درصد این فلزات در کانه‌های سنگی آن به اندازه‌ای است که استخراج از معادن آن صرفه اقتصادی بیشتری دارد. همچنین حجم گیاه مصرفی نسبت به درصد و قیمت ارزش ریالی این فلزات مقرر به صرفه نیست و سطح زیادی از زمین باید زیر کشت برود.**

**پیوند با صنعت:** (گنج‌های اعمق دریا)

نیاز روز افزون جهان به منابع شیمیایی و کاهش میزان این منابع در **سنگ کره**، شیمی‌دان‌ها بر آن داشت تا در جستجوی منابع تازه باشند. **بستر اقیانوس‌ها** منبعی غنی از منابع **فلزی** گوناگون است. منابعی که انسان به تازگی آن را کشف کرده است.

این منابع در برخی جاها به صورت **سولفید** چندین فلز واسطه و در برخی مناطق دیگر به صورت **کلوخه‌ها و پوسته‌های غنی** از فلزاتی مانند منگنز، کبات، آهن، نیکل، مس و ... است. غلظت **بیشتر** گونه‌های فلزی موجود در کف اقیانوس نسبت به **ذخایر زمینی**، امکان به صرفه بودن و بهره برداری از این منابع را نوید می‌دهد.

پیش‌بینی می‌شود **اکتشاف** و **بهره برداری** از منابع شیمیایی بستر دریا به یکی از صنایع کلیدی و تأثیرگذار در **روابط کشورها** تبدیل شود.



میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از  
اکیانوس آرام در سطح بستر یا نیمه

(الف) جست وجو برای شناسایی بستر دریا (ب) کلوخه‌های غنی از منگنز و دیگر فلزهای واسطه (پ) ستون‌های سولفیدی فرو رفته در بستر پراکنده شده است.

## جريان فلز بين محیط زیست و جامعه

**طبیعت** منشأ و منبع هدایای گران بهایی است که خداوند آن را به انسان‌ها عطا کرده است.

انسان با بهره‌گیری از توانایی‌های وجودی خود و منبع هدایای گران بها در طبیعت، از این هدایا برای برآورده کردن نیازهای خود به شکل‌های گوناگون استفاده می‌کند. **استخراج فلز** از سنگ معدن آن یکی از این روش‌ها است.

بر اساس توسعهٔ پایدار باید در تولید یک مادهٔ یا عرضهٔ خدمات، همهٔ **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 آن صورت در مسیر **پیشرفت پایدار** حرکت می‌کنیم؛

هر گاه رفتارهای ما به جامعه‌ای که در مسیر پیشرفت است در مسیر **حفظ محیط زیست** باشد و **آسیب کمتری** به آن وارد کند و **ردپای زیست محیطی** را کاهش دهد آن گاه چنین جامعه‌ای در مسیر **توسعه پایدار** است.

ضرب المثل «**دیگران کاشتند و ما خوردیم، ما بکاریم تا دیگران بخورند**» یک ضرب المثل کاربردی برای لزوم توسعهٔ پایدار را نه تنها در زمان حال بلکه ضروری بودن آن برای در نظر گرفتن منابع برای آینده‌گان مورد تاکید قرار داده است.

جامعه‌پایدار جامعه‌ای است که اقتصاد آن **شکوفا** باشد و در عین حال به **محیط زیست آسیب کمتری** بزند و مردم به **اخلاق آراسته** و به **خوش نامی** معروف باشند.



با هم بینند یشیم ص ۲۷ و ۲۸ کتاب

در شکل زیر فرایند استخراج فلز از طبیعت و بازگشت آن به طبیعت نشان داده شده است. با گفت و گو درباره آن، پاسخ پرسش‌های زیر را بیابید.



(الف) آیا آهنگ مصرف و استخراج فلز با آهنگ بازگشت فلز به طبیعت به شکل سنگ معدن یکسان است؟ توضیح دهید.

خیر، آهنگ مصرف و استخراج فلز بسیار سریع تراز آهنگ برگشت فلز به طبیعت است. زیرا آهنگ تبدیل فلز به زنك فلز و خوردگی و تبدیل به سنگ معدن در شرایط معمولی بسیار آهسته رخ می‌دهد.

(ب) فلزها، منابعی تجدیدپذیرند یا تجدیدناپذیر؟ چرا؟ تجدید ناپذیرند، زیرا آهنگ خوردگی و تبدیل به سنگ معدن آهسته بوده و هزاران به طول می‌انجامد و به طور معمول فلزات را تجدید ناپذیر می‌نامیم.

بازگردانی فلز به **۲** صورت انجام می‌گیرد:

**۱- فرایند طبیعی:** فلز با گذشت زمان طی خوردگی و فرسایش به خاک برگرد و تبدیل به سنگ معدن شود و دوباره وارد چرخه استخراج و تولید فلز گردد.

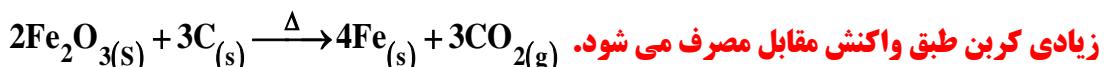
**۲- بازیافت:** به آماده‌سازی مواد برای بهره برداری دوباره بازیافت گفته می‌شود.



پ) درباره شکل مقابله گفت و گو و مشخص کنم کدام عبارت‌ها درست و کدام‌ها نادرست‌اند؟ چرا؟

- بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن :

۱- ردپای کربن دی اکسید را کاهش می‌دهد. درست، زیرا به هنگام تولید اولیه فلز آهن مقدار



۲- سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می‌شود. درست، افزایش کربن دی اکسید که یک گاز گلخانه‌ای است، سبب افزایش دمای زمین می‌شود و با بازیافت فلزها از افزایش دمای زمین جلوگیری گرد.

۳- گونه‌های زیستی بیشتری را از بین می‌برد. نادرست، بازیافت کمک به کاهش گرمای زمین و مانع از بین رفتن معادن و کوه‌ها می‌شود.

۴- به توسعه پایدار کشور کمک می‌کند. درست، سبب کاهش هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌شود.

**نکته:** در استخراج فلز تنها **درصد کمی** از سنگ معدن به فلز تبدیل می‌شود. برای مثال در استخراج ۱۰۰۰ کیلوگرم آهن از سنگ معدن، ۲۰۰۰ کیلوگرم سنگ معدن آهن و ۱۰۰۰ کیلوگرم از منابع **معدنی** دیگر استفاده می‌شود.

**نکته:** پسماند سرانه سالانه فولاد ۴۷ کیلوگرم است.

**نکته:** از بازگردانی تنها **۷** قوطی **فولادی** آنقدر انرژی ذخیره می‌شود که می‌توان یک لامپ **۶۰** واتی را در حدود **۲۵** ساعت روشن نگه داشت.

### نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

در اوخر سده **۱۸** میلادی شیمی‌دان‌ها با ماده‌ای روبه رو شدند که **رفتار** آن به مواد شناخته شده آن زمان **شبیه نبود**. ماده‌ای که بعدها **نفت خام** نامیده شد. این ماده یکی از **سوخت‌های فسیلی** است که به شکل **مایع غلیظ** **سیاه رنگ** یا **قهقهه ای** متمایل به سبز از دل زمین بیرون کشیده می‌شود. با گذشت زمانی کوتاه، **برخی** شیمی‌دان‌ها با بررسی نفت خام، موفق به شناسایی **برخی مواد سازنده آن، ساختار و رفتار** آن‌ها شدند. این ویژگی‌ها و رفتارها، چنان **جداب** و غیرمنتظره بود که سبب افزایش چشمگیر **پژوهش‌ها** در مورد نفت خام و نامیدن این ماده به **طلای سیاه** در سراسر جهان شد. کاربردهای جدید و مناسب برای مواد موجود در نفت خام عبارت بودند از **حل مشکل حمل و نقل شهری و ساخت داروهای قاتم** برای درمان بیماری‌های گوناگون.

### نقش‌های اساسی نفت خام :

۱- منبع تأمین انرژی و سوخت در وسائل نقلیه

۲- ماده اولیه برای تهیه بسیاری از مواد و کالاهایی است که در صنایع گوناگون از آن‌ها استفاده می‌شود.

**نکته:** حدود **نیمی** از نفتی که از چاه‌های نفت بیرون کشیده می‌شود به عنوان **سوخت در وسائل نقلیه** استفاده می‌شود.

**نکته:** بخش اعظم نیم دیگر آن برای تأمین **گرما و انرژی الکتریکی** مورد نیاز ما به کار می‌رود.

**نکته:** کمتر از **۵** درصد از نفت خام مصرفی در دنیا برای تولید **الیاف و پارچه، شوینده‌ها، مواد آرایشی و بهداشتی، رنگ، پلاستیک، مواد منفجره و لاستیک** به کار می‌رود.

**نکته:** واحد معمول اندازه گیری نفت خام بشکه است که برابر **۱۵۹** لیتر می‌باشد.

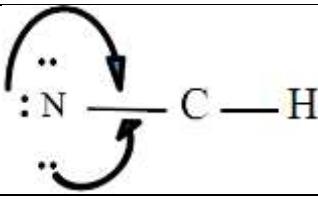
مقایسه میزان مصرف نفت خام (**طلای سیاه**) به صورت زیر است:

**سوخت وسائل نقلیه > تأمین گرما و انرژی الکتریکی > ماده اولیه برای تهیه مواد و کالاهای در صنایع گوناگون**

**نکته:** روزانه بیش از  $80/000$  بشکه نفت خام در دنیا به شکل های گوناگون مصرف می شود.

**نکته:** پژوهش ها و یافته های **تجربی** نشان می دهد که نفت خام، مخلوطی از هزاران ترکیب شیمیایی است که بخش عمده آن را **هیدروکربن** های گوناگون تشکیل می دهند. ترکیب هایی که شامل **هیدروژن** و **کربن** هستند و عنصر اصلی سازنده نفت خام **کربن** است.

**یادآوری:** ساختار لوویس مولکول ها :

HCN	SO <sub>3</sub>	مولکول
$10 = 5 + 4 + 1$	$(6 \times 3) + 6 = 24$	مجموع الکترون های لایه ظرفیت
C	S	تشخیص اتم مرکزی مطابق با جدول دوره ای
N C H	O S O O	چیدن سایر اتم ها در اطراف اتم مرکزی
N—C—H	O—S—O   O	اتصال اتم های کناری به اتم مرکزی در ابتدا با یک پیوند ساده
:N—C—H ..	:O—S—O: .. :O: .. ..	چیدن بقیه الکترون ها به دور اتم های کناری و در صورت بیشتر بودن اطراف اتم مرکزی
	:O—S—O: .. :O: .. ..	در صورت هشتایی نبودن اتم ها (جز H) برداشتن الکترون های ناپیوندی اتم های کناری و مشارکت آن ها در پیوند با اتم مرکزی
.. N≡C—H	:O=S—O: .. :O: .. ..	هشتایی شدن تمام اتم ها بجز H

ساختار لوویس یون های چند اتمی :

**نکته:** در آنیون ها الکترون ها بیشتر از مجموع الکترون های ظرفیت و در کاتیون ها کمتر می شود.



### کربن، اساس اسکلت بندی هیدروکربن ها :

عنصر کربن در خانه شماره ۶ جدول دوره ای (گروه ۱۴-دوره ۲) جای دارد اتم آن در لایه ظرفیت خود **چهار** الکtron دارد. سطح کربن **تیره** بوده و در اثر ضربه **خرد** می شود. اتم کربن رفتار منحصر به فردی دارد که آن را از اتم های دیگر جدول دوره ای **متماز** می سازد به طوری که ترکیبات شناخته شده از اتم کربن از مجموع ترکیبات شناخته شده از دیگر عنصر های جدول دوره ای **بیشتر** است. دلایل بیشتر بودن ترکیبات مربوط به عنصر کربن نسبت به سایر عناصر :

- ۱- از **چهار** جهت قادر به اشتراک گذاری با الکترون های ظرفیت سایر اتم ها است.
- ۲- اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت تایی، پیوند اشتراکی **یکانه**، **دوگانه** یا **سه گانه** با سایر اتم ها تشکیل می دهد.

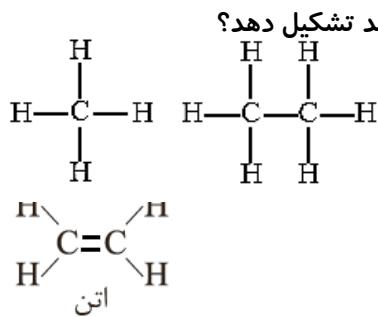
۳- کربن همچنین توانایی تشکیل **زنگیر و حلقه های کربنی** در اندازه های گوناگون را دارد.

۴- کربن می تواند به صورت **راست زنگیر** (هر کربن با یک یا دو کربن دیگر) یا **شاخه دار** (کربن به سه یا چهار کربن دیگر) متصل باشد.

۵- اتم های کربن می توانند با یکدیگر و **بدون حضور** اتم های دیگر به روش های **متفاوت** به هم متصل شده و **دگر شکل های** متفاوتی از این عنصر مانند **گرافیت، الماس** و ... را ایجاد کنند.

ص ۳۰ کتاب

## خود را بیازمایید



۱- چهار پیوند یگانه (ساده) مانند : **متان و اتان**

۲- دو پیوند یگانه و یک پیوند دو گانه مانند : **اتن**

۳- یک پیوند یگانه و یک سه گانه مانند : **هیدروژن سیانید**

۴- دو پیوند دو گانه مانند : **کربن دی اکسید**

## شیوه های نمایش یا رسم ساختار ترکیبات آلی :

برای نمایش اتم ها و نحوه اتصال آن ها به هم از روش های مختلفی استفاده می شود، هر کدام از این روش ها معاوی و مزایایی دارد؛ برخی از این روش ها به صورت زیر است :

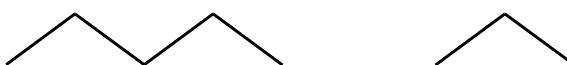
۱- **مدل فضا پرکن** : این مدل علاوه بر ترتیب وصل شدن اتم ها به یکدیگر آرایش سه بعدی اتم ها را نیز در مولکول مربوطه نشان می دهد.  
اما نمایش تعداد و وضعیت قرار گیری پیوندها در این مدل امکان پذیر نیست.

۲- **مدل گلوله - میله** : در این مدل اتم ها با گلوله و پیوندها با میله هایی که آن ها را به هم متصل می کند نمایش داده می شود. هر چند که این مدل نسبت به مدل فضا پرکن کمتر به مولکول واقعی شبیه است اما مرتبه پیوند (ساده، دو گانه و ...) در آن مشخص است.

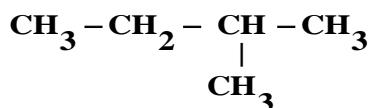
به مولکول اتن ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) که با دو مدل فضا پرکن و **گلوله - میله** نمایش داده شده است توجه کنید.  
شکل سمت راست مدل فضا پرکن و سمت چپ مدل گلوله و میله را نشان می دهد.

۳- **مدل نقطه - خط** (اسکلتی):

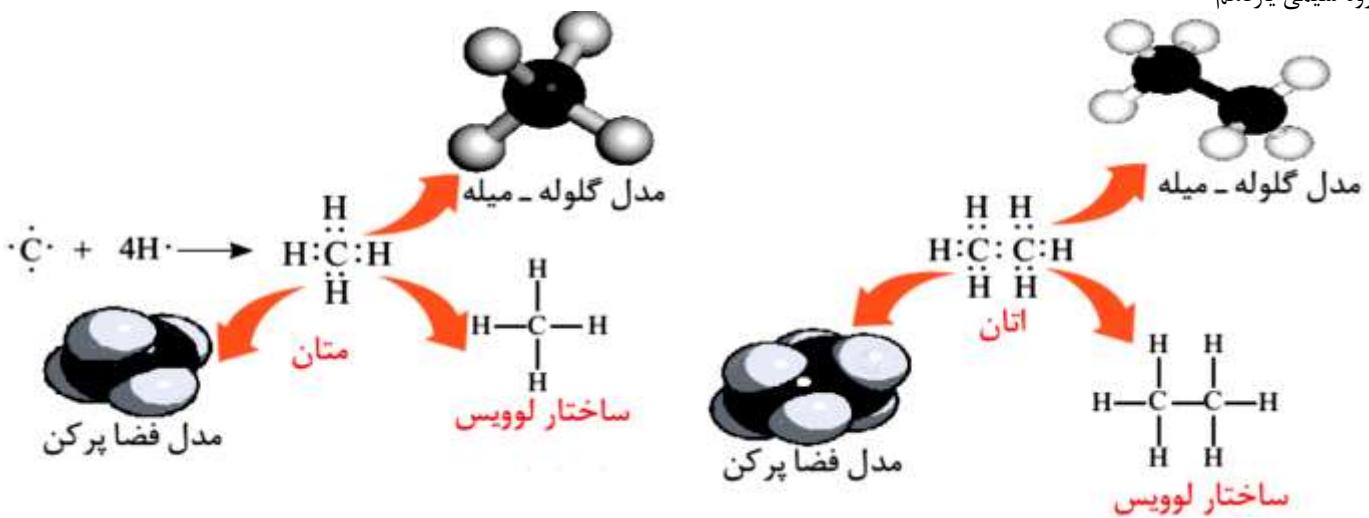
در این روش برای خلاصه نویسی و رسم سریع تر ترکیبات آلی، هر کربن در راس و هر پیوند بین کربن با یک خط نمایش داده می شود. سایر اتم ها با نماد شیمیایی خود نمایش داده می شوند. با توجه به ظرفیت هر اتم کربن که برابر ۴ است تعداد پیوندها از این ظرفیت کسر شده و تعداد ظرفیت باقی مانده برای اتم هیدروژن حساب شده و در نتیجه تعداد هیدروژن متصل به هر کربن قابل تشخیص است.



۴- **فرمول ساختاری یا پیوند - خط** : فرمول ساختاری همانند ساختار لوئیس است با این تفاوت که در فرمول ساختاری، الکترون های ناپیوندی نمایش داده نمی شود.



دیدیم که اتم کربن می تواند الکترون هایش را با اتم های دیگر به **اشتراک** بگذارد و با رسیدن به آرایش هشت تایی، پایدار شود این رفتار کربن مشابه رفتار دیگر نافلزها (نیتروژن، فسفر، گوگرد و ...) است. برای مثال ( $\text{N}_7$ ) سه پیوند اشتراکی تشکیل می دهد تا به آرایش هشت تایی برسد. اما تعداد ترکیب های شناخته شده از آن **محدود** است.



**نکته:** اتم کربن علاوه بر تشکیل پیوند اشتراکی یگانه، توانایی تشکیل پیوندهای اشتراکی دو و سه گانه را با خود و برخی اتم های دیگر دارد.



**نکته:** کربن توانایی تشکیل **زنجیر و حلقه های کربنی** را دارد، به دیگر سخن اتم های کربن می توانند با پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل شوند و زنجیرها و حلقه هایی در اندازه های **گوناگون** بسازند.



**نکته:** کربن علاوه بر تشکیل پیوند اشتراکی (کوالانسی) با خودش می تواند با نافلزات دیگر مانند **H, O, N, S** و **هالوژن ها** نیز پیوند تشکیل دهد. این ویژگی سبب شده که از کربن ترکیبات شیمیایی بی شمار بوجود آید و باعث بوجود آمدن مولکول های کربوهیدرات، چربی ها، آمینو اسیدها، آنزیم ها، پروتئین ها و ... می شود.

**نکته:** نفت خام مخلوطی شامل شمار زیادی از **هیدروکربن ها** است. در برخی از آن ها بین اتم های کربن فقط **پیوند یگانه** وجود دارد، در حالی که برخی دیگر دارای یک پیوند **سه گانه** یا دارای یک یا **چند پیوند دو گانه** هستند.

**نکته:** به دلیل **ساختار متفاوت** هیدروکربن ها انتظار می رود رفتار آن ها نیز **متفاوت** باشد.



**آلکان ها، هیدروکربن هایی با پیوند یگانه :**

**نکته:** آلکان ها دسته ای از هیدروکربن ها هستند که در آن ها هر اتم کربن با چهار پیوند **یگانه** به اتم های کناری متصل شده است و فرمول عمومی آن ها  **$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$**  و **سیر شده** هستند.

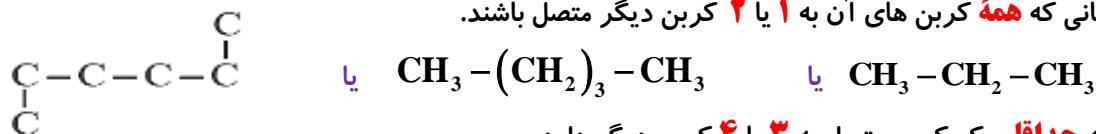
**نکته:** تعداد پیوند کووالانسی در این ترکیبات برابر  $(3n+1)$  و تعداد پیوند C-C برابر  $(n-1)$  است. (به ازای هر حلقه یک پیوند کربن-کربن اضافه می شود.)

**نکته:** متان ( $\text{CH}_4$ ) ساده ترین و نخستین عضو خانواده آلکان هاست.

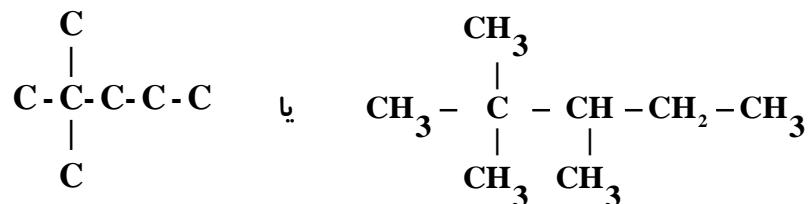
**نکته:** اعضای دیگر این خانواده شامل مولکول هایی است که شمار اتم های کربن آن ها از دو تا ده ها کربن متغیر است.

**نکته:** اتم های کربن در ساختار آلکان ها می توانند پشت سرهم و همانند یک زنجیر به هم متصل باشند؛ هرچند که برخی از آن ها به شکل شاخه جانی به زنجیر متصل می شوند. بر این اساس دو نوع آلکان داریم :

**الف) آلکان راست زنجیر:** آلکانی که همه کربن های آن به ۱ یا ۲ کربن دیگر متصل باشند.



**ب) آلکان شاخه دار:** آلکانی که حداقل یک کربن متصل به ۳ یا ۴ کربن دیگر دارد.

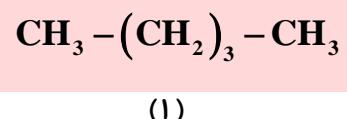
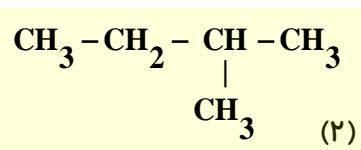
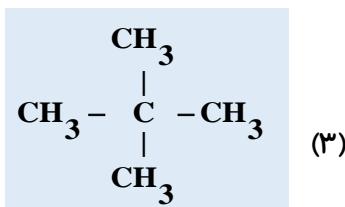


**نکته:** برای نمایش دادن فرمول آلکان ها (و همه هیدروکربن ها) از روش های زیر استفاده می شود :

نوع فرمول	مثال ۱	مثال ۲	مثال
فرمول مولکولی بسته	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	
فرمول نیمه گسترده	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\left(\text{CH}_2\right)_3-\text{CH}_3$	
فرمول گسترده	$\begin{array}{ccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\   &   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	
فرمول پیوند - خط (اسکلتی)			

**نکته:** گاهی برای یک فرمول مولکولی چند ساختار می توان رسم نمود.

مثلًا برای آلکان ۵ کربنی با فرمول مولکولی  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  سه ساختار زیر را می توان رسم کرد :

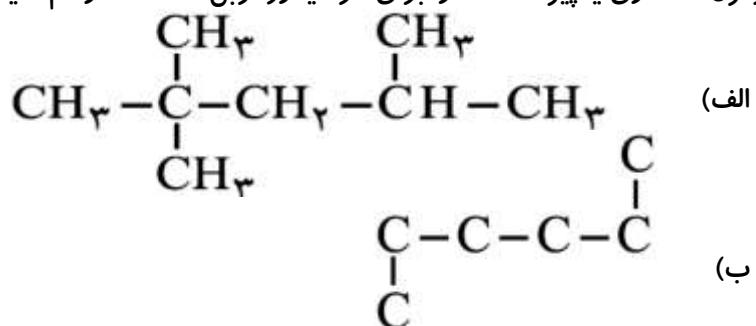
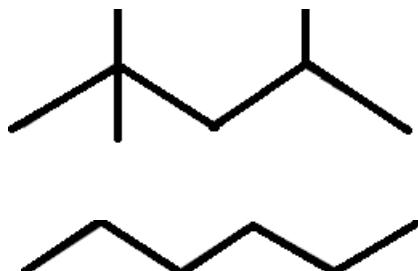


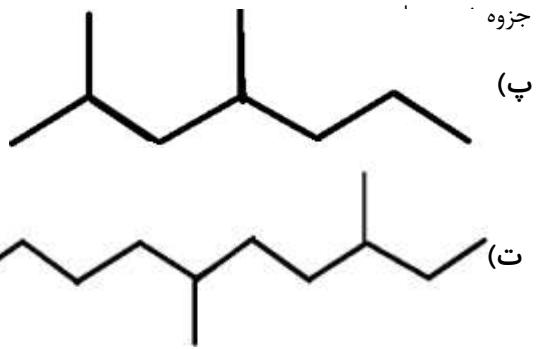
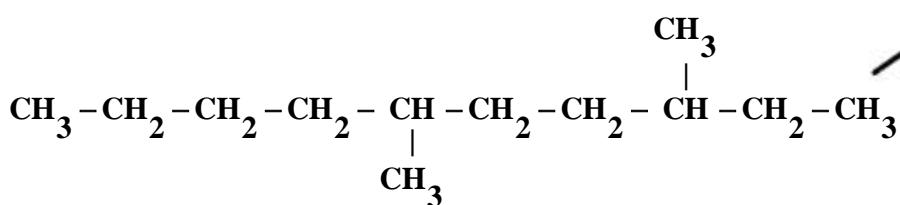
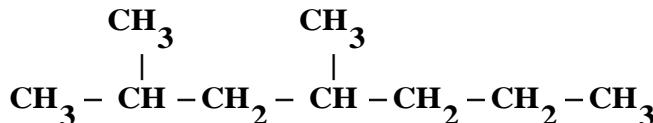
ساختار اولی را آلکان راست زنجیر و دو ساختار بعدی را آلکان شاخه دار می گویند.

ص ۳۳ کتاب

### خود را بیازمایید

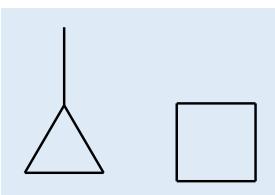
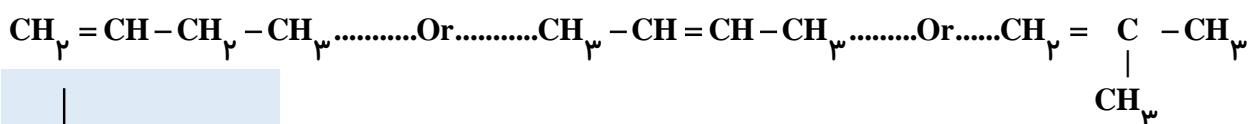
فرمول ساختاری یا پیوند - خط را برای هر هیدروکربن داده شده رسم کنید.





**نکته:** اگر در یک مولکول از هیدروکربنی مثل  $\text{C}_4\text{H}_8$  تعداد هیدروژن دو عدد کمتر از فرمول عمومی آلکان‌ها باشد، یعنی  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  دو حالت وجود دارد:

۱- ترکیب دارای یک پیوند **دوگانه** است.



۲- در ترکیب مورد نظر، کربن‌ها **حلقه** ایجاد کرده‌اند.

**نکته:** پیوندهای کووالانسی دو دسته هستند:

**نکته:** **اولین** پیوند ایجاد شده بین دو اتم، **سیگما** ( $\sigma$ ) نام دارد. تمام پیوندهای **ساده** سیگما هستند.

**نکته:** **دومین و سومین** پیوند که در اثر تشکیل پیوند **دوگانه** یا **سه‌گانه** یا **سه‌گانه** به وجود می‌آید **پای** ( $\pi$ ) نام دارد. در پیوند C-C فقط پیوند **سیگما**، در پیوند  $\text{C}=\text{C}$  **یکی سیگما و یکی پای** است و در پیوند  $\text{C}\equiv\text{C}$  **یکی سیگما و دوتا پای** وجود دارد.

**نتیجه ۱:** به ازای حضور هر پیوند **دوگانه** (هر پیوند پای) **دو** تا هیدروژن و به ازای حضور هر پیوند **سه‌گانه** به تعداد **چهار** تا **هیدروژن** از فرمول عمومی هیدروکربن کسر می‌گردد.

**نتیجه ۲:** به ازای حضور هر **حلقه** دو تا هیدروژن از فرمول عمومی هیدروکربن **کسر** می‌گردد.

### تعیین فرمول مولکولی از روی ساختار

برای نوشتن فرمول مولکولی برای هر ساختار به روش زیر عمل می‌شود:

(۱) تعداد کربن‌ها از روی ساختار **شمارش** می‌شود.

(۲) با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها که به ازای  $n$  تا کربن  $2n+2$  هیدروژن وجود دارد، تعداد هیدروژن را از روی فرمول بدست می‌آوریم. به ازای وجود هر حلقه یا پیوند پای دوتا **هیدروژن** کسر می‌شود.

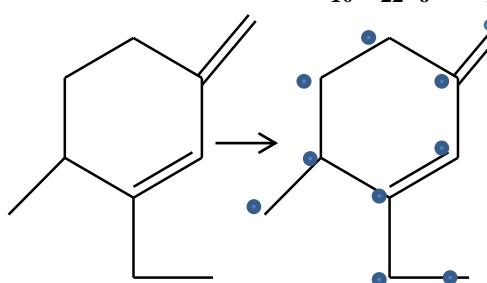
مثال فرمول مولکولی ساختار زیر را مشخص کنید؟

پاسخ: برای نوشتن فرمول مولکولی ترکیب زیر، نقاط شمارش می‌شود  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$  مطابق فرمول  $\text{C}_{10}\text{H}_{2\times 10+2}$  یعنی  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$  خواهد

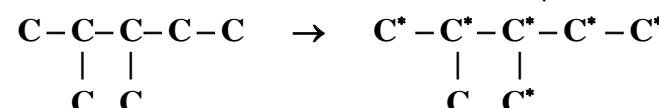
شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر دو تا و یک حلقه ۶ تا هیدروژن کسر می‌شود.

$$X = \frac{(\text{C} \times 4) + (\text{H} \times 1)}{2} : \text{تعداد پیوند کووالانسی}$$

$$X = \frac{(10 \times 4) + (16 \times 1)}{2} = \frac{56}{2} = 28 : \text{تعداد پیوند کووالانسی}$$

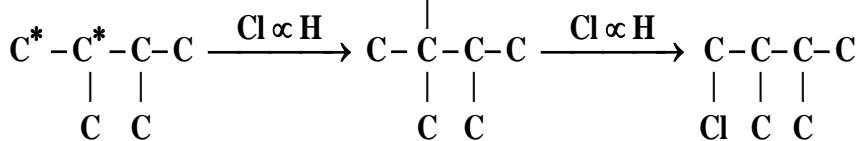


**نکته:** اگر یک اتم هالوژن بخواهد جانشین یکی از هیدروژن های یک آلкан شود، **موقعیت اتم های کربن** در آن ترکیب بسیار مهم است، مثلاً موقعیت اتم های کربن مشخص شده است، مثلاً اگر اتم کلر بخواهد جایگزین یکی از هیدروژن ها شود



ساختار متفاوت می توان رسم نمود.

اما در ترکیب  $\begin{array}{c} \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ | \quad | \\ \text{C} \quad \text{C} \end{array}$  به علت داشتن تقارن تقارن موقعیت کربن ها یکسان و با جانشین شدن اتم کلر تعداد ترکیبات کمتری به وجود می آید.

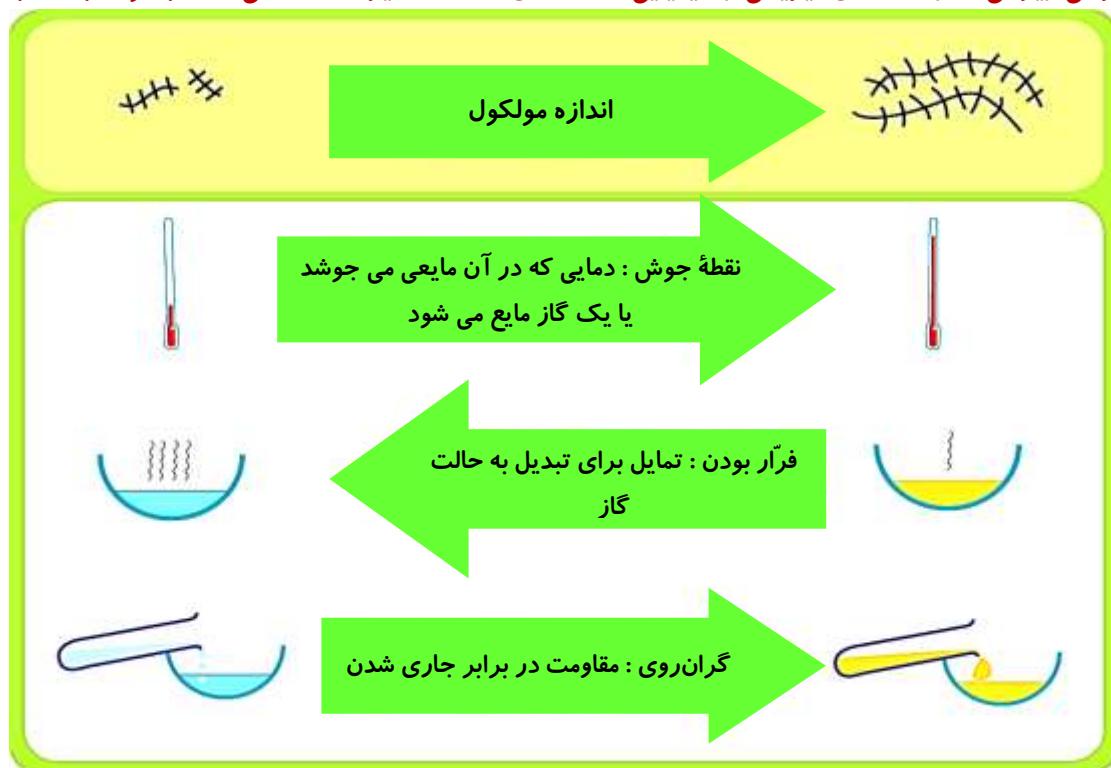


**نکته:** **شمار اتم های کربن** نقش مهمی در **رفتار هیدروکربن ها** دارد. به طوری که با تغییر تعداد اتم های کربن، **اندازه و جرم مولکول های هیدروکربن** تغییر می یابد و در پی آن **نیروی بین مولکولی**، **نقطه جوش** و... تغییر می کند.

ص ۳۴ کتاب

با هم بینند یشیم

(۱) شکل زیر برخی ویژگی ها و رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آلkan های راست زنجیر را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ



الف) با افزایش شمار کربن ها، نقطه جوش آلkan ها در فشار یک اتمسفر چه تغییری می کند؟ **افزایش می یابد.**



ب) پیش بینی کنید نقطه جوش کدام آلkan بالاتر است؟

پ) در شرایط یکسان کدام آلkan فرآرتر است؟ چرا؟

هرچه هیدروکربنی کوچکتر باشد نیروهای بین مولکولی کمتر بوده و نقطه جوش پایین تر می آید و هیدروکربن فرآرتر خواهد بود.

ت) پژوهش ها نشان می دهد که گشتاور دو قطبی آلkan ها حدود صفر است. با این توصیف مولکول های این مواد، قطبی یا ناقطبی هستند؟

**ناقطبی**

ث) نیروی بین مولکولی در آلkan ها از چه نوعی است؟ افزایش شمار اتم های کربن بر این نیروها چه اثری دارد؟

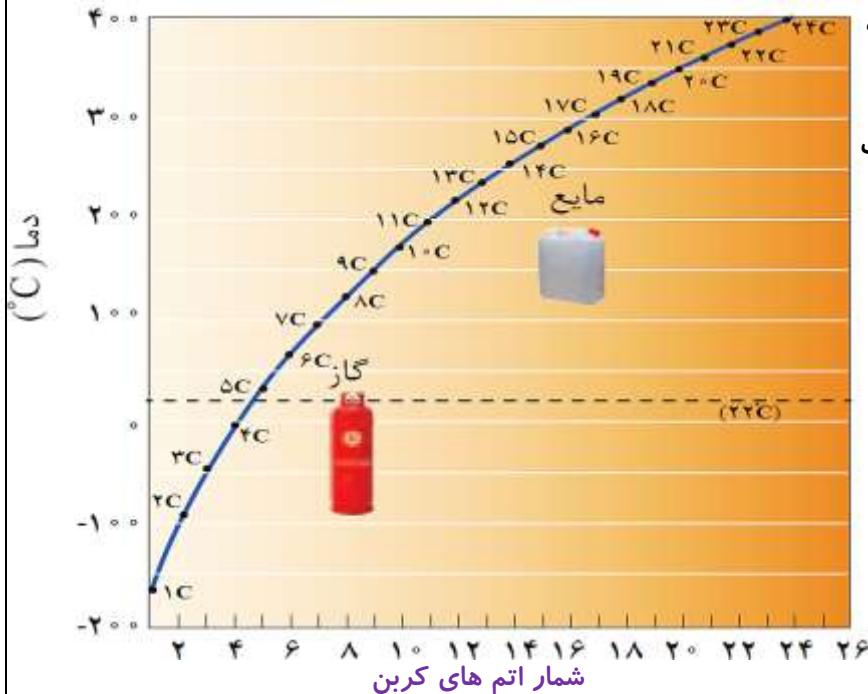
**واندروالسی - سبب افزایش قدرت جاذبه بین مولکولی می شود.**

ج) چرا با بزرگ تر شدن زنجیر کربنی، گران روی آلkan افزایش می یابد؟

**چون جاذبه بین مولکولی و نیروی چسبندگی افزایش پیدا می کند.**

چ) پیش بینی کنید کدام ماده چسبنده تر است؟ چرا؟ **✓ واژلین** (با فرمول تقریبی  $C_{25}H_{52}$ ) گریس (با فرمول تقریبی  $C_{18}H_{38}$ ) وازلین، چون تعداد کربن بیشتری دارد و جاذبه بین مولکولی آن قوی تر است.  
نکته: در گریس ۵۵ و در واژلین ۷۶ پیوند کووالانسی وجود دارد.

(۲) نمودار زیر ترتیب نقطه جوش آلکان های راست زنجیر را نشان می دهد. با توجه به آن:



بررسی ویژگی های آلکان ها:

**اندازه مولکول:** با افزایش شمار کربن ها، اندازه مولکول **بزرگ تر** و جرم مولکولی **افزایش** می یابد.

**نیروی بین مولکولی:** با افزایش تعداد کربن و زیاد شدن جرم مولکولی، نیروهای بین مولکولی **افزایش** می یابد.

**گشتاور دوقطبی:** گشتاور دوقطبی آلکان ها در حدود **صفر** است، و نیروی بین مولکولی ذرات از نوع نیروی **ناقطبی-ناقطبی** است.

**چسبندگی:** با افزایش شمار کربن ها، مولکول ها **سنگین تر** و جاذبه ها **بیشتر** می شود پس چسبندگی مولکول ها **بیشتر** می شود.

**فرار بودن:** **تمایل برای تبدیل به حالت گاز** با افزایش شمار کربن ها فراریت کاهش می یابد. هرچه شمار کربن **کمتری** داشته باشد، فرار خواهد بود. آلکان ها تا **چهار** کربن تا دمای  $22^{\circ}\text{C}$  (و فشار **اتمسفر**) **گازی** شکل هستند.

**نقطه جوش:** دمایی که در آن مایعی می جوشد یا یک گاز مایع می شود. هر چقدر **اندازه** مولکول های آلکان **بزرگ تر** باشد، نیروهای جاذبه واندروالسی بین آن ها **قوی تر** بوده دمای جوش **بیشتر** خواهد بود. بطورکلی به ازای هر گروه  $\text{-CH}_2-$  دمای جوش به اندازه **۲۰** درجه زیاد می شود.

**نکته:** در ساختارهای متفاوت از یک آلکان دمای جوش ترکیبی بیشتر است که شاخه های فرعی **کمتری** داشته باشد، زیرا هرچه تعداد شاخه های فرعی روی شاخه اصلی **بیشتر** باشد شکل به حالت **کروی** نزدیک تر و سطح تماس بین مولکول ها **کمتر** شده، نیروهای جاذبه واندروالسی **ضعیف تر** و دمای جوش **کاهش** می یابد.

**گران روی:** « **مقاومت در برابر جاری شدن**» با افزایش اتم های کربن، نیروهای واندروالسی **بیشتر** می شود و چسبندگی ذارت **افزایش** می یابد. پس به هنگام حرکت یک مایع، مولکول ها **سخت تر** از مقابل هم حرکت می کنند و گران روی **کاهش** می یابد. مثل حرکت عسل در مقابل شیر.

**حالیت در آب:** آلکان ها به دلیل **ناقطبی** بودن در آب **نامحلول** اند.

**محافظت از فلزات :** قرار دادن فلزها در آلکانهای **مایع** یا انودکردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آنها، **مانع از رسیدن آب یا اکسیژن به سطح** فلز می‌شود و از **واکنش یا خوردگی** فلز جلوگیری می‌کند.

**واکنش پذیری :** ویژگی مهم و برجسته آلکان‌ها این است که در ساختار آن‌ها هر اتم از چهار پیوند اشتراکی (یگانه) به چهار اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح **سیرشده** هستند. از این رو آلکان‌ها **تمایل چندانی** به انجام واکنش‌های شیمیایی **ندارند**.

**نکته :** آلکان‌ها در واکنش **سوختن** و نیز **جابجایی** هیدروژن‌های خود با **هالوژن‌ها** شرکت می‌کنند (در کتاب به آن اشاره نشده است).

**سمی بودن :** میزان سمی بودن آلکان‌ها **گم** و استنشاق آن‌ها بر **شش‌ها و بدنهای** تأثیر چندانی **ندارد** و تنها سبب **کاهش** مقدار اکسیژن در هوای **Dm** می‌شوند.

**خطر !** هیچ گاه برای برداشتن بنزین از باک خودرو یا بشکه از مکیدن شیلنگ استفاده نکنید، زیرا بخارهای بنزین وارد شش‌ها شده و از انتقال گازهای تنفسی در شش‌ها جلوگیری می‌کند و نفس کشیدن دشوار می‌شود. اگر میزان بخارهای وارد شده به شش‌ها زیاد باشد، ممکن است سبب مرگ فرد شود.

**نکته :** سوخت بیشتر فندک‌ها گاز **بوتان** بوده و **تحت فشار** پر می‌شود.

**نکته :** گاز شهری مخلوطی از هیدروکربن‌های سبک است که **متان** بخش عمده آن را تشکیل می‌دهد. در حالی که کپسول گاز خانگی، به طور عمده شامل گازهای **پروپان** و **بوتان** است.

در جدول زیر نام، فرمول مولکولی و شمار اتم‌های کربن و هیدروژن برای برخی اعضای خانواده آلکان‌ها داده شده است. جدول را کامل کنید و فرمول مولکولی عضو **n** ام را بیابید.

شماره عضو	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	-	n ام
نام	متان	اتان	پروپان	بوتان	پنتان	-	
C شمار	۱	۲	۳	۴	۵	-	n
H شمار	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	-	2n+2
فرمول	CH4	C2H6	C3H8	C4H10	C5H12	-	CnH2n+2

ص ۳۶ کتاب

### خود را بیازمایید

تجربه نشان می‌دهد که گشتاور دوقطبی مولکول‌های سازنده چربی‌ها حدود صفر است. با توجه به آن:

(الف) چرا افرادی که با گریس کار می‌کنند دستشان را با بنزین یا نفت (مخلوطی از هیدروکربن‌ها) می‌شویند؟

زیرا گریس، بنزین و نفت از دسته آلکان‌ها هستند و گشتاور دوقطبی صفر و مولکول‌های ناقطبی دارند بنابراین طبق قاعده «شبیه، شبیه را حل می‌کند» بنزین به عنوان حلal می‌تواند گریس را حل کند.

(ب) توضیح دهید چرا پس از شستن دست با بنزین، پوست خشک می‌شود؟

چون بنزین **بعنوان حلal، علاوه بر چربی‌ها و موادی مانند گریس، چربی روی پوست را نیز در خود حل می‌کند**. پس از شستن دست با بنزین، پوست دست خشک می‌شود چون به سطح پوست آبرسانی نمی‌شود.

(پ) شستن پوست یا تماس آن با آلکان‌های مایع در دراز مدت به بافت‌های پوست آسیب می‌رساند. چرا؟

حل شدن چربی پوست در حلal‌های ناقطبی و خشک شدن مداوم پوست، سبب ترک خوردگی پوست می‌شود و به بافت‌های پوست آسیب می‌رساند.

## نام‌گذاری آلکان‌ها :

## الف) نام‌گذاری آلکان‌های راست زنجیر :

جدول زیر نام و فرمول مولکولی **۵۵** آلکان راست زنجیر را نشان می‌دهد.

**نکته:** مطابق جدول بر اساس قواعد آیوپاک برای نامیدن آلکان راست زنجیر کافی است **شمار اتم‌های کربن** را با **پیشوند** معادل بیان کرده و پسوند «**آن**» را بیفزاییم.

**نکته:** باید توجه کنیم که در **چهار** عضو نخست آلکان‌ها، پیشوندی که شمار اتم‌های کربن را معلوم کند، وجود **ندارد** و نام آن‌ها بر اساس

فرمول مولکولی $C_nH_{2n+2}$	فرمول ساختاری	نام آلکان	پیشوند	شمار کربن
$CH_4$	$CH_4$	متان	-	۱
$C_2H_6$	$CH_3-CH_3$	اتان	-	۲
$C_3H_8$	$CH_3-CH_2-CH_3$	پروپان	-	۳
$C_4H_{10}$	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	بوتان	-	۴
$C_5H_{12}$	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	پتان	پن	۵
$C_6H_{14}$	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	هگزان	هگز	۶
$C_7H_{16}$	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	هپتان	هپت	۷
$C_8H_{18}$	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	اکтан	اوکت	۸
$C_9H_{20}$	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	نونان	نون	۹
$C_{10}H_{22}$	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	دکان	دک	۱۰

## ب) نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار :

**نکته:** در قواعد آیوپاک چگونگی یافتن **۱ نوع** و **۲ نام** شاخه فرعی و **۳ جهت** شماره گذاری زنجیر اصلی مشخص می‌شود.

**نکته:** در هیدروکربن‌ها، شاخه‌های فرعی را گروه‌های **آلکیل** می‌نامند. اگر از یک آلکان، یک اتم **هیدروژن** کم کنیم باقی مانده را گروه

**آلکیل** می‌نامند. برای نامیدن گروه‌های آلکیل، فقط کافی است به جای پسوند «**آن**» در آلکان‌ها پسوند «**یل**» جایگزین کنیم و فرمول عمومی

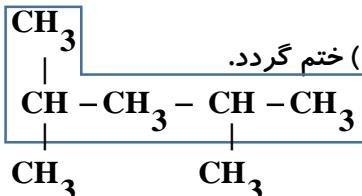
آن‌ها  **$CnH_{2n+1}$**  است. مثال : **متان** :  $CH_3 - CH_4$  ← **متیل** :

نام آلکان	متان	متیل (Methyl)	اتان (Ethyl)	پروپان (Propyle)
نام آلکیل				
فرمول مولکولی آلکیل				$C_3H_7 -$
ساختار نیمه گسترده آلکیل			$CH_3 - CH_2 - CH_2 -$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 -$

**نکته:** اگر **بیشتر** از یک شاخه فرعی **یکسان** وجود داشته باشد، تعداد آن‌ها با پیشوندهای **دی**، **تری**، **پتا** و ... مشخص می‌شود.

قواعد آیوپاک برای نام‌گذاری آلکان‌های شاخه دار :

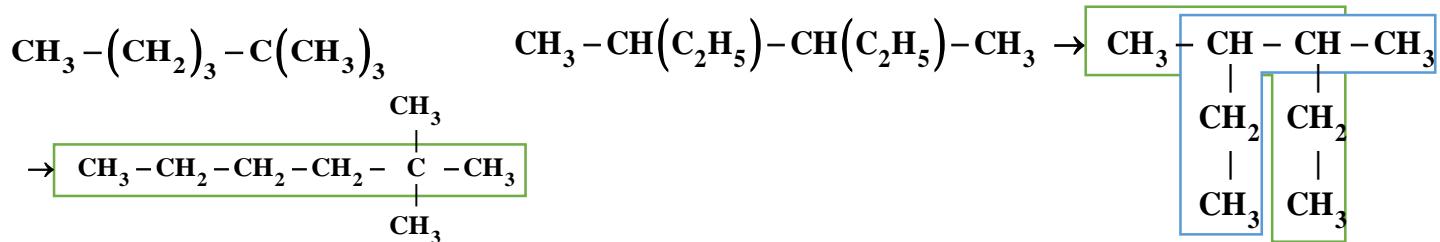
**مرحله ۱- بلند ترین** زنجیر کربنی ممکن را به عنوان **زنجر اصلی** انتخاب می‌کنیم.



**تذکر:** زنجیر اصلی باید با یک کربن **نوع اول** ( $CH_3-$ ) آغاز شده و به یک کربن **نوع اول** ( $CH_3-$ ) ختم گردد.

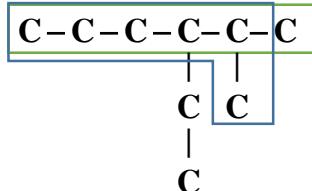
**نکته:** باید توجه شود که زنجیر اصلی حتماً بر روی خط مستقیم قرار ندارد.

**نکته:** اگر ساختار ترکیب مورد نظر به صورت **نیمه گستردگی** باشد، باید ساختار کاملاً گستردگی ماده را رسم کنیم، به گونه ایی که هیچ کربنی در آن، زبروند بیشتر از یک نداشته باشد.



**نکته:** کریم‌هایی که در زنجیر اصلی قرار ندارند و با کریم‌های زنجیر اصلی اتصال دارند را به عنوان شاخه‌های فرعی در نظر می‌گیریم.

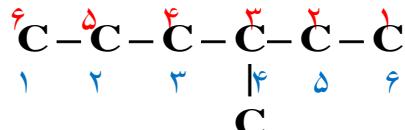
**نکته:** اگر در یک آلکان، **دو** زنجیر را به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می‌کنیم که



شاخه‌های فرعی **بیشتری** داشته باشد. در مسیر مستقیم دو شاخهٔ فرعی دیده می‌شود.

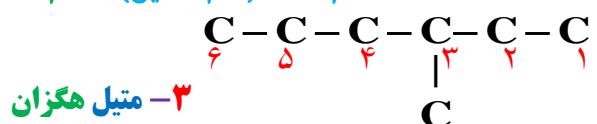
**مرحله ۲:** اگر بر روی زنجیر اصلی، فقط یک شاخه وجود داشته باشد، کرین های زنجیر اصلی را ز سمتی، شماره گذاری می کنیم که به شاخه

نزدیک تر باشد.



**مرحله ۳:** اگر بر روی زنجیر اصلی  **فقط یک شاخه وجود داشته باشد** ، از فرمول زیر برای نامیدن آن استفاده می کنیم :

شماره کرین دارای شاخه + خط فاصله + نام شاخه (نام آلکان زنجیر اصلی)



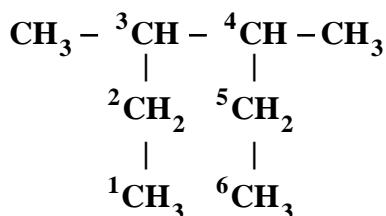
بررسی نام درست در آلکان ها بدون رسم ساختار:

در نام‌گذاری آلکان‌ها، هیچگاه **۱-متیل، ۲-ایتل، ۳-ایتل** و به طور کلی **(n-1) اتیل آلکان** نداریم: **۱-متیل، ۱-ایتل، ۲-ایتل**

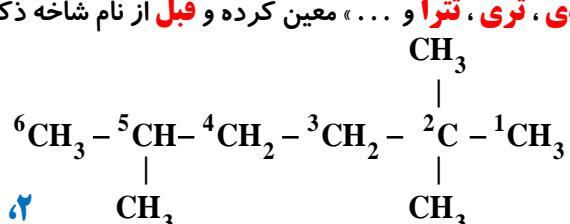
اگر شماره آلکیل برابر با تعداد زنجیر انتخابی باشد، نام‌گذاری، نادرست است. مثال: ۴-دی‌متیل بوتان

**نکته:** اگر بر روی زنجیر اصلی دو چند شاخه پکسان مشاهده شود، بعد از ذکر شماره محلهای اتصال شاخه‌ها، تعداد آن‌ها را با پیشوندهای

«**دی**، **تری**، **ترتا** و ...» معین کرده و **قبل** از نام شاخه ذکر می‌کنیم. مثال:



کر می کنیم۔ مثال:

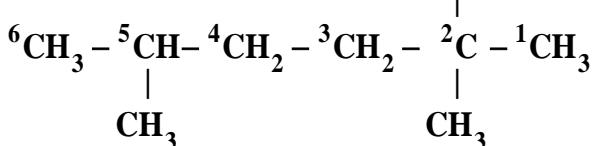


۲، ۵- تری متیل هگزان

**نکته:** زنجیر اصلی را از سمت نزدیک تر به تراکم پیشتر شاخه‌ها شماره گذاری می‌کنیم. با پیدا کردن شماره گذاری به صورتی

$\text{CH}_3$  دد شود.

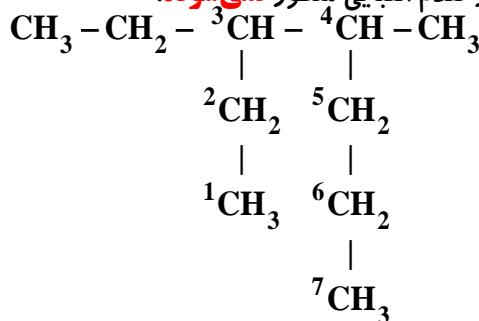
عدد بدهست آمده از شماره گذاری: (۲۲۸)



**نکته:** اگر بر روی شاخه اصلی چند گونه **متفاوت** آalkil داشته باشیم، نام شاخه‌ها را به ترتیب حروف الفبای **لاتین** ذکر می‌کنیم :

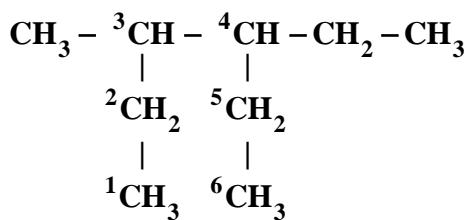
اتیل (Ethyl) ، متیل (Methyl) ، پروپیل (Propyle)

**تذکر:** باید توجه نماییم که تعداد شاخه‌ها با پیشوندهای «**دی** ، **تری** ، **ترا** و ...» در تقدم الفبایی منظور نمی‌شوند.



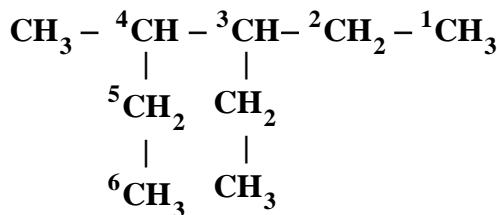
### ۳- اتیل ۴- متیل هپتان

**نکته:** اگر بعد از انتخاب زنجیر اصلی فاصله شاخه‌ها تا دو سر زنجیر یکسان و مجموع اعداد نیز برابر باشد، از سمت نزدیک تر به شاخه



### ۴- اتیل ۳- متیل هگزان

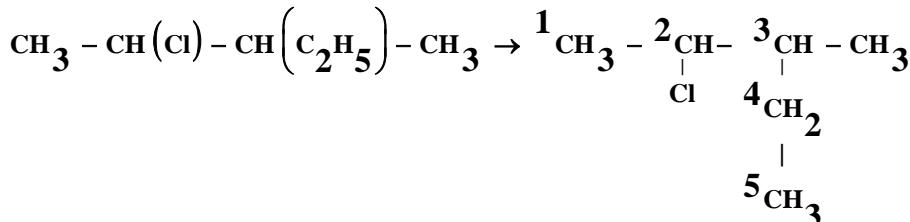
شماره گذاری فوق اشتباه است زیرا شاخه‌ای فرعی در موقعیت یکسان هستند ولی اتیل بر متیل مقدم است.



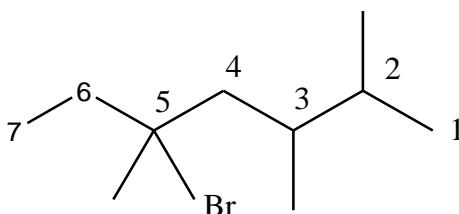
### ۳- اتیل ۴- متیل هگزان

**نکته:** اگر آلکانی دارای کربنی باشد که به جای هیدروژن عنصر یا گروه دیگری با آن پیوند داشته باشد، آنرا **مشتق آلکان** نامیده و در نام گذاری ترکیب با عنصر مربوطه مانند یک شاخه رفتار می‌کنیم. فقط در انتهای نام عنصر مربوطه لفظ «**و**» اضافه می‌کنیم. برای تقدم نوشتن

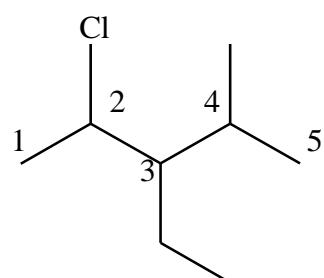
نام شاخه‌های فرعی تقدم الفبای لاتین ملاک خواهد بود. مانند : نیترو  $\text{NO}_2$ - کلرو - فلوئورو - برمو - یدو و ...



### ۲- کلرو ۳- متیل پتان

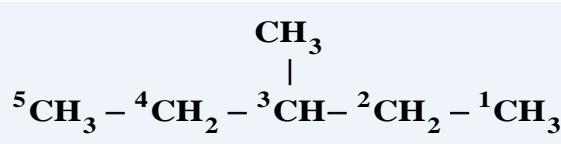


### ۵- برمو، ۲، ۳، ۴- تری متیل هپتان

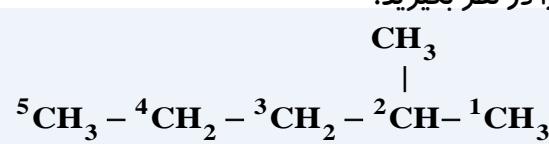


### ۲- کلرو ۳- اتیل متیل پتان

۱) نام دو آلکان زیر را در نظر بگیرید.



### ۳- متیل پتان



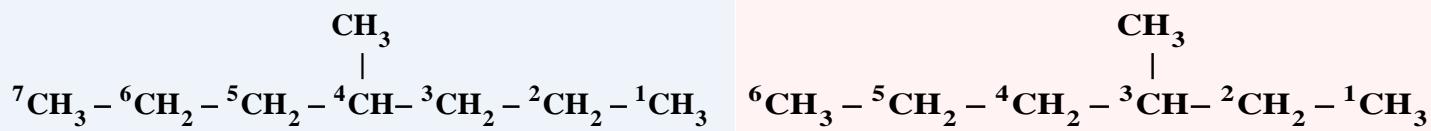
### ۲- متیل پتان

الف) هر عدد و هر واژه در نام هیدروکربن نشان دهنده چیست؟

هر عدد، شماره کربن زنجیر اصلی است که شاخه به آن متصل است، واژه متیل نام شاخه است و پنتان نام آلکان زنجیر کربنی است.

ب) تفاوت این دو ترکیب در چیست؟ موقعیت ( محل اتصال ) شاخه ها روی کربن زنجیر اصلی

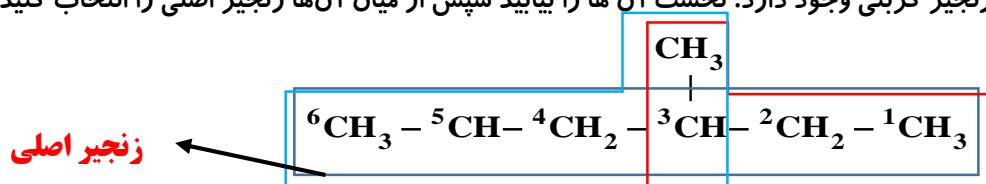
(۲) ساختار ۳-متیل هگزان و ۴-متیل هپتان را رسم کنید.



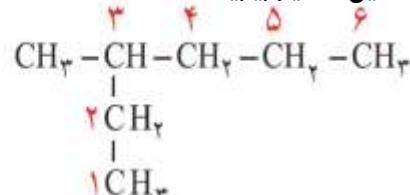
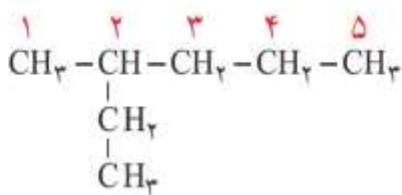
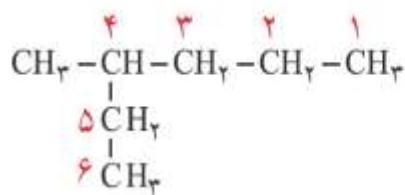
۴-متیل هپتان

۳-متیل هگزان

(۳) در ساختار ۳-متیل هگزان، سه زنجیر کربنی وجود دارد. نخست آن ها را بباید سپس از میان آن ها زنجیر اصلی را انتخاب کنید.



(۴) با توجه به داده های زیر روشنی برای تشخیص زنجیر اصلی ( زنجیری که بیشترین تعداد اتم های کربن را دارد ) و شماره گذاری کربن ها در این زنجیر بباید.



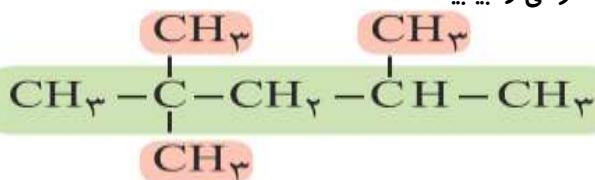
۴-متیل هگزان، این نام گذاری نادرست است.

۲-اتیل پنتان، این نام گذاری نادرست است.

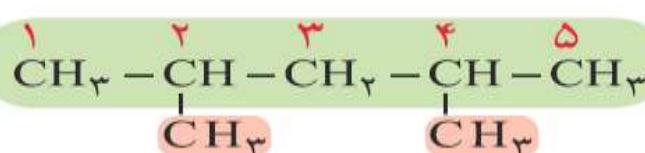
۳-متیل هگزان ✓

بیشترین تعداد کربن متصل به هم، که بلند ترین زنجیر کربنی را بوجود بیاورند. شماره گذاری از سمتی است که به کربن دارای شاخه، عدد کمتری برسد.

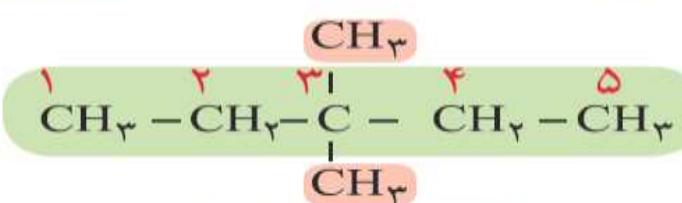
(۵) با توجه به نام گذاری زیر، روشنی برای نامیدن آلکان های با بیش از یک شاخه فرعی را بباید.



۴-تری متیل پنتان



۴، ۲-دی متیل پنتان



۳، ۳-دی متیل پنتان

ابتدا شماره کربن هایی که شاخه فرعی به آن ها متصل هستند را نوشته، سپس تعداد آن ها را با پیشوندهای مناسب بیان کرده و در نهایت نام آلکان هم کربن با زنجیر اصلی را می آوریم.

## خود را بیازمایید

ص ۳۸ و ۳۹ کتاب

(۱) آلکان های زیر را نام گذاری کنید. (راهنمایی: در نام گذاری آلکان های شاخه دار، نوشتن نام اتیل بر متیل مقدم است.)



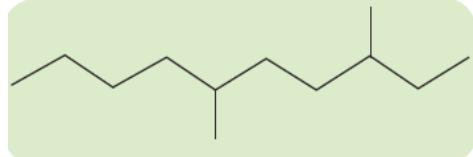
(ب)

**۴- اتیل ۴- متیل هپتان**



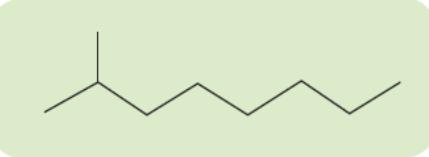
(الف)

**۳- متیل اکтан**



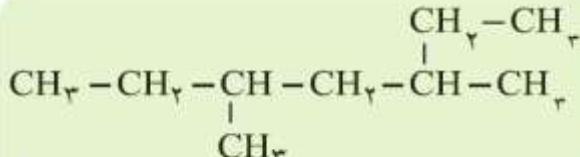
(ت)

**۲- دی متیل دکان**



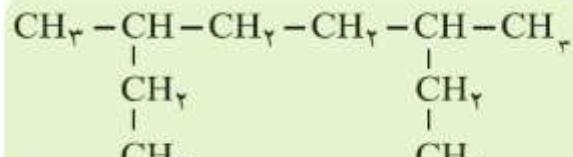
(پ)

**۲- متیل اکтан**



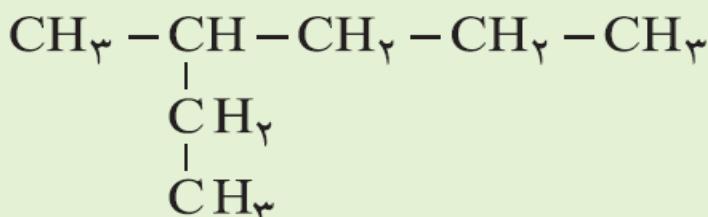
(ج)

**۳- دی متیل هپتان**



(ث)

**۳- دی متیل اکтан**



آلکن ها، هیدروکربن هایی با یک پیوند دوگانه :

نکته: **آلکن ها** هیدروکربن هایی با فرمول عمومی  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  هستند که در ساختار خود یک پیوند **دوگانه** کربن=کربن  $=\text{C}=\text{C}-$  دارند.

نکته: تعداد پیوند **کووالانسی** در آلکن ها برابر  $3n$  است. (n : شمار کربن ها)

**نام و ساختار چند آلکن راست زنجیر:**

$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	<b>۱- بوتن</b>
اتن	پروپن		

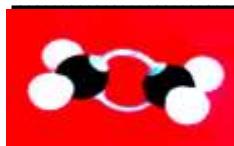
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2$

**۲- بوتن**

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$

**۱- هگزون**

نکته: زمانی که نوشتن یا نوشتن شماره کربن دارای پیوند **دوگانه** در تشخیص آلکن تأثیری **نداشته** باشد، نوشتن شماره نیاز **فیست** مانند **اتن از نام اتان یا پروپن** از نام **پروپان** که یک حالت بیشتر برای رسم ساختار **ندارند**.



نکته: **اتن (ایتلن  $\text{C}_2\text{H}_4$ )** **نخستین** و **کوچکترین** عضو خانواده آلکن ها است. ( $n \geq 2$  : در آلکن ها)

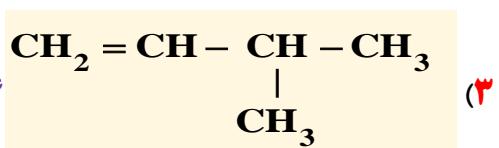
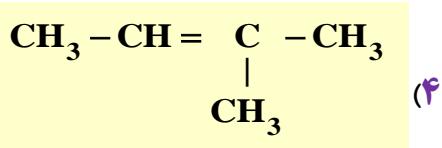
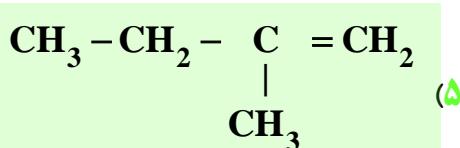
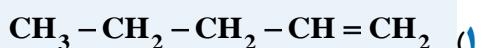
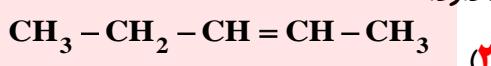
نکته: اتن در **بیشتر** گیاهان وجود دارد. **موز** و **گوجه** فرنگی **رسیده** گاز **اتن** آزاد می کنند. **اتن** آزاد شده از یک

موز یا گوجه فرنگی رسیده به نوبه خود موجب رسیدن **سریع قر** میوه های **نارس** می شود. به همین دلیل در کشاورزی،

از گاز **اتن** به عنوان «عمل آورنده» استفاده می شود.

**نکته:** در آلکن‌های بیشتر از سه کربن علاوه بر شاخه‌دار شدن، جابجایی پیوند دوگانه نیز می‌تواند ساختارهای بیشتری از یک فرمول مولکولی

مشابه تولید کند. برای مثال در ترکیب  $C_5H_{10}$  چند ساختار مختلف وجود دارد.



نام‌گذاری آلکن‌های راست زنجیر:

برای نام‌گذاری آلکن‌های راست زنجیر، کافی است پسوند «آن» را در نام آلکان راست زنجیر برمی‌داریم و به جای آن پسوند «ن» قرار می‌دهیم؛ سپس محل پیوند دوگانه نخستین کربنی که به پیوند دوگانه متصل است، مشخص می‌کنیم. برای آلکن‌های تا سه کربن این کار کافی است. اما در آلکن‌ها از چهار اتم کربن به بعد باید موقعیت پیوند دوگانه را هم در نام‌گذاری بیاوریم به همین خاطر آلکن را از سمتی که به پیوند دوگانه نزدیک‌تر باشد شماره‌گذاری می‌کنیم.

برای نامیدن آلکن‌های راست زنجیر از رابطه زیر استفاده می‌کنیم: «شماره کربن با پیوند دوگانه + تعداد کربن‌ها با لفظ یونانی + ن»

$C_nH_{2n+2}$	آلکان	$C_nH_{2n}$	آلکن
$CH_4$	متان	-	-
$C_2H_6$	اتان	$C_2H_4$	اتن
$C_3H_8$	پروپان	$C_3H_6$	پروپن
$C_4H_{10}$	بوتان	$C_4H_8$	۱-بوتн یا ۲-بوتн

**نکته:** رفتار آلکن‌ها همانند همه مواد به ساختار آنها وابسته است.

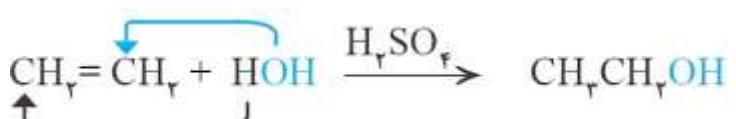
**نکته:** وجود پیوند دوگانه در آلکن‌ها سبب شده است تا رفتار آنها با آلکان‌ها تفاوت زیادی پیدا کند. به گونه‌ای که آلکن‌ها برخلاف آلکان‌ها، واکنش پذیری بیشتری دارند و در واکنش‌های گوناگونی شرکت می‌کنند.

**نکته:** واکنش پذیری زیاد آلکن‌ها به این دلیل است که در ساختار آنها دو اتم کربن ( $C=C$ ) به سه اتم دیگر متصل بوده و از این رو سیرنشده هستند؛ این در حالی است که اتم کربن تمايل دارد تا از حداقل امکان خود برای تشکیل پیوندهای یگانه استفاده کند و چهار پیوند یگانه تشکیل دهد.

**نکته:** گاز اتن سنگ بنای صنایع پتروشیمی است در این صنایع با استفاده از اتن حجم انبوهی از مواد گوناگون تولید می‌شود.

انواع واکنش‌های اتن در صنعت پتروشیمی: (اتن به عنوان نماینده آلکن‌ها انتخاب شده است.)

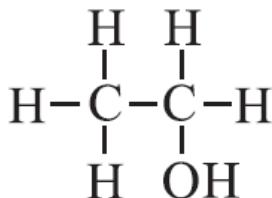
**۱- افزودن آب در حضور کاتالیزگر سولفوریک اسید:** با وارد کردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب، اتانول در مقیاس صنعتی تولید می‌شود.



معادله زیر، واکنش شیمیایی انجام شده را نشان می‌دهد.

**نکته:** از مقایسه مولکول اتانول با مولکول اتن، در می‌باییم که یکی از پیوندهای میان اتم‌های کربن-کربن در مولکول اتن شکسته شده و به یکی از آنها، اتم H و به دیگری، گروه OH متصل شده است. به دیگر سخن مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانه افزوده شده و فراورده سیرشدۀ ای تولید شده است.

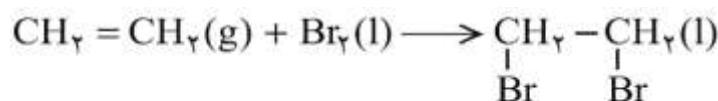
### ویژگی‌های اتانول :



- ✓ اتانول را در مقیاس **صنعتی** با وارد کردن گاز **اتن** در مخلوط **آب** و **اسید** در شرایط **مناسب** تولید می‌کنند.
- ✓ فرمول **مولکولی آن** ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) و دارای عامل **الکلی** است.
- ✓ اتانول، الکلی دو گربنی، **بی رنگ** و **فرار** است و به **هر نسبتی** در آب حل می‌شود.
- ✓ از **همه قرین** حلال‌های **صنعتی** است.
- ✓ در تهیه مواد **دارویی**، **بهداشتی** و **آرایشی** به کار می‌رود.
- ✓ از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان **ضد عفونی** کننده استفاده می‌شود.
- ✓ در ساختار آن **۸ پیوند کووالانسی** (جفت الکترون پیوندی) و **۲ جفت الکترون ناپیوندی** وجود دارد.
- ✓ توانایی تشکیل پیوند **هیدروژنی** را دارد.

- ✓ صنعت **پتروشیمی** یکی از صنایع **مهم** جهان است.
- ✓ در صنعت پتروشیمی، **ترکیب‌ها**، **مواد و وسائل** گوناگون از **نفت** یا **غاز طبیعی** به دست می‌آیند که به فراورده‌های **پتروشیمیایی** معروف هستند.
- ✓ در کشور ما نیز شرکت‌های پتروشیمی گوناگونی در حال فعالیت هستند. در این شرکت‌ها سالانه میلیون‌ها تن مواد شیمیایی مانند **آمونیاک**، **پلی اتن**، **سولفوریک اسید** و... تولید می‌شود.

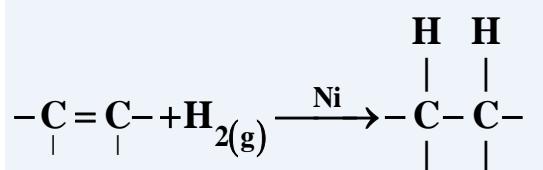
**۲- افزودن برم مایع به آلکن‌ها :** از دیگر واکنش‌های گاز اتن، ترکیب شدن آن با **برم مایع** است به طوری که هر گاه گاز **اتن** را در محلولی از **برم** وارد کنیم رنگ **قرمز** محلول **از بین می‌رود**. این تغییر نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است :



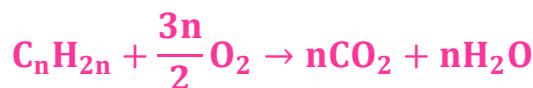
### ۲-۱- دی برمواتان

- ✓ در این واکنش، مولکول **برم** به پیوند دوگانه کربن-کربن در مولکول اتن افزوده می‌شود، و فراورده‌ای **سیرشد** پدید می‌آید.
- ✓ **همه** آلکن‌ها در این واکنش شرکت می‌کنند. این واکنش یکی از روش‌های **شناسایی** آلکن‌ها از **هیدروکربن‌های سیرشد** است.
- ✓ اگر **مخلوطی** از **آلکن** و **آلکان** داشته باشیم می‌توانیم **درصد جرمی** آلکن را از واکنش این مواد با **برم** بدست آوریم.

**۳- افزودن هیدروژن به آلکن‌ها در حضور کاتالیزگر نیکل :** گاز **هیدروژن** می‌تواند به پیوند دوگانه کربن-کربن در آلکن اضافه شود و **آلکان** تبدیل شود :



**۴- سوختن آلکن‌ها :** آلکن‌ها می‌توانند با اکسیژن بسوزند و گازهای **کربن دی اکسید** و **بخار آب** تولید کنند :



**۵- واکنش پلیمری شدن :** دسته دیگری از واکنش آلکن‌هاست که با استفاده از آن می‌توان انواع **لاستیک‌ها**، **پلاستیک‌ها**، **الیاف** و **پلیمرهای سودمند** را تهیه کرد. این واکنش‌ها را در فصل سوم بررسی خواهیم کرد.



## خود را بیازمایید

ص ۴۱ کتاب

شکل زیر نمایی از واکنش تکه‌ای گوشت چرب با بخار برم را نشان می‌دهد. با توجه به آن پیش‌بینی کنید مولکول چربی موجود در این گوشت سیر نشده است یا سیر نشده؟ چرا؟ (راهنمایی: در این واکنش تنها چربی موجود در گوشت با بخار برم واکنش می‌دهد.)



سیر نشده، زیرا در حالت سیر شده اتم‌های کربن با حداقل ظرفیت خود، به اتم‌های دیگر متصل شده‌اند. اما در حالت سیر نشده پیوندهای دوگانه شکسته شده و آماده‌ی پیوند با اتم‌های برم شده است.

**نکته:** برای تشخیص چربی‌های سیر شده و سیر نشده به سه روش عمل می‌کنند :

۱- بخار برم **قرمز رنگ**: رنگ بخار در محیط چربی‌های سیر نشده از بین می‌رود.

۲- **بیل** در حضور **چسب نشاسته**: چربی‌های سیر نشده محیط را **بیل** می‌کند.

۳- محلول **پتانیم پرمنگنات**: رنگ **بنفش** محلول را **قهوه‌ای** می‌کند.

آلکین‌ها، سیر نشده‌تر از آلکن‌ها :

آلکین‌ها با فرمول عمومی **C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>** که در ساختار خود یک پیوند سه گانه کربن-کربن (-C≡C-) دارند و جزء هیدروکربن‌های سیر نشده هستند.



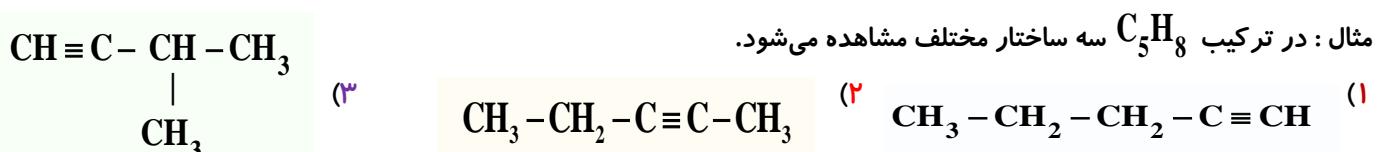
**نکته:** تعداد پیوند کووالانسی در آلکین‌ها برابر **۳n-1** است.

**نکته:** **اتین** با فرمول مولکولی **C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>**، **ساده‌ترین آلکین و پروپین** دومین عضو خانواده آلکین‌ها است.

**نکته:** از نام **پروپین** چنین بر می‌آید که هر مولکول آن سه کربن داشته و یک پیوند سه گانه میان دو کربن آن وجود دارد.

**ساختار آلکین‌ها :**

در آلکین‌ها هم، مانند آلکن‌های بیشتر از سه کربن به جز شاخه‌دار شدن، جابجایی پیوند سه گانه نیز می‌تواند ساختارهای بیشتری از یک فرمول مولکولی مشابه تولید کند اما تعداد ساختارها کمتر از آلکن‌های هم کربن می‌باشد چون کربن دارای پیوند سه گانه شاخه نمی‌گیرد.



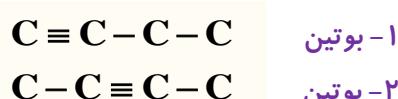
**نام‌گذاری آلکین‌ها :**

**نکته:** برای نام‌گذاری آلکین‌های راست زنجیر، کافی است پسوند «آن» در آلکان راست زنجیر را برداشته و به جایش «ین» اضافه شود.

C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	آلکان	C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub>	آلکین
CH <sub>4</sub>	متان	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	اتان	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	اتین (استیلن)
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	پروپان	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	پروپین
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	بوتان	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	۱-بوتین یا ۲-بوتین

**نکته:** برای نام‌گذاری آلکین‌های بیشتر از سه کربن، زنجیر را از سمت نزدیک‌تر به پیوند سه گانه شماره‌گذاری نموده، آنگاه به شکل زیر عمل می‌کنیم:

«**شماره کربن پیوند سه گانه + تعداد کربن‌ها با لفظ یونانی + بن**»



**نکته : آلکین‌ها** واکنش پذیری زیادی دارند و با مواد شیمیایی مختلف واکنش می‌دهند.

**نکته :** آلکین‌ها در اثر واکنش با **دو مول هیدروژن** به آلکان تبدیل می‌شوند.

**نکته : جوش کاربیدی**: در جوشکاری از سوختن گاز اتین، **دما** لازم برای جوش دادن

قطعه‌های فلزی **قائم** می‌شود.

### هیدروکربن‌های حلقوی :

**نکته** : ترکیب‌های آلی که در آنها اتم‌های کربن طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند.

**نکته** : سیکلو (Cyclo) پیشوندی به معنای **حلقوی** است که برای نام‌گذاری برخی ترکیب‌های آلی **حلقوی** به کار می‌رود.

**نکته** : هیدروکربن‌های **حلقوی** نیز مانند هیدروکربن‌های زنجیری می‌توانند **سیرشد** یا **سیرنشد** باشند.

**نکته** : ترکیبات حلقوی سیرشد (که در آنها تمام پیوندها ساده است) از فرمول عمومی  $C_nH_{2n}$  مانند (آلکن‌ها) پیروی می‌کنند.

در این کتاب به دو دسته از ترکیبات حلقوی اشاره شده است :

#### (۱) سیکلوآلکان‌ها :

برای نام‌گذاری سیکلوآلکان از فرمول زیر استفاده می‌شود :

«**سیکلو + تعداد به صورت پیشوند یونانی + ان**»

مانند : سیکلوپنتان و سیکلوهگزان

**نکته** : کوچک‌ترین حلقه‌ای که اتم‌های کربن با پیوندهای **یگانه** می‌توانند تشکیل دهنند، حلقه سه کربنی یا **سیکلوپروپان** است.

### هیدروکربن‌های آروماتیک :

آروماتیک‌ها، دسته وسیعی از ترکیبات را تشکیل می‌دهند که شامل **بنزن** و **مولکول‌هایی** که از نظر رفتار شیمیایی مشابه بنزن می‌باشند.

دو نوع از این دسته از ترکیبات در کتاب بررسی شده است :

#### الف) **بنزن** :

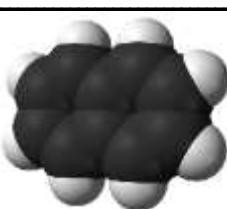
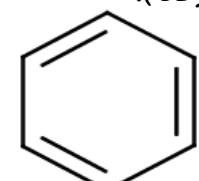
✓ هیدروکربنی **سیرنشد** با فرمول مولکولی  $C_6H_6$  است.

✓ هشت اتم هیدروژن نسبت به آلکان هم کربن کم دارد. (**دو** تا برای حلقوی شدن و **شش** تا برای داشتن سه پیوند دوگانه).

✓ **سرگروه** خانواده مهمی از هیدروکربن‌ها به نام **آروماتیک** است.

✓ ۳ پیوند دوگانه دارد، پس با **سه** مول گاز هیدروژن سیرشد و به **سیکلو هگزان** تبدیل می‌شود.

✓ در ساختار بنزن تعداد **۱۵** پیوند کووالانسی وجود دارد.



#### ب) **نفتالن** :

✓ هیدروکربنی آروماتیک و **سیرنشد** با فرمول مولکولی  $C_{10}H_8$  است.

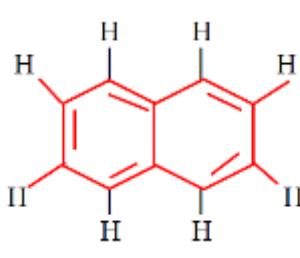
✓ به عنوان **ضدبید** برای نگهداری **فرش و لباس** کاربرد دارد.

✓ ۵ پیوند دوگانه دارد، پس با **پنج** مول گاز هیدروژن به یک ترکیب سیرشد تبدیل می‌شود.

✓ در ساختار نفتالن تعداد **۲۴** پیوند کووالانسی وجود دارد.

✓ ۱۴ اتم هیدروژن نسبت به آلکان هم کربن کمتر دارد (چهار تا برای

تشکیل دو حلقه چسبیده به هم و ده تا برای داشتن پنج پیوند دوگانه).



**نکته:** برای محاسبات سریع‌تر مسائل مربوط به هیدروکربین‌ها از جدول زیر استفاده می‌کنیم :

تعداد پیوند کووالانسی	فرمول جرم مولی	فرمول عمومی	هیدروکربن
$3n+1$	$14n+2$	$C_nH_{2n+2}$	آلkan
$3n$	$14n$	$C_nH_{2n}$	آلکن
$3n$	$14n$	$C_nH_{2n}$	سیکلوآلkan
$3n-1$	$14n-2$	$C_nH_{2n-2}$	آلکین

مثال : ۸۰٪ جرم آلkanی را اتم‌های کربن تشکیل می‌دهند . فرمول مولکولی آن را بدست آورید.

### توضیحات بیشتر و کاربردی :

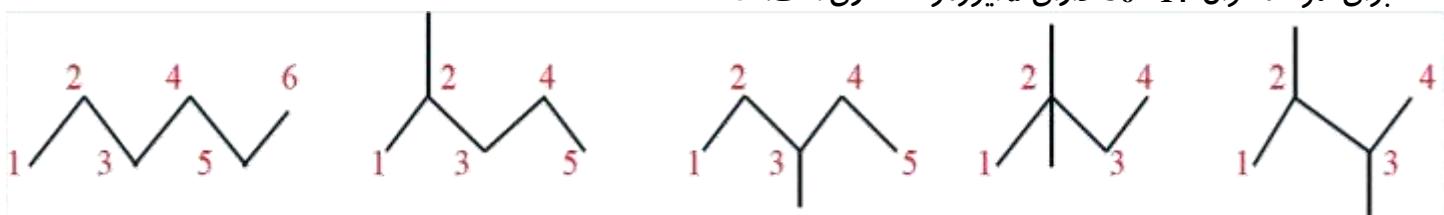
**تعریف ایزومر (هم پار):** ایزومرها موادی هستند که فرمول **مولکولی یکسان** و فرمول **ساختاری متفاوتی** دارند. این مواد می‌توانند از یک **خانواده** و یا از خانواده‌های **مختلف** باشند.

**نکته:** سه آلkan اول (متان ، اتان و پروپان) ایزومر **ندارند**، زیرا برای آن‌ها فقط **یک** ساختار می‌توان رسم کرد. از این رو در آلkan‌ها ، ایزومری از **۴** کربن به بعد و براساس وجود شاخه‌های **آلکیل** ، معنی می‌یابد.

**نکته:** تعداد ایزومرهای آلkan‌ها از **۴** تا **۷** کربن از رابطه  $2^{n-4} + 1$  بدست می‌آید.

**نکته:** برای رسم ایزومرهای ساختاری ، ابتدا ترکیب راست زنجیر را به عنوان اولین ایزومر در نظر گرفته و بعد تا حد امکان از تعداد کربن‌های زنجیر اصلی کم کرده و با ایجاد شاخه در محل‌های مختلف ، ساختارهای متفاوتی را رسم می‌کنیم.

✓ برای نمونه هگزان  $C_6H_{14}$  دارای ۵ ایزومر ساختاری است.  $2^{6-4} + 1 = 5$



✓ ایزومرها می‌توانند از یک خانواده **نباشند** مثلاً آلken با سیکلوآلkan هم کربن با فرمول عمومی  $C_nH_{2n}$  ، باهم ایزومر هستند.

**نکته:** نحوه تشخیص ایزومرها از روی نام :

تعداد کربن برابر و پسوند در نام غیر یکسان		تعداد کربن برابر و پسوند در نام یکسان	
۱- هگزن	متیل سیکلوپنتان	اوکتان	۳- اتیل هگزان
۱- هگزن	<b>سیکلو هگزان</b>	بوتان	متیل پروپان
پروپن	سیکلو پروپان	۳- هگزن	۲- هگزن
۲- بوتن	متیل سیکلو پروپان	هگزان	۳- متیل پنتان
۳- هگزن	سیکلو هگزان	سیکلو هگزان	۱و ۳- دی متیل سیکلو بوتان

## نفت، ماده‌ای که اقتصاد جهان را دگرگون ساخت:

✓ نفت خام مخلوطی از **هیدروکربن‌های گوناگون**، برخی **نمک‌ها**، **اسیدها**، **آب** و ... با مقدار **متغیر** در نقاط مختلف است.

✓ **آلکان‌ها** بخش عمدهٔ هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند.

✓ به دلیل **واکنش‌پذیری کم** آلکان‌ها **غلب** به عنوان **سوخت** به کار می‌روند، به طوری که بیش از ۹۰ درصد نفت

خام صرف **سوزاندن** و **تأمین انرژی** می‌شود و تنها مقدار کمی (کمتر از ۱۰ درصد) از نفت خام به عنوان **خوراک**

**پتروشیمی** در تولید مواد **پتروشیمیایی** به کار می‌رود.

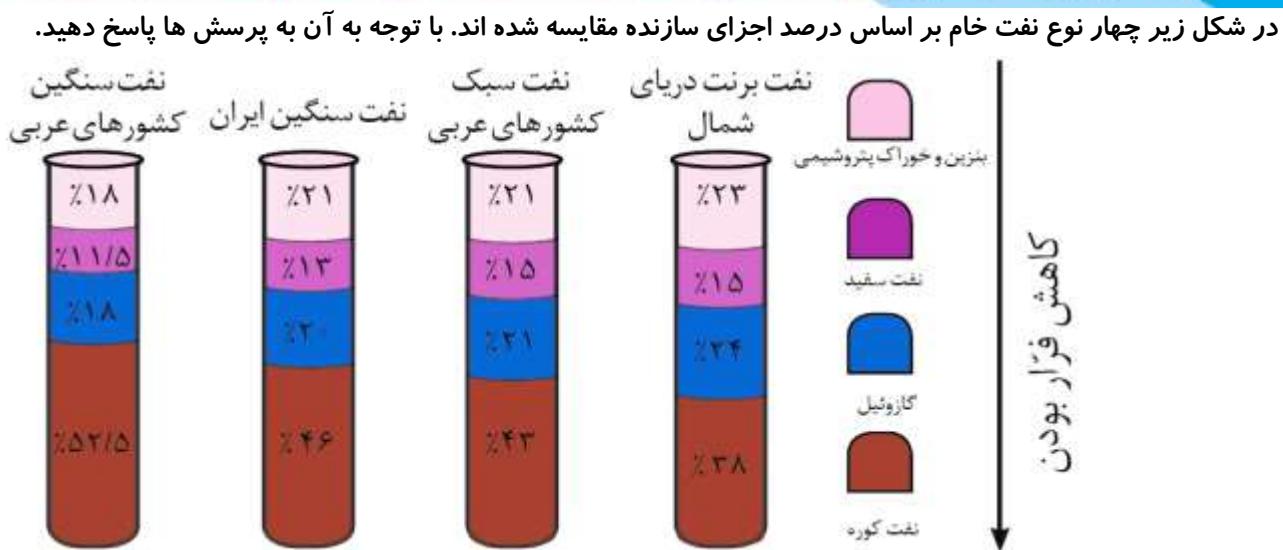
✓ از نفت خام، هیدروکربن‌های **متفاوتی** به دست می‌آید.



..... ص ۴۳ کتاب

میثم احمدوند

با هم بینند یشیم



الف) اندازه مولکول‌های نفت کوره با بنزین چه تفاوتی دارد؟

اندازه مولکول‌های نفت کوره بزرگتر است. هرچه مولکولی فرآرتر باشد جرم مولکول کمتر و بنابراین اندازه مولکول کوچک‌تر است.

نفت کوره < گازوئیل > نفت سفید < بنزین و خوراک پتروشیمی : مقایسه جرم مولی بر اساس فرآریت

ب) کدام دسته از مواد در نفت سنگین بیشتر از نفت سبک وجود دارد؟ **نفت کوره**

پ) ملاک دسته بندی نفت خام به دو دسته سبک و سنگین چیست؟

هرچه درصد نفت کوره در نفت سنگین تر است و هر نفتی که خوراک پتروشیمی و بنزین بیشتری داشته باشد، نفت سبک‌تر است.

ت) چرا قیمت نفت برنت دریای شمال از دیگر نفت‌ها بیشتر اما قیمت نفت سنگین کشورهای عربی کمتر است؟

چون بنزین و خوراک پتروشیمی بیشتری دارد و مواد اولیه بیشتری برای صنایع می‌توان از آن بدست آورد.

نکته: درصد نفت **کوره** در نفت سنگین کشورهای **عربی** بیشتر از نفت خام سایر **نقاط** است.

### پالایش نفت خام در برج تقطیر:

پس از  **جدا کردن نمک‌ها، اسیدها و آب**، نفت خام با استفاده از **قطیر جزء به جزء**، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطه جوش نزدیک به هم جدا می‌کنند که به این فرایند **پالایش** می‌گویند.

✓ برای تقطیر **جزء به جزء**، نفت خام را درون محفظه‌ای بزرگ **گرما** می‌دهند و آن را به برج **قطیر** هدایت می‌کنند.

✓ در برج تقطیر از **پایین به بالا دما کاهش** می‌یابد.

✓ نفت خام **داع** به قسمت **پایین** برج وارد می‌شود.

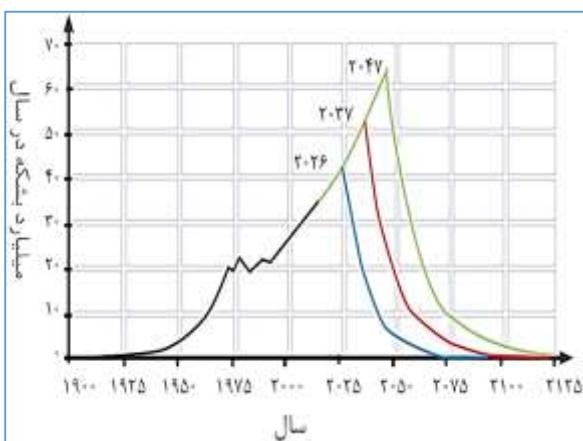


- ✓ مولکول‌های سبک‌تر و فرآورتر از جمله مواد پتروشیمیایی، از مایع بیرون آمده و به سوی بالا برج حرکت می‌کنند.
- ✓ به تدریج که این مولکول‌ها بالاتر می‌روند، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند.
- ✓ مایع‌های حاصل در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج خارج می‌شوند. بدین ترتیب مخلوط‌هایی با نقطه‌جوش نزدیک به هم از نفت خام جداسازی می‌شوند.
- نکته:** تقطیر جزء به جزء، فرایندی است که در آن مخلوط‌هایی با نقطه‌جوش نزدیک به هم را جدا می‌کنند.

- ✓ دستیابی به دانش و فناوری پالایش نفت خام، سبب ایجاد تحولی بزرگ در صنعت حمل و نقل، پتروشیمی، و دیگر صنایع شد.
- ✓ پالایش نفت خام از سویی سوختی ارزان و مناسب را در اختیار صنایع قرار می‌داد و از سوی دیگر، منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان قیمت می‌شد.

- ✓ همه این روند منجر سبب شد تا ارزش و اهمیت طلای سیاه روز به روز بیشتر شود تا جایی که استفاده و شناخت بیشتر آن، چهره زندگی را آشکارا تغییر داد.

استخراج و مصرف بی رویه این نعمت خدادادی سبب شده تا این اندوخته را به پایان باشد. در نمودار روبه رو میزان نفت تولید شده تا اکنون را داریم و برآورد می‌شود این روند در حالت حداقلی تا ۲۰۴۷ میلادی ادامه داشته و بعد از آن شروع به کاهش و نهایتاً اتمام می‌کند. در حالت برآورد حداقلی نیز تا ۲۰۲۶ میلادی روند برداشت نفت افزایش و سپس شروع به کاهش کند. خط وسط نیز میانگین دو برآورد را نشان می‌دهد.



## زغال سنگ

- ✓ زغال سنگ یکی از سوخت‌های فسیلی است و فرمول کلی آن را به صورت  $C_{135}H_{96}O_9NS$  برآورد می‌کنند.
- ✓ برآوردها نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد.
- ✓ زغال سنگ به عنوان سوخت می‌تواند جایگزین نفت شود.
- ✓ جایگزینی نفت با زغال سنگ باعث ورود بیشتر آلاینده‌ها به هوای کره و تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود.

مقایسه بنزین با زغال سنگ :

نام سوخت	گرمای آزاد شده (kJ/g)	فرآورده‌های سوختن	مقدار کربن دی اکسید به ازای هر کیلوژول (g)
بنزین	۴۸	$H_2O$ و $CO_2$ و $CO$	0/065
زغال سنگ	۳۰	$NO_2$ و $SO_2$ و $H_2O$ و $CO_2$ و $CO$	0/104

بنابراین باید به دنبال راه‌های بهبود کارآیی زغال سنگ باشیم.

- ✓ یکی از این راه‌ها شست و شوی زغال سنگ به منظور حذف گوگرد و ناخالصی‌های دیگر می‌باشد. (قبل از مصرف)
- ✓ راه دیگر به دام انداختن گاز گوگرد دی اکسید خارج شده از نیروگاه‌ها بوسیله کلسیم اکسید (آهک) می‌باشد. (پس از مصرف)



### مشکلات تولید زغال سنگ :

- ✓ یکی از مشکلات زغال سنگ ، **شرايط دشوار استخراج** آن است. به گونه‌ای که در سده اخیر بیش از ۵۰۰۰۰۰ نفر در سطح جهان در اثر **انفجار یا فرورختن** معدن جان خود را از دست داده اند.
  - ✓ این انفجارها **غلب** به دلیل تجمع **غاز متان** آزاد شده از زغال سنگ در معدن رخ می‌دهد.
  - ✓ هرگاه مقدار متان در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال **انفجار** وجود دارد. بدینه‌ی است هرچه درصد متان **بالاتر** برود، احتمال انفجار نیز **بیشتر** خواهد شد.
- ویژگی‌های **متان** : **گازی سبک** ، **بی بو و بی رنگ** ، دارای **۴ پیوند کووالانسی و ساده‌ترین آلکان** است.

### راه‌های جلوگیری از بروز حادثه در معادن زغال سنگ :

- ✓ ضروری است **استانداردها و اصول ایمنی** درمعدن به طور دقیق رعایت شود.
- ✓ **مقدار** گاز متان در هوای معدن پیوسته **اندازه‌گیری و کنترل** شود.
- ✓ یکی از راه‌های کاهش متان در هوای معدن استفاده از **تهویه مناسب و قوی** است.

### مزایای حمل و نقل هوایی :

- ۱** سریع‌ترین حالت حمل و نقل **۲** عدم نیاز به جاده سازی و **تعمیرات** آن **۳** مسافت آسان **۴** خدمات رسانی خوب در موقع اضطراری حتی در نقاط دور دست

### معایب حمل و نقل هوایی :

- ✓ به دلیل **هزینهٔ بسیار زیاد** آن، شمار محدودی از شرکت‌ها مانند پست و همچنین افراد جامعه می‌توانند از آن استفاده کنند.

### سوخت هوایپما :

- ✓ سوخت هوایپما از **پالایش نفت خام** در برج‌های **قطیر** پالایشگاه‌ها تولید می‌شود.
  - ✓ سوخت هوایپما به طور عمده از **نفت سفید** که مخلوطی از **آلکان‌هاست** تهیه می‌شود.
  - ✓ امروزه تولید سوخت هوایپما یکی از **صناعات مهم و ارزآور** است که به **دانش فنی پالایی** نیز احتیاج دارد.
  - ✓ شرکت‌های دانش بنیان می‌توانند با ورود به این عرصه کارآفرینی کرده و در شکوفایی اقتصادکشور قدم‌های مؤثری را بردارند.
- نکته:** نفت سفید شامل آلکان‌هایی با **۵ تا پانزده** کربن است.

- نکته:** یکی از مسائل مهم در تأمین سوخت **انتقال** آن به مراکز **توزیع و استفاده** آن است که در حدود **۶۶** درصد آن از طریق **خطوط لوله** و بقیه با استفاده از **راه آهن** ، **نفتکش جاده‌پیما** و **کشتی‌های نفتی** انجام می‌شود.

### تمرین‌های دوره‌ای :

- ۱- یون سولفات موجود در  $\frac{2}{45}$  گرم از نمونه‌ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم، جداسازی کرده و  $\frac{2}{18}$  گرم باریم سولفات به دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی را بر حسب یون سولفات حساب کنید.  $(\text{Ba}^{2+} \text{(aq)} + \text{SO}_4^{2-} \text{(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_4 \text{(s)})$

$$\text{۱) } ? \text{ g SO}_4^{2-} = \frac{2}{18} \text{ g BaSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{233 \text{ g BaSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol BaSO}_4} \times \frac{96 \text{ g SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} = 0.9 \text{ g SO}_4^{2-}$$

$$= \frac{0.9 \text{ g}}{2/45 \text{ g}} \times 100 = 36/73\%$$

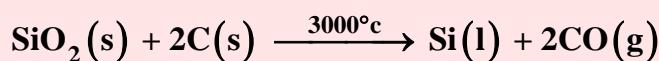
- ۲- از واکنش  $1/8$  گرم فلز آلومینیم با خلوص  $90$  درصد با محلول مس(II) سولفات مطابق واکنش زیر، چند گرم فلز مس آزاد می‌شود؟



$$\textcircled{1} \quad ? \text{ g Cu} = 8/1 \text{ g Al} \times \frac{90}{100} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{63/5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 25/71 \text{ g Cu}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{8/1 \text{ (g)} \times \frac{90}{100}}{27 \times 2} = \frac{x}{3 \times 63/5} \Rightarrow x = 25/71 \text{ g Cu}$$

۳- سیلیسیم عنصر اصلی سازنده سلول های خورشیدی است که از واکنش زیر تهیه می شود.



الف) واکنش پذیری کربن را با سیلیسیم مقایسه کنید.

**کربن واکنش پذیری بیشتری نسبت به سیلیسیم دارد زیرا توانسته است این عنصر را از ترکیب با اکسیژن خارج کند.**

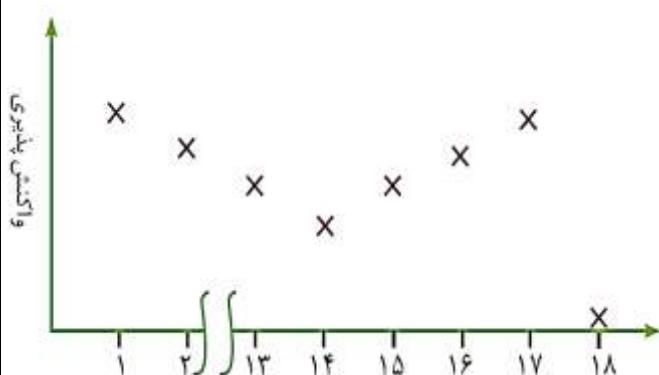
ب) مقدار ناخالصی در ۱۰۰ گرم سیلیسیم مصرفی در صنایع الکترونیک ۱/۰۰۰۰ گرم است. درصد خلوص آن را حساب کنید.

$$100 - \frac{99/9999 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 99/9999\% \Rightarrow \text{درصد خلوص} = 99/9999\%$$

۴- نمودار زیر روند کلی تغییر واکنش پذیری عنصرهای دوره دوم جدول دوره ای را نشان می دهد.

الف) چرا واکنش پذیری عنصرهای گروه ۱۸ در حدود صفر است؟

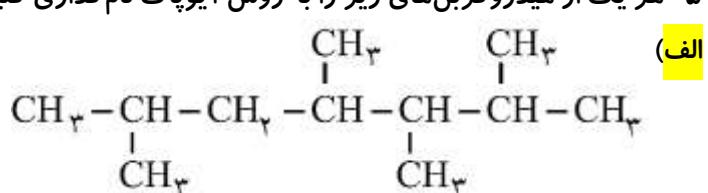
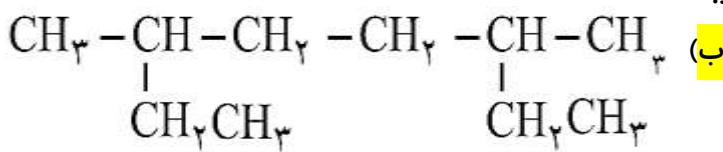
**گازهای نجیب به جز هلیم در لایه ظرفیت خود دارای ۸ الکترون می باشند به عبارت دیگر به آرایش هشتایی رسیده اند به همین دلیل تمایل به کسب یا از دست دادن الکترون ندارند.**



ب) روند تغییر واکنش پذیری را توضیح دهید.

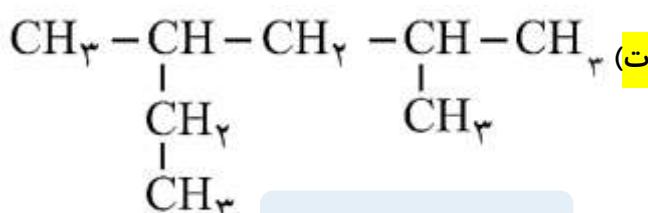
**برای فلزات در یک دوره از چپ به راست واکنش پذیری کاهش و برای نافلزات در یک دوره از چپ به راست واکنش پذیری افزایش می یابد.**

۵- هر یک از هیدروکربن های زیر را به روش آیوپاک نام گذاری کنید.

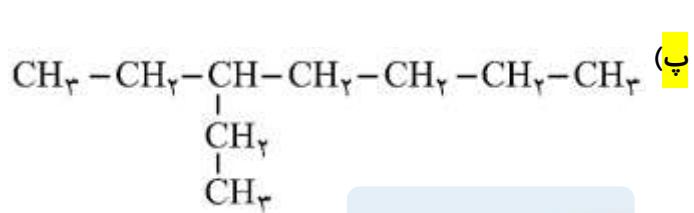


۶،۳- دی متیل اکتان

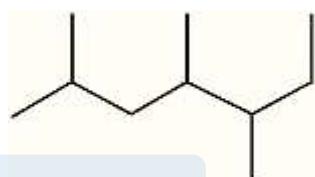
۶،۴،۳،۲- ترا متیل هپتان



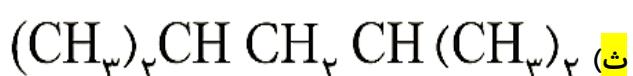
۴،۲- دی متیل هگزان



۳- اقیل هپتان

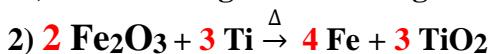
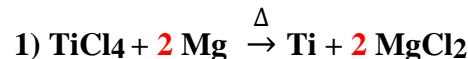


ج)



۴،۴- دی متیل پنتان

۶- با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید. الف) هر یک از آنها را موازن کنید.



$\text{Fe} < \text{Ti} < \text{Mg}$

ب) ترتیب واکنش پذیری عنصرهای  $\text{Ti}$  و  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$  را مشخص کنید.

پ) پیش بینی کنید آیا واکنش زیر در شرایط مناسب انجام می‌شود؟ چرا؟ در صورت انجام، آن را کامل و موازن کنید.



**بله، زیرا واکنش پذیری منیزیم بیشتر از آهن است و تولید ترکیب می‌کند.**

ت) تیتانیم فلزی محکم، با چگالی کم و مقاوم در برابر خوردگی است. یکی از کاربردهای آن استفاده در بدنه دوچرخه است. اگر در کارخانه‌ای از مصرف  $10^7 \times 3/54$  گرم تیتانیم (IV) کلرید،  $10^6 \times 7/91$  گرم فلز تیتانیم به دست آید، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$\textcircled{1} \quad ? \text{ g Ti} = \frac{7/91}{3/54} \times 10^7 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{1 \text{ mol}}{190 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{48 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 8/94 \times 10^6$$

$$= \frac{7/91 \times 10^6}{8/94 \times 10^6} \times 100 = 88/47\%$$

۷- معدن مس سرچشمۀ کرمان، یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان به شمار می‌رود و بزرگ‌ترین تولیدکننده مس است.



برای تهیۀ مس خام از سنگ معدن آن، واکنش زیر انجام می‌شود.

الف) با مصرف  $400 \text{ kg}$  مس(I) سولفید با خلوص  $85\%$  حدود  $190/54 \text{ kg}$  مس خام تهیۀ می‌شود. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$\textcircled{1} \quad ? \text{ kg Cu} = 400 \text{ kg} \times \frac{85}{100} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol}}{160 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{64 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 272 \text{ kg Cu}$$

$$= \frac{190/54}{272} \times 100 = 70\%$$

ب) چرا این واکنش روی محیط زیست تأثیر زیانباری دارد؟

**یکی از فراورده‌های این واکنش گوگرد دی‌اکسید بوده که یک آلاینده محسوب می‌شود.**

۸) هگزان ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) و ۱-هگزن ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ) دو مایع بی‌رنگ هستند.

الف) روشی برای تشخیص این دو مایع پیشنهاد کنید.

استفاده از برم. ۱-هگزن، چون یک آلکن و سیرنشده است با برم واکنش داده و در نتیجه ظرف دارای آن بی‌رنگ خواهد شد.

ب) جای خالی را در واکنش زیر پر کنید.



## پایان فصل اول

## فصل دوم: در پی عذای سالم

**مباحثه عمده فصل:** تغذیه، دما و اندرثی گرمایی، گرمایش شیمی (ترمودینامیک شیمیایی)، گروه‌های عاملی، سینتیک شیمیایی، مسائل سرعت و اکنش‌ها

- ✓ دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را **ماده** و **انرژی** می‌دانند.
- ✓ **کاهش** جرم خورشید به عنوان **تنها منبع** حیات بخش **انرژی**، تبدیل **ماده** به **انرژی** را تأیید می‌کند. (طبق رابطه انبیشن  $E=mC^2$ )
- ✓ نیاز به **انرژی** برای انجام هر فعالیت با هر **آنگی**، وجود یک منبع **انرژی** نزدیک‌تر را آشکار می‌سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای **فیزیکی** و به ویژه واکنش‌های **شیمیایی** انجام می‌شود.
- ✓ راه تأمین انرژی برای بدن **گوارش غذا** (چربی‌ها و قندها) است.
- ✓ **انرژی** از طریق **سوزاندن سوخت‌ها** و نیز **گوارش غذا** در بدن تأمین می‌شود.
- ✓ امیدواریم با بررسی و درک واکنش‌های **گرمایشی** و **سرعت** انجام آنها، در استفاده درست و مناسب از دو منبع **سوخت و غذا** تلاش کنیم.
- ✓ غذا همواره نقش **محوری** در **رشد**، **تندرستی** و **زندگی** انسان داشته است. بشر آغازین اغلب در طول روز به دنبال غذا و جمع آوری دانه‌های خوراکی بود. انسان به تدریج آموخت که دانه‌ها را بکارد و فرآورده‌ها را درو کند؛ فرایندی که **نخستین انقلاب در کشاورزی** بود و باعث شد انسان‌ها حبوبات، غلات و ... را به مقدار **زیادی** تولید کند.
- ✓ **افزایش جمعیت** جهان عاملی تعیین کننده در انقلاب کشاورزی بوده و هست، به طوری که امروزه تأمین غذای میلیاردها نفر بسیار **پیچیده و دشوار** است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از **غلات، حبوبات، مواد پرتوئینی** و... تولید شود.



نمودار تولید و مصرف جهانی غلات (میلیون تن)

- ✓ **پیشرفت دانش و فناوری** موجب شده است که تولید فرآورده‌های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به روش **صنعتی** تولید شود.
- ✓ در تولید انبوه، به دلیل **فساد** مواد غذایی و **دشواری نگهداری** آنها، حفظ **کیفیت و ارزش** مواد غذایی اهمیت بسزایی دارد.
- ✓ برای تولید غذا در حجم انبوه به فعالیت‌های **صنعتی** گوناگونی مانند **تولید، حمل و نقل، نگهداری، فراوری** و ... نیاز است. مجموعه حوزه‌هایی که **صناعت غذایی** نامیده می‌شوند.
- ✓ یکی از **مهمنترین** و شاید **دشوارترین** مسئولیت هر دولت، **تأمین غذای افراد جامعه** است. مسئولیتی که در گذشته با **قططی و جنگ** غذا تهدید می‌شد و امروزه نیز **چالشی** نگران کننده به شمار می‌رود.
- ✓ در صنایع غذایی سطح وسیعی از زمین‌های **بایر** و حجم عظیمی از **آب‌های** قابل استفاده در **کشاورزی** مصرف می‌شود.

## خود را بیازمایید

جدول رو به رو، سرانه مصرف سالانه برخی مواد خوراکی را نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

✓ سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین (معمولًاً یک ساله است) نشان می‌دهد.

✓ سرانه مصرف مواد غذایی در کشورهای مختلف، یکسان نیست.

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی رویه کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟ **صرف زیاد نان، برنج و شکر و ...**

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر **پروتئین**، محتوی انواع **ویتامین** و مواد **معدنی** است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامه غذایی خانواده خود دارید؟

**در هفته چند نوبت در رژیم غذایی قرار گیرد.**

پ) **شیر** و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین **پروتئین** و به ویژه **کلسیم** است. کارشناسان

تغذیه بر مصرف مناسب آنها برای **پیشگیری و ترمیم** پوکی استخوان تأکید دارند. اگر شما یک مدیر تصمیم‌گیرنده در کشور باشید، چه راهکارهایی برای افزایش مصرف آنها ارائه می‌کنید؟

**کاهش قیمت بر اساس پرداخت یارانه، توزیع در مدارس و محل کار کارمندان فرهنگ‌سازی و تشویق خانواده‌ها به مصرف شیر با برنامه سازی و ...**

✓ کشور ایران در مصرف پنج ماده خوراکی **نان، برنج، شکر، روغن و نمک خوراکی** مصرف سالانه **بالاتری** نسبت به سرانه جهانی دارد.

✓ در مقابل، در مصرف **حبوبات** (نخود، لوبیا، عدس و ...)، **سبزیجات، میوه‌جات، گوشت قرمز، ماهی، تخم مرغ و شیر** مصرف سالانه **کمتری** نسبت به سرانه جهانی دارد.

ت) کارشناسان تغذیه بر مصرف حبوبات مانند نخود، لوبیا، عدس و ... در برنامه غذایی تأکید دارند زیرا سرشار از مواد مغذی هستند. بر اساس برنامه غذایی خانواده خود چه پیشنهادی برای افزایش مصرف آنها دارید؟

**استفاده از آنها همراه با مواد غذایی به صورت مستمر**



۱- غذا می‌تواند موجب **بیماری** شود. (پس باید در مصرف غذا حد اعتدال را رعایت کرد.)

۲- با غذا می‌توان برخی بیماری‌ها را **درمان** کرد.

۳- با غذا می‌توان از بروز برخی بیماری‌ها **پیشگیری** کرد.

۴- **تأمین افزایی بدن و سلامت** خانواده در گرو رژیم غذایی **سالم** است.

محورهای مهم خود را بیازمایید:

بدن انسان در هنگام **گرسنگی** توانایی انجام فعالیت‌های **جسمی و ذهنی** را ندارد در واقع غذا چیزی **فراتر** از پاسخ به احساس **گرسنگی** است. غذا نقش‌های مختلفی در بدنه دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- **افزایی** مورد نیاز بدنه برای حرکت **ماهیچه‌ها، ارسال پیام عصبی، جابجایی یون‌ها و مولکول‌ها** از دیواره هر یاخته را تأمین می‌کند.

۲- مواد اولیه برای **ساخت و رشد** بخش‌های گوناگون بدنه مانند **سلول‌های خونی، استخوان، پوست، مو، ماهیچه، آنزیم‌ها** و ... را فراهم می‌کند.

۳- **تأمین حرارت بدنه و تنظیم آن**

همه این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های **شیمیایی** هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که **دما** بدن را نیز **کنترل** و **تنظیم** می‌کنند.

غذا معجونی از مواد **شیمیایی**، محتوی ذره‌های گوناگون است. منظور از **ذره‌ها**، **اتم‌ها**، **مولکول‌ها** و **یون‌ها**ست که بخش عمده ذره‌های بدن از **غذایی** که می‌خوریم **تأمین** می‌شود.

✓ تغذیه **درست** شامل وعده‌های غذایی است که **مخلوط** مناسبی انواع **ذره‌ها** را در بر دارد.

✓ تغذیه **نادرست** (سوء تغذیه) به حالتی می‌گویند که وعده‌های غذایی با **کمبود** نوع خاصی از **ذره‌ها** همراه است. در این شرایط، بدن به تدریج **ضعیف** شده و شرایط **بیماری** فراهم خواهد شد.

✓ افزایش **نامتناسب** برخی **مولکول‌ها** و **یون‌ها** در وعده‌های غذایی سبب **افزایش وزن** و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

### غذا، ماده و انرژی :

بدن ما برای انجام فعالیت‌های **ارادی** و **غیر ارادی** گوناگون به **ماده** و **انرژی** نیاز دارد. مثلاً هنگامی که **قندخون** (گلوکز) پایین می‌آید می‌توان با خوردن **سیب** یا **شربت آبلیمو** و **عسل** و یا هنگامی که بدن دچار **کمبود آهن** باشد با خوردن **اسفناج** و **عدسی**، بدن را به حالت طبیعی برگرداند.

✓ ارزش مواد غذایی در **تأمین ماده** و **انرژی** مورد نیاز بدن یکسان **نیست**. به عنوان مثال ارزش غذایی **ماکارونی** و **گردو** متفاوت است. به همین دلیل خوردن این مواد غذایی انرژی متفاوتی در بدن تولید می‌کند.

				
ماست	گوشت ماهی	تخم مرغ	عدس	اسفناج
منبع غنی <b>منیزیم</b> و <b>کلسیم</b>	حاوی <b>امگا - ۳</b>	حاوی آمینو اسید و پروتئین ساز	حاوی <b>آهن</b> - حاوی <b>آهن</b>	خون ساز - حاوی <b>آهن</b>

خوردن هر یک از مواد غذایی زیر **انرژی** مورد نیاز بدن و نیز **کمبود** برخی مواد را **جبران** و **سلامت** بدن ما را **تأمین** می‌کند.

افزایش **قند خون** ←

✓ خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل

جبران **کمبود آهن** و **کم خونی** ←

✓ خوردن اسفناج و عدسی

جلوگیری از **پوکی استخوان** ←

✓ خوردن شیر و ماست منبع غنی **منیزیم** و **کلسیم**

کاهش **کلسترول خون** و **کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی** ←

✓ خوردن گوشت ماهی (**امگا - ۳**)

به ساخت **پروتئین‌ها** در بافت‌های بدن کمک می‌کند. ←

✓ خوردن **تخم مرغ** سرشار از انواع آمینو اسیدها

✓ **بکی** از راه‌های آزادشدن انرژی مواد، **سوزاندن** آنهاست. سوخت‌هایی مانند **کاز شهری**، **بنزین**، **الکل** و **زغال** هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند و این انرژی برای **گرم کردن خانه**، **پخت و پز** و نیز به **حرکت در آوردن** خودروها مصرف می‌شود.

✓ باید توجه داشته باشیم که مقدار گرمای آزاد شده به **نوع ماده** و **جرم ماده** بستگی دارد به عنوان مثال **گردو** و **ماکارونی** هنگام سوختن انرژی آزاد می‌کنند، اما میزان انرژی حاصل از سوختن آن **متفاوت** است. به طوری که انرژی آزاد شده از **۲ گرم ماده** برابر انرژی آزاد شده از **یک گرم آن** است.

هنگامی که یک قطعه کاکائو را در جیب خود بگذاردید یا در دست نگه دارید پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری به خود می‌گیرد زیرا دمای آن افزایش یافته و جنبش ذرات سازنده آن شدیدتر می‌شود.

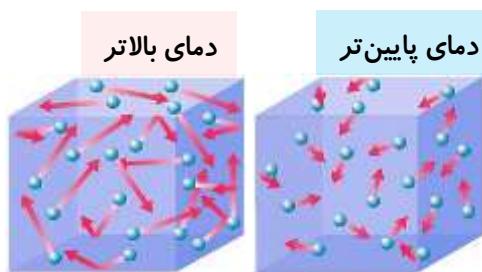


## دماهی یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

- ✓ در تعریف رایج گفته می‌شود که **۵۵** معیاری از **گرمی** و **سردی** اجسام می‌باشد و با مفهوم **گرما** متفاوت است. به عنوان مثال سردی یا گرمی هوا نشانه تفاوت میان **دما** آنهاست. از آنجا که در شیمی بررسی **ساختار مواد** و **فرایندها** از دیدگاه **ذره‌ای** (میکروسکوپی) اهمیت ویژه‌ای دارد، می‌خواهیم مفهوم دما را از این دیدگاه بررسی کنیم.
- ✓ می‌دانیم که ذرات سازنده یک ماده در سه حالت فیزیکی **جامد**، **مایع** و **غاز** پیوسته در جنب و جوش هستند اما میزان جنب و جوش ذرات با یکدیگر **متفاوت** است.

- ✓ در دماهی معین، **یک ویژگی مشترک** تمام مواد با هر حالت فیزیکی، وجود **جنبیش‌های نامنظم** ذرات آن است.
- ✓ جنبیش‌های نامنظم ذرات در حالت **غاز**، شدیدتر از **مایع** و در حالت **مایع** شدیدتر از حالت **جامد** است.

- ✓ هر چه دماهی ماده **بیشتر** باشد، **جنبیش‌های نامنظم** ذرات سازنده آن **شدیدتر و بیشتر** است. برای نمونه این جنبیش‌ها در آب **گرم** شدیدتر از آب **سرد** است. و یا بوی غذای گرم سریعتر از غذای سرد به مشام می‌رسد.



مقایسه میزان جنب و جوش ذرات: **غاز > مایع > جامد**  
رابطه دما با میزان جنبش ذرات: هر چه دما **بالاتر**  $\uparrow$  جنبش ذرات **بیشتر**  $\uparrow$

**تعریف دما:** در واقع دماهی یک ماده معیاری برای توصیف میانگین **تندی** و میانگین **افزایی جنبشی** ذرات سازنده آن است.

- ✓ دماهی یک ماده به **مقدار** ماده (جرم ماده) بستگی **ندارد**.
- ✓ در بررسی جنبش مولکولی ذرات ماده، حالت **فیزیکی** ماده مقدم بر **دما** ماده است. مثلاً جنبش ذرات بخار آب با دماهی **۲۰ °C** بیشتر از آب مایع با دماهی **۶۰ °C** است. دماهی معین برای توصیف انرژی جنبشی ذرات است نه تعیین انرژی جنبشی ذرات.
- ✓ چون انرژی **جنبشی** همه ذرات یکسان **نیست** به همین دلیل از کلمه **میانگین** استفاده می‌کنیم.
- ✓ یکای رایج دما، درجه سلسیوس (**°C**) است در حالی که یکای دما در SI، کلوین (**K**) می‌باشد.
- ✓ نماد دما بر حسب درجه سلسیوس،  **$T = \theta (\text{°C}) + 273$**  و برای کلوین، **T** است. رابطه بین این دو به صورت مقابله است:
- ✓ **ارزش دماهی** یک درجه سلسیوس و یک **کلوین** برابر است از این رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند  **$\Delta T = \Delta\theta$**  می‌باشد.
- ✓ اگر دماهی دو نمونه ماده با هم **برابر** باشد. **میانگین** انرژی جنبشی این دو نمونه با هم **برابر** است.

با هم بینند یشیم  
ص ۵۵ کتاب

- ۱) شکل زیر دو نمونه از هوای صاف شهر شما را با جرم یکسان نشان می‌دهد. با توجه به آن در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت را کامل کنید.



- الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در **شب** نشان می‌دهد.  
ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک **روز تابستانی** نشان می‌دهد.

- پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازنده یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد، انرژی گرمایی  **$\frac{A}{B}$**  بیشتر بوده زیرا **شمار مولکول‌های دمای** آن بیشتر است.

(۲) با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

الف) میانگین تندي مولکول‌های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

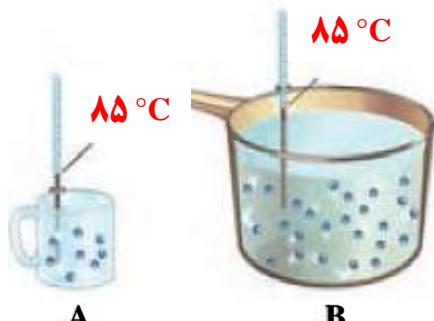
**میانگین تندي مولکول‌ها به دما بستگی دارد و چون دمادر هر دو ظرف یکسان است**

**بنابراین میانگین تندي مولکول‌ها برابر است.**

ب) انرژی گرمایی آب موجود در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟

**B – زیرا مقدار ماده موجود در ظرف B بیشتر است بنابراین مجموع انرژی جنبشی**

**ذرات آن نیز بیشتر است.**



**تعریف انرژی گرمایی:** به **مجموع** انرژی جنبشی ذرات سازنده یک ماده، **انرژی گرمایی** آن ماده می‌گویند.

✓ **انرژی گرمایی به دما و مقدار** ماده بستگی دارد به طوری که هر چه **دما** و **مقدار** ماده **بیشتر** باشد انرژی گرمایی آن نیز **بیشتر** است.

✓ هر چه **دما** جسمی **بیشتر** باشد، مجموع انرژی جنبشی ذرات که همان **انرژی گرمایی** است، **بیشتر** می‌شود.

✓ **انرژی گرمایی**، نوعی از انرژی است و یکای آن **ژول (J)**، **کالری (cal)** و ... است.

✓ از دست دادن **گرما** باعث می‌شود دمای جسم **کاهش** یابد و میانگین انرژی جنبشی ذرات آن **کم** می‌شود و گرفتن **گرما** باعث **افزایش** دمای جسم می‌شود.

### تهیه غذای آب پز، تحریب تفاوت دما و گرما :

زمانی که درون یک ظرف مقداری آب با دمای **۲۵°C** ریخته و تخم مرغی را درون آن می‌گذاریم طبیعی است که تخم مرغ نمی‌پزد اما با دادن **گرما** به آن و **بالا** بردن دما امکان پخت آن فراهم می‌شود. در این فرایند **۲۵°C** تنها یک **کمیت** به نام **دما** آب را نشان می‌دهد و **توصیف** یک ویژگی ماده است. مواردی از این دست نشان می‌دهد که **تغییر دما** برای توصیف یک **فرایند** به کار می‌رود، در واقع انجام **فرایند** (**مبادله گرما**) است که می‌تواند باعث **تغییر دما** شود.

✓ یکی از روش‌های تغییر دمای ماده، انجام **فرایندی** است که در آن ماده **گرما جذب** می‌کند یا **از دست می‌دهد**. این توصیف بیانگر این است که **گرما** از ویژگی‌های یک ماده **نیست** چون **تغییر می‌کند**.

### مقایسه دما و گرما :

۱) **دما** برخلاف گرما صورتی از انرژی **نیست** و **کمیتی نسبی** است که با کمک آن می‌توان **میانگین انرژی ذرات** را با یکدیگر مقایسه کرد.

۲) **دما** برای **توصیف** یک ماده بکار **می‌رود** چون جزو ویژگی یک ماده محسوب می‌شود.

۳) **گرما** از ویژگی‌های یک ماده **نیست** و نباید برای توصیف آن به **کار برود**.

۴) یکای رایج دما، درجه **سلسیوس (C°)** است در حالی که یکای دما در **SI**، **کلوین (K)** می‌باشد.

۵) گرما، انرژی در حال **انتقال** است که عامل انتقال آن اختلاف **دما** است.

۶) گرما با نماد **Q** نشان داده می‌شود و یکای آن در **SI** **ژول (J)** است. در برخی موارد از یکای **کالری** نیز استفاده می‌کنند.



$$1 \text{ cal} = 4/18 \text{ J}, \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ Kg.m}^2\text{s}^{-2}$$

### مقایسه روغن و چربی :

۱) روغن و چربی هر دو از جمله ترکیب‌های **آلی** هستند.

۲) روغن و چربی به دلیل **تفاوت در ساختار**، رفتارهای **فیزیکی** و **شیمیایی** متفاوتی دارند.

۳) **روغن** دارای حالت فیزیکی **مایع** بوده اما **چربی** **جامد** است.

۴) از دیدگاه **شیمیایی**، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانه **بیشتر** وجود دارد.

۵) **واکنش پذیری** روغن از چربی **بیشتر** است (زیرا روغن **سیرنشده قر** از چربی است).

## انواع ظرفیت‌های گرمایی :

**ظرفیت گرمایی (C)** : مقدار گرمایی لازم برای افزایش دمای یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) است.

$$\frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما}} = \frac{Q(J)}{\Delta\theta(^{\circ}\text{C})} \quad \text{یا} \quad C (J \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}) = \frac{Q(J)}{\Delta\theta(^{\circ}\text{C})} \Rightarrow \text{یکا} \Rightarrow J \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

ظرفیت گرمایی یک ماده به نوع و مقدار آن ماده وابسته است.

به عنوان مثال در مقدار برابر آب و روغن زیتون ظرفیت گرمایی آب به دلیل تفاوت نوع مواد، بالاتر است.

هرچه جرم ماده بیشتر باشد ظرفیت گرمایی آن نیز بالاتر است؛ مثال: ظرفیت گرمایی یک پارچ آب بیشتر از یک لیوان آب است.

**ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمایی ویژه (c)** : مقدار گرمایی لازم برای افزایش دمای یک گرم از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$\frac{\text{ظرفیت گرمایی}}{\text{جرم ماده}} = \frac{Q}{m \times \Delta\theta} \quad \text{یا} \quad c = \frac{Q}{m \times \Delta\theta} \quad \text{یا} \quad Q = mc \Delta\theta \Rightarrow \text{یکا} \Rightarrow J \cdot g^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

به دلیل اینکه  $\Delta\theta = \Delta T$  است در مخرج فرمول می‌توان بجای  $\Delta\theta$  از  $\Delta T$  استفاده کرد.

ظرفیت گرمایی ویژه یک ماده تنها به نوع آن ماده بستگی دارد زیرا آن ماده هر مقدار هم باشد ما فقط گرمایی لازم برای افزایش دمای یک گرم از آن را ببرسی می‌کنیم. (زمانی که نوع ماده که گفته می‌شود حالت فیزیکی آن را نیز در بر می‌گیرد.)

برای تبدیل ظرفیت گرمایی ویژه به ظرفیت گرمایی کافی است ظرفیت گرمایی ویژه را در جرم جسم ضرب کنیم :

ظرفیت گرمایی برای یک ماده فرضی بسته به جرم آن می‌تواند بزرگتر، مساوی یا کوچک‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه خود آن باشد. اگر جرم ماده فرضی بیشتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن به همان نسبت بزرگ‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود، اگر جرم ماده فرضی برابر با یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن برابر با ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود و اگر جرم ماده فرضی کمتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن کوچک‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه اش خواهد بود.

گرمای ویژه برخی مواد خالص در 1atm و 25°C

گرمای ویژه (J.g <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup> )	ماده	گرمای ویژه (J.g <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup> )	ماده
0/900	آلومینیم	4/184	آب
0/236	نقره	0/850	سدیم کلرید
0/128	طلاء	2/430	اتانول
0/920	اکسیژن	0/840	کربن دی اکسید

بیشترین ظرفیت گرمایی ویژه مربوط به آب و کمترین مربوط به طلا می‌باشد.

به طور کلی در این جدول فلزات عمدها کمترین گرمای ویژه را دارند.

برای محاسبه گرمایی جذب یا آزاد شده می‌توان از ظرفیت گرمایی ویژه استفاده کرد؛ یعنی فرمول را بصورت  $Q = mc\Delta\theta$  نوشت.

مثال : مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۱۰ گرم نمک به اندازه ۲۰ درجه سلسیوس برابر است با :  $J = 10 \times 0/850 \times 20 = 170$

**ظرفیت گرمایی مولی (C<sub>m</sub>)** : مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس است.

$$\frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما} \times \text{تعداد مول ماده}} = \frac{Q(J)}{n \Delta\theta(^{\circ}\text{C})} \quad \text{یا} \quad C_m (J \cdot mol^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}) = \frac{Q(J)}{n \Delta\theta(^{\circ}\text{C})} \Rightarrow \text{یکا} \Rightarrow J \cdot mol^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

ظرفیت گرمایی مولی یک ماده تنها به نوع آن بستگی دارد.

برای تبدیل ظرفیت گرمایی مولی به ظرفیت گرمایی مولی در تعداد مول ماده ضرب شود :  $C = C_m \times n$

به دلیل بیشتر بودن جرم مولی ترکیبات از عدد ۱، همیشه ظرفیت گرمایی مولی از ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر است.

برای تبدیل ظرفیت گرمایی ویژه به مولی کافی است ظرفیت گرمایی ویژه در جرم مولی ضرب شود :

$$C_m = c \times M$$

## تعادلات گرمایی :

در برخی سوالات مرتبط با ظرفیت گرمایی، به جای یک ماده دو یا چند ماده را در کنار هم داریم؛ به طور کلی سبک این سوالات به ۳ صورت زیر است:

۱) یکی از مواد دمای بالا و دیگری دمای پایین‌تری دارد و می‌خواهیم آنها به تعادل دمایی برسند؛ برای حل این سوالات چون مقدار گرمایی که جسم گرم از دست می‌دهد با گرمایی که جسم سرد به دست می‌آورد برابر است، پس داریم:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 \Delta \theta_1 = - (m_2 c_2 \Delta \theta_2)$$

۲) می‌خواهیم همزمان دو یا چند ماده را گرم یا سرد کنیم؛ برای این حالت فرض می‌کنیم مواد مستقل از هم گرم یا سرد می‌شوند؛ یعنی:

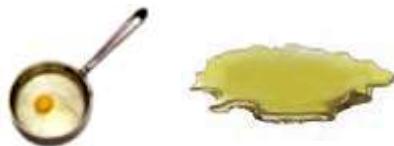
$$Q_1 + Q_2 + \dots = Q_{\text{کل}} \rightarrow m_1 c_1 \Delta \theta_1 + m_2 c_2 \Delta \theta_2 + \dots = Q_{\text{کل}}$$

۳) هر گاه دو جسم با دمای متفاوت داشته باشیم و با هم تماس داده شوند آن گاه گرمتر به جسم سرددتر انتقال می‌یابد تا هر

$$\theta_{\text{تعادل}} = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

با هم بینند ییشیم ص ۵۷ کتاب

دو ظرف فلزی دارای ۲۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم روغن زیتون در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  را در نظر بگیرید و هم زمان محتويات تخم مرغی را به آرامی به هریک بیفزایید؛ با دادن گرما، دمای آنها را به  $75^{\circ}\text{C}$  برسانید. با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



$$(25^{\circ}\text{C}) 200\text{ g} \xrightarrow{19700\text{ J}} 200\text{ g} \text{ روغن زیتون} (75^{\circ}\text{C}) \quad (25^{\circ}\text{C}) 200\text{ g} \xrightarrow{41800\text{ J}} 200\text{ g} \text{ آب} (75^{\circ}\text{C})$$

الف) توضیح دهید چرا تخم مرغ در آب می‌پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی‌کند؟

مطابق شکل برای افزایش دمای آب به اندازه ۵ درجه سلسیوس، گرمای بیشتری جذب شده است پس انرژی گرمایی ظرف محتوى آب بیشتر است و تخم مرغ انرژی گرمایی بیشتری دریافت کرده است.

ب) می‌دانید که ظرفیت گرمایی ماده هم ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$\frac{19700\text{ J}}{50^{\circ}\text{C}} = 394 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1} = \text{ظرفیت گرمایی روغن زیتون}$$

$$\frac{41800\text{ J}}{50^{\circ}\text{C}} = 836 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1} = \text{ظرفیت گرمایی آب}$$

ظرفیت گرمایی آب بیشتر است.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟ (**ظرفیت گرمایی در دمای اتاق و فشار atm اندازه گیری می‌شود**)  
**مقدار ماده – نوع ماده شامل (حالت فیزیکی ماده و ... است).**

ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه (c) آن ماده را نشان می‌دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

$$\frac{41800\text{ J}}{200\text{ g} \times 50^{\circ}\text{C}} = 4.18 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1} = \text{ظرفیت گرمایی ویژه آب}$$

$$\frac{19700\text{ J}}{200\text{ g} \times 50^{\circ}\text{C}} = 1.97 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1} = \text{ظرفیت گرمایی ویژه روغن زیتون}$$

ظرفیت گرمایی ویژه آب بیشتر است.

ث) رابطه ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیاید.

$$\text{جرم} \times \text{ظرفیت گرمایی ویژه} = \text{ظرفیت گرمایی}$$

ص ۵۸ کتاب

## خود را بیاز مایید

(۱) یک استکان چای با دمای  $90^{\circ}\text{C}$  درون اتاقی با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می‌کند؟  
چرا؟ هر دو کاهش می‌یابد. استکان چای انرژی از دست می‌دهد و با دمای اتفاق هم دما می‌شود در نتیجه میانگین انرژی جنبشی ذرات کم و انرژی گرمایی کاهش می‌یابد.

(۲) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرمایی را می‌توان هم ارز با آن مقدار (**انرژی گرمایی / دمایی**) دانست که به دلیل تفاوت در (انرژی گرمایی / **دمایی**) جاری می‌شود.

(۳) تکه‌ای نان و تکه‌ای سبز زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  در نظر بگیرید. اگر آنها را هم زمان در محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دهیم کدام یک زودتر با محیط هم دما می‌شود؟ **نان و سبز زمینی هر دو از نشاسته تشکیل شده‌اند بنابراین سرعت هم دما شدن با محیط به میزان آب موجود در آن‌ها بستگی دارد از آن‌جا که مقدار آب در نان کمتر است زودتر با محیط هم دما می‌شود.**

### جاری شدن انرژی گرمایی :

- ✓ در ترمودینامیک بخشی از جهان را انتخاب و تغییرات انرژی آن را مطالعه می‌کنند.
- ✓ تعریف **سامانه** یا **سیستم** : به بخشی از جهان که برای مطالعه انتخاب می‌شود، **سامانه** یا **سیستم** می‌گویند.
- ✓ **مرز** سامانه : به **دیواره‌ای** که سامانه را از محیط  **جدا** می‌کند ، **مرز** سامانه می‌گویند.
- ✓ **نکته** : مرز سامانه می‌تواند **واقعی** و **قابل مشاهده** و یا اینکه **مجازی** و **قابل تصور** باشد.)
- ✓ تعریف **محیط** : هر چیزی که در **پیرامون** سامانه باشد، **محیط** نامیده می‌شود. مثلاً هنگام نوشیدن شیر گرم **انرژی گرمایی** بین شیر و بدن انسان مبادله می‌شود، در این حالت **شیر گرم را سامانه و بدن را محیط** در نظر می‌گیرند.
- ✓ انرژی همواره بین سامانه و محیط جابجا می‌شود ولی طبق قانون **پایستگی انرژی** مقدار آن در کل جهان ثابت می‌ماند.

### انواع واکنش از لحاظ ترموشیمی :

گرمایی که در یک واکنش مبادله می‌شود، می‌تواند از **سیستم به محیط** یا از **محیط به سیستم** منتقل شود. بر این اساس **دو** نوع واکنش داریم:

- ۱- **فرایندهای گرماده** : اگر گرمایی از **سیستم به محیط** منتقل شود، گفته می‌شود آن واکنش **گرماده** است. مانند گرمایی که از یک لیوان شیر گرم (سیستم) به بدن انسان (محیط) منتقل می‌شود.
- أ. سطح انرژی فراورده‌ها **پایین‌تر** از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.
- ب. فراورده‌ها **پایدارتر** از واکنش دهنده‌ها هستند.
- ت. انرژی از **سامانه به محیط** جریان می‌یابد.



ث. **گرمایی** در سمت **فراروده‌ها** نوشته می‌شود و علامت آن **منفی** است. ( $Q < 0$ )

ج. نمودار انرژی در آنها **نزولی** است.

ح. در فرایند گرماده چون دمای ثانویه کمتر از دمای اولیه است پس داریم:  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 < 0$

خ. الگوی نوشتاری به صورت  $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HCl}_{(g)}$   $\Delta H < 0$  یا  $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HCl}_{(g)} + Q$  است.

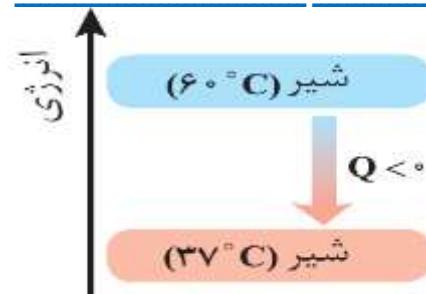
د. آنتالپی واکنش دهنده‌ها بیشتر از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **منفی** است.  $\Delta H < 0$

**مثال** : هنگام نوشیدن شیر داغ **دو** نوع انرژی در بدن **آزاد** می‌شود :

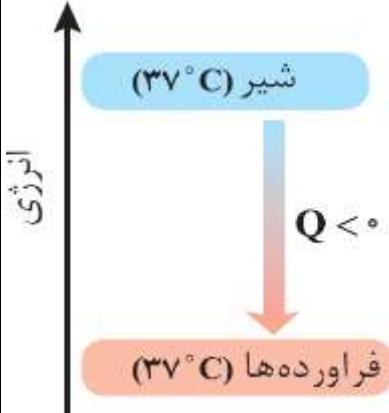
۱- انرژی که به هنگام برقراری **تعادل** گرمایی آزاد می‌شود.

فرایند هم‌دمای شدن شیر در بدن :

نمودار مربوط به فرایند **فیزیکی** است.



**بخش عمده انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت و ساز** به بدن می‌رسد.



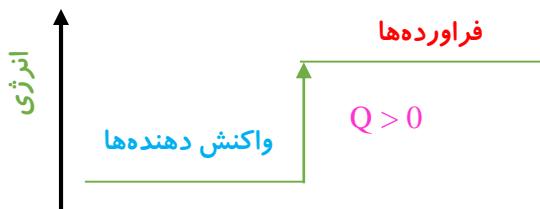
✓ تعریف **گوارش**: مجموعه فرایندهایی با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون است که منجر به تولید **انرژی و مواد اولیه** مورد نیاز سوخت و ساز یاخته‌ها خواهد شد.

✓ در این واکنش‌ها با اینکه دما ثابت است ( $37^{\circ}\text{C}$ ) اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی **داد و ستد** می‌شود.

نمودار آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن:

نمودار مربوط به فرایند **شیمیایی** است.

-**۲- فرایندهای گرماییر**: اگر گرما از **محیط** به **سیستم** منتقل شود، گفته می‌شود آن واکنش **گرماییر** است. مانند گرماییر که یک قطعه بخ برای ذوب شدن از محیط جذب می‌کند.



✓ سطح انرژی فراورده‌ها **بالاتر** از سطح انرژی واکنش دهنده‌هاست.

✓ فراورده‌ها **ناپایدارتر** از واکنش دهنده‌ها هستند.

✓ انرژی از **محیط** به **سامانه** جریان می‌یابد.

✓ **گرما** در سمت **واکنش دهنده‌ها** نوشته می‌شود و علامت آن **مثبت** است. ( $Q > 0$ )

✓ دمای سامانه **افزایش** می‌یابد.  $0 > \Delta\theta$

✓ نمودار انرژی **صعودی** است.

✓ آنتالپی واکنش دهنده‌ها **کمتر** از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **مثبت** است.  $\Delta H > 0$ .

✓ الگوی نوشتاری به صورت  $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)}$  یا به صورت  $\Delta H > 0$  نوشته می‌شود و علامت آن **مثبت** است.

✓ در فرایندهای گرماییر چون دمای اولیه کمتر از دمای ثانویه است بنابراین داریم:  $0 > \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

✓ **پایداری** با سطح **انرژی** رابطه **معکوس** دارد یعنی ذرات با **کسب** انرژی ناپایدارتر می‌شوند.

✓ اتم‌ها در حالت پایه با **جذب** انرژی به اتم‌های **برانگیخته** تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، **پرانرژی‌تر** و **ناپایدارترند**.

### گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماسیمی):

✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر **رنگ**، تولید **رسوب**، آزاد شدن **گاز** و ایجاد **نور** و **صدا** همراه باشد.

✓ ویژگی **بنیادی** در **همه** واکنش‌ها **داد و ستد** گرما با **محیط** پیرامون است.

✓ تعریف **ترموشیمی (گرماسیمی)**: شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی **كمی** و **کیفی** گرمایی واکنش‌های شیمیایی، **تغییر آن** و **تأثیری**

که بر **حالت** ماده دارد، می‌پردازد.

✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است **گرماده** یا **گرماییر** باشد.

✓ مواد غذایی پس از **گوارش**، **انرژی** لازم برای سوخت و ساز یاخته‌ها را در بدن **تأمین** می‌کنند.

✓ سوختن **سوخت‌ها**، انرژی لازم برای **حمل و نقل** و **نیز گرمایش** محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کنند.

✓ زغال **کک**، **واکنش دهنده‌ای** رایج در استخراج **آهن** و **تأمین** کننده **انرژی** لازم برای انجام این واکنش است.

از آنجا که روزانه واکنش‌های شیمیایی بسیاری در اطراف ما و حتی درون بدن ما رخ می‌دهد؛ می‌توان به **وسعت** قلمرو ترموشیمی پی برد. در ادامه مثال‌هایی را برای مشخص شدن آن بیان می‌کنیم:

✓ (۱) یک لیوان شیر  $60^{\circ}\text{C}$  را در نظر بگیرید که می‌نوشیم، شیر گرم، سامانه و بدن محیط پیرامون آن است. گرما به دلیل اختلاف دما از

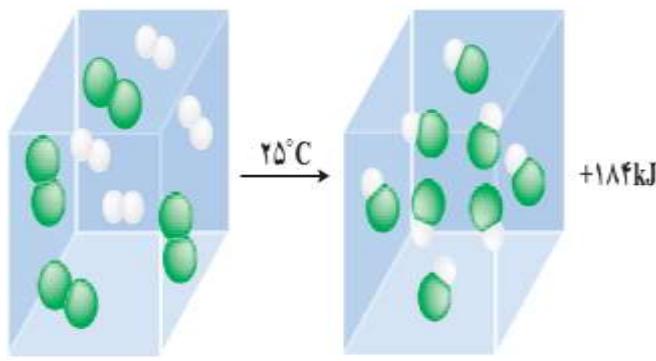
شیر گرم به بدن منتقل می‌شود و دمای سامانه کاهش می‌یابد. (**هم دما شدن**)

در هنگام گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی اتفاق می‌افتد که منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت و ساز سلول‌ها خواهد شد. در این حالت با وجود اینکه دما ثابت است، اما به دلیل انرژی پیوندهایی که دچار تغییر شده‌اند انرژی تولید شده است. (انجام واکنش در دمای ثابت)

- ✓ ۲) فرایند همدما شدن بستنی در بدن با جذب انرژی (گرمایی)، و گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی (گرماده) همراه است. می‌توان نتیجه گرفت گرما در واکنش‌ها، به دو طریق مبادله می‌شود:

$$(1) \text{ هم دما شدن } (\Delta\theta = 0)$$

در این حالت یک سیستم نسبت به محیط سردتر یا گرمتر است و به دلیل اختلاف دما، گرما از سیستم به محیط یا بالعکس منتقل می‌شود.



با توجه به شکل، در واکنش میان گازهای هیدروژن و کلر با آن که واکنش گرماده است، باز هم دما ثابت است.

- پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقدار گرمای آزاد شده در واکنش‌ها، ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذرات) در مواد واکنش‌دهنده و فراورده نیست بلکه علت آن، تفاوت انرژی پتانسیل (ناشی از نیروهای نگه‌دارنده ذره‌های سازنده ذرات) میان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها است.
- ✓ در پرخی منابع از انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی یاد می‌شود.
- ✓ در واکنش  $\text{H-H (g)} + \text{Cl-Cl (g)} \rightarrow 2\text{H-Cl (g)}$  به ازای مصرف ۱ مول از گازهای هیدروژن و کلر و تولید ۲ مول هیدروژن کلرید مقدار ۱۸۴ kJ گرما تولید می‌شود.

با توجه به این توضیحات با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی‌ای که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود.

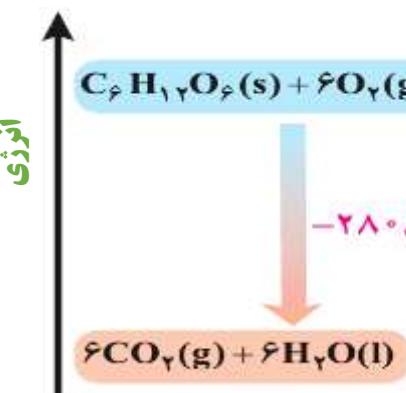
- ✓ انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای نگه‌دارنده ذره‌های سازنده آن است، یعنی نیروهای نگه‌دارنده اتم در هر مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها از یکدیگر متفاوت خواهد بود.
- ✓ ثابت ماندن دما در یک واکنش شیمیایی دلیل مساوی بودن مجموع انرژی گرمایی و شیمیایی برای مواد اولیه و فراورده‌ها نیست.
- ✓ گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده و فراورده می‌باشد زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد.
- ✓ به دلیل متفاوت بودن انرژی شیمیایی در واکنش‌های مختلف گرمای مبادله واکنش‌ها نیز متفاوت خواهد بود.
- ✓ تفاوت در انرژی پتانسیل باعث تغییر دما نمی‌شود ولی تفاوت در انرژی جنبشی باعث تغییر دما می‌شود.

منبع انرژی در بدن، غذا است. منبعی که پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون، انرژی آن به بدن می‌رسد.

یکی از مهم‌ترین واکنش‌ها در فرایند سوخت و ساز یاخته‌ای، اکسایش گلوکز در بدن است که فرایندی گرماده است:

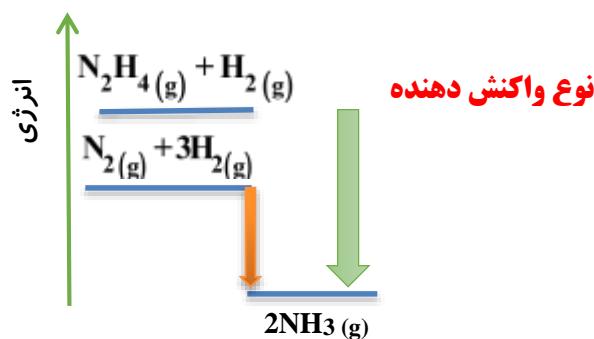


با وجود تولید انرژی در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی نمی‌کند، زیرا دمای مواد واکنش‌دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش برابر است در واقع واکنش در دمای ثابت ( $\Delta\theta = 0$ ) انجام می‌شود.



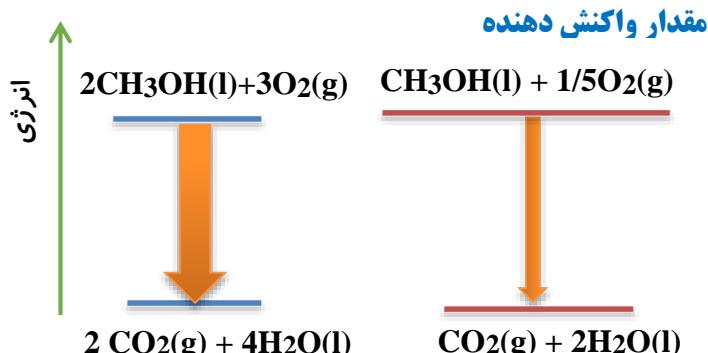
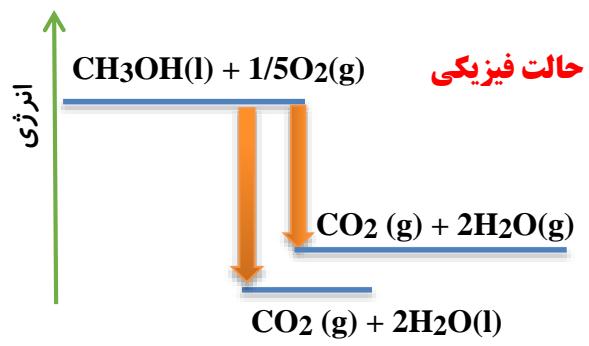
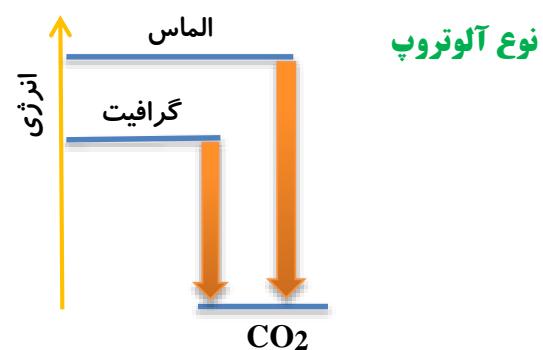
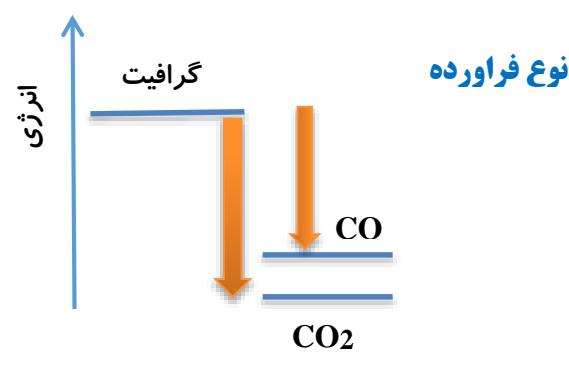
- ✓ از طرفی گلوکز از طریق **فتوسنتز** توسط گیاهان حاصل می‌شود. **اکسایش** گلوکز نمونه‌ای از واکنش **گرماده** و **فتوسنتز** نمونه واکنش **گرمگیر** است.

**عوامل مؤثر بر گرمای واکنش در دما و فشار ثابت :**



**گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به موارد زیر بستگی دارد:**

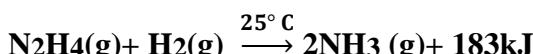
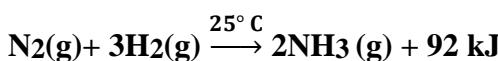
- ۱- **نوع مواد** واکنش دهنده
- ۲- **نوع فراوردها**
- ۳- **نوع آلوتروپ**
- ۴- **حالت فیزیکی** مواد شرکت کننده در واکنش
- ۵- **مقدار** واکنش دهنده



ص ۶۲ کتاب

با هم بیند یشیم

(۱) با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:

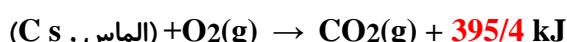
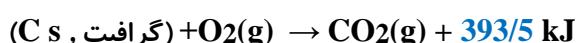


الف) چرا گرمای آزاد شده در دو واکنش متفاوت است؟ توضیح دهید. با تغییر مقدار و نوع مواد شرکت کننده در یک واکنش به دلیل تغییر پیوندهای شیمیایی، انرژی پتانسیل پیوندها تغییر کرده و گرمای مبادله شده نیز دچار تغییر می‌شود.

ب) در کدام واکنش، مواد واکنش دهنده پایدارتر است؟ چرا؟ برای مقایسه پایداری دو ماده می‌توان گفت به دلیل یکسان بودن محصول نهایی چون  $\text{N}_2\text{H}_4$  گرمای بیشتری آزاد کرده است بنابراین ناپایدارتر بوده و سطح انرژی بالاتری دارد.

✓ (هیدرازین  $\text{N}_2\text{H}_4$  ماده‌ای پر انرژی است که برای سوخت موشک استفاده می‌شود.)

(۲) گرافیت و الاس دو آلوتروپ کربن هستند که فراورده واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن دی اکسید است.



الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟ زیرا در این دو آلوتروپ گربن، نحوه اتصال اتم‌ها متفاوت و در نتیجه ساختار متفاوت دارند پس رفتار و محتوای انرژی گرمایی آن‌ها نیز یکسان نیست.

ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟ **گرافیت**، با توجه به یکسان بودن ماده فراورده ( $\text{CO}_2(\text{g})$ ) و سطح انرژی آن، **گرافیت که گرمایی کمتری آزاد کرده** تا به پایداری بیشتر برسد، دارای پایداری بیشتری نسبت به الماس می‌باشد.

پ) از سوختن کامل  $7/2 \text{ g}$  گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

$$7/2 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{393/5 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 236/1 \text{ kJ}$$

(۳) با توجه به واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 484 \text{ kJ}$  پیش‌بینی کنید گرمایی واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 422 \text{ kJ}$  کدام است،  $+572 \text{ kJ}$ ،  $-422 \text{ kJ}$ ،  $-572 \text{ kJ}$ ؟ چرا؟

واکنش از نوع سوختن بوده و واکنش سوختن همواره گرماده است و انرژی دارای علامت منفی است. حالت استاندارد ترمودینامیکی آب، مایع است، بنابراین آب ابتدا به شکل مایع تولید می‌شود و با جذب گرما از محیط به بخار آب ( $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + Q \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ) تبدیل می‌شود و اندکی محیط واکنش را سرد می‌کند، پس گرمایی بیشتری آزاد می‌کند. پس عدد  $422 \text{ kJ}$  صحیح است.

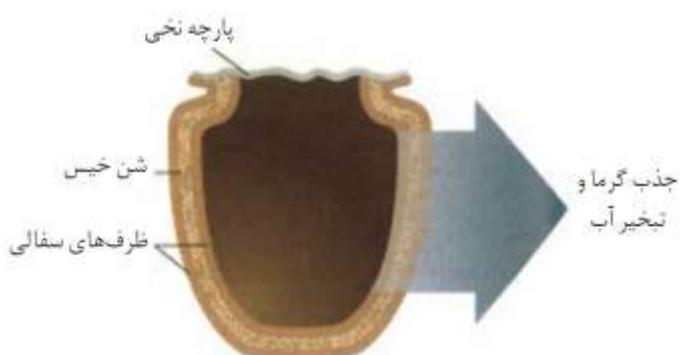
✓ با تغییر **دما** یا **فشار** (در سامانه گازی) گرمایی واکنش **تغییر** می‌کند.

✓ با  $n$  برابر شدن **ضریب استوکیومتری** در یک واکنش گرمایی واکنش نیز  $n$  برابر می‌شود.

✓ اگر واکنشی در جهت رفت **گرمائیر** باشد، در جهت برگشت **گرماده** است یعنی با تغییر جهت واکنش علامت گرما **معکوس** می‌شود.

- ✓ تغییر حالت **فیزیکی** مواد خالص با تغییر **انرژی** همراه است.
- ✓ **تعریف تغییر فیزیکی**: تغییراتی که در آنها ماده **جدیدی** تولید نشده اما حالت **فیزیکی** (جامد – مایع – گاز) ماده تغییر می‌کند.
- ✓ با توجه به نمودار مشاهده می‌کنید که سطح انرژی در **گازها از مایعات** بیشتر و آن نیز از **جامدات** بیشتر است.
- ✓ فاصله بین حالت **گاز** با **مایع** از فاصله بین **مایع** و **جامد** بیشتر می‌باشد.
- ✓ در پیوندهای اشتراکی انرژی بصورت مقابله می‌باشد: **سه گانه < دو گانه < یکانه**

**پیوند با صنعت** : (استفاده از یک واکنش گرمائیر برای تولید یخچال صحرایی)



✓ طراح: **محمد باه آبا**, معلم مسلمان نیجریایی

✓ **نحوه انجام کار**: در این دستگاه، **دو** ظرف سفالی که از جنس **خاک رس** هستند **درونو** یکدیگر قرار گرفته‌اند و فضای میان آنها با **شن خیس** پر می‌شود.

✓ **دروپوش** این مجموعه نیز پوششی **نخی** و **مرطوب** است که **تهویه** را به آسانی انجام می‌دهد. با گذشت زمان و به مرور، آب در بدنه سفالی

ظرف **بیرونی** نفوذ کرده و به آرامی **تبخیر** می‌شود. معادله انجام فرایند به صورت مقابله است:  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 44/1 \text{ kJ} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$

✓ با توجه به معادله واکنش، برای تبخیر هر **مول آب**، **۴۴/۱** کیلوژول گرما از محیط **جذب** می‌شود.

✓ فرایند **جذب** گرمایی در این دستگاه، فضای **داخلی** و محتویات **درونو** آن را خنک کرده و شرایط را برای سالم نگه داشتن غذا به مدت **طلانی تر** مناسب می‌کند.

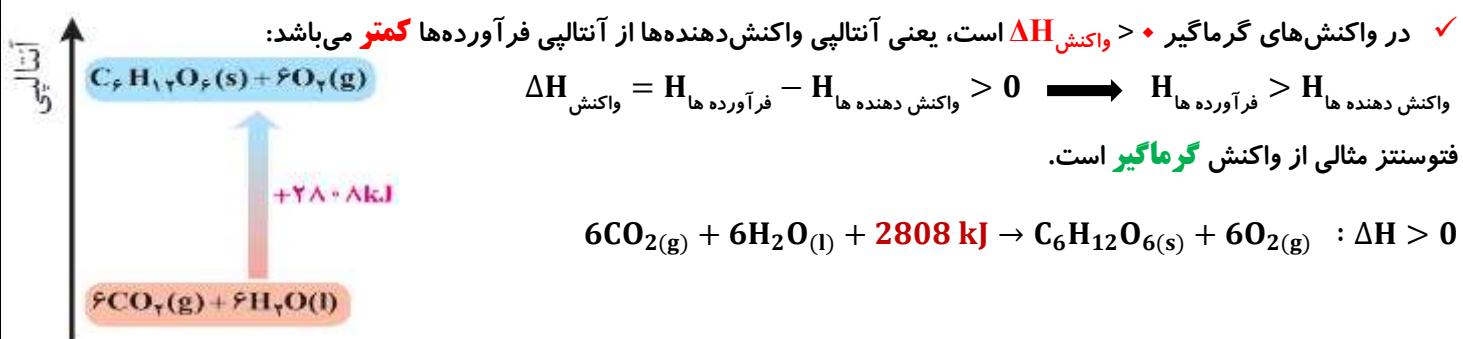
✓ **کاربرد: بدون** نیاز به انرژی **الکتریکی**، غذا را **خنک** و برای مدت طولانی‌تری **نگه** می‌دارد.

## آنتالپی، همان محتوای انرژی است:

- ✓ هر نمونه ماده از تعداد بسیار زیادی **ذره** تشکیل شده است و این ذره‌ها افزون بر **جنبیتی نامنظم**، با یکدیگر **برهمکنش** نیز دارند.
- در واقع، ذره‌های سازنده یک نمونه ماده علاوه بر انرژی **جنبیتی**، دارای انرژی **پتانسیل** نیز هستند.
- ✓ انرژی **جنبیتی** ذره‌ها ناشی از جنب و جوش **پیوسته و نامنظم** و انرژی **پتانسیل** ناشی از **برهمکنش** بین ذرات است.
- ✓ به مجموع انرژی **جنبیتی** و **پتانسیل** (اندری کل) ذره‌های تشکیل دهنده یک سامانه، **محتوای انرژی** یا **آنتالپی** آن سامانه می‌گویند.
- ✓ یک نمونه ماده با **مقدار** آن در **دما** و **فشار ثابت** معین توصیف می‌شود مثلاً ۲۰۰ گرم آب در **دما** و **فشار اتاق** یک نمونه ماده است.
- ✓ هر **سامانه** (یا همه مواد در اطراف ما) در **دما** و **فشار ثابت**، آنتالپی معینی دارد که با انجام یک واکنش **گرمایی** آنتالپی آن **افزایش** می‌یابد و با انجام یک واکنش **گرماده** آنتالپی یا محتوای انرژی آن **کاهش** می‌یابد.
- ✓ **آنتالپی** یک نمونه ماده یعنی محتویات انرژی (مجموع انرژی **جنبیتی** و **پتانسیل**) آن در **دما** و **فشار ثابت**، به ① **مقدار** و ② **نوع ماده** و ③ **حالت فیزیکی** آن وابسته است.
- ✓ از آنجا که داد و ستد انرژی در واکنش‌ها به شکل **عمده** به صورت **گرمایی** ظاهر می‌شود، شیمی‌دان‌ها **تغییر آنتالپی** هر واکنش را هم ارز با **گرمایی** می‌دانند که در **فشار ثابت** با محیط پیرامون داد و ستد می‌کند و آن را با  $Q_p$  نشان می‌دهند.
- ✓ گرمای واکنش در فشار ثابت را با  $\Delta H$  نیز نشان می‌دهند.
- ✓ برای یک واکنش اغلب به جای **تغییر آنتالپی** واکنش، واژه آنتالپی واکنش به کار می‌رود.
- ✓ **آنالپی**: گرمای مبادله شده یک واکنش در **فشار ثابت** است که با  $H$  نشان داده می‌شود و **تغییر آن** نیز با  $\Delta H$  نمایش داده می‌شود.
- $$\Delta H = H_{\text{واکنش دهنده ها}} - H_{\text{فرآورده ها}}$$

✓ **تغییر آنتالپی** واکنش در **دما** و **فشار ثابت** به علت **تغییر در شیوه اتصال اتم‌ها** است.

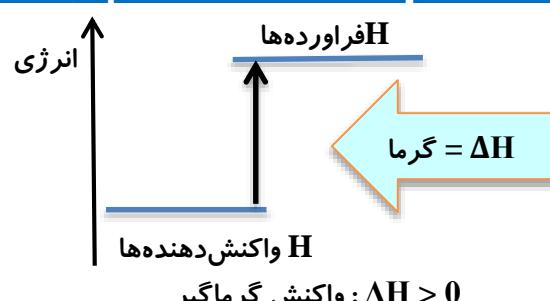
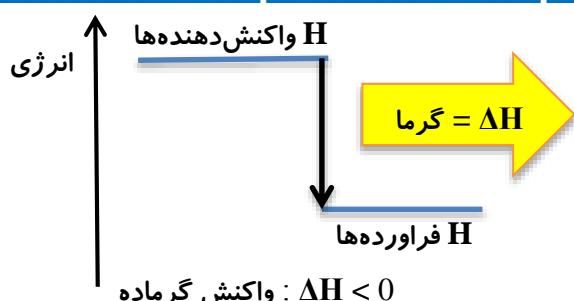
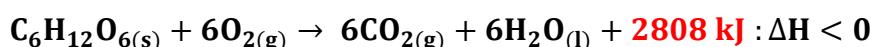
- ✓ مقدار عددی  $\Delta H$  بزرگی گرمای مبادله شده را نشان می‌دهد در حالی که علامت **مثبت** نشان دهنده گرمایی و علامت **منفی** نشان دهنده **گرماده** بودن آن واکنش است.



✓ در واکنش‌های **گرماده**  $< \Delta H$  و **واکنش دهنده ها** از آنتالپی فرآورده ها **کمتر** از آنتالپی واکنش دهنده ها می‌باشد.

$$\Delta H = H_{\text{واکنش دهنده ها}} - H_{\text{فرآورده ها}} < 0 \rightarrow H_{\text{واکنش دهنده ها}} < H_{\text{فرآورده ها}}$$

اکسایش گلوکز در سلول‌های بدن مثالی از واکنش **گرماده** است و بر عکس واکنش فتوستنر می‌باشد:



✓ وقتی یک واکنش **گرماده** اتفاق می‌افتد نخست دمای فرآورده‌ها **بالا** می‌رود، بعد فرآورده‌ها می‌توانند آن قدر گرمایش کنند تا به دمای اولیه واکنش دهنده‌ها برسند، این مقدار گرمایش همان  $\Delta H$  است.

✓ آنتالپی از جنس **انرژی** است و به طور **مطلق** قابل اندازه‌گیری نیست بلکه تغییرات آن ( $\Delta H$ ) قابل اندازه‌گیری است و یکای آن **کیلوژول بر مول** می‌باشد.

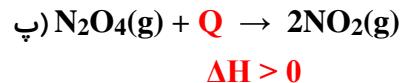
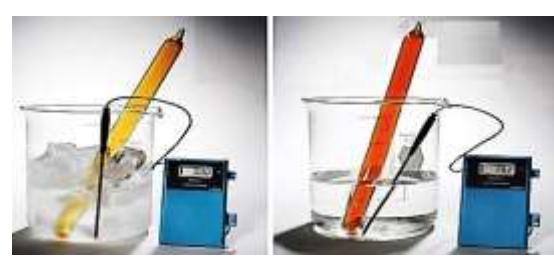
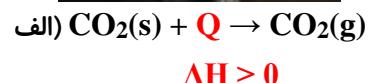
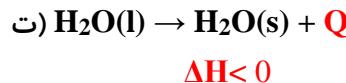
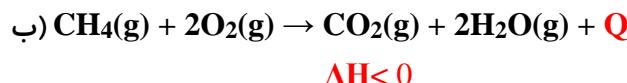
✓ سطح انرژی یا آنتالپی با پایداری ماده رابطه **عکس** دارد ولی با **واکنش‌پذیری** و **نایپایداری** آن رابطه مستقیم دارد.

$\frac{1}{\alpha}$  واکنش‌پذیری  $\alpha$  نایپایداری  $\alpha$  سطح انرژی (آنالپی) پایداری

**جامد > مایع > گاز** : مقایسه سطح انرژی یا آنتالپی مواد با حالت فیزیکی

### خود را بیامید صفحه ۶۴ و ۶۵ کتاب درسی:

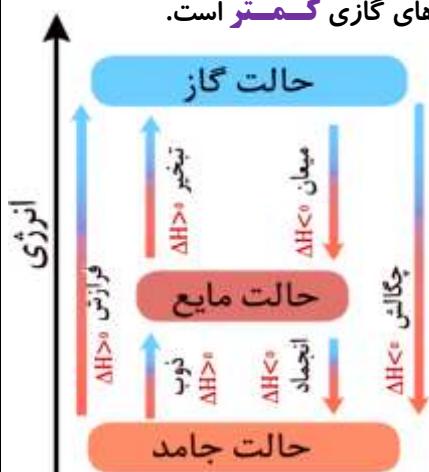
(۱) نماد **Q** را در هر معادله وارد کرده سپس علامت « $\Delta H$ » را در هر مورد مشخص کنید.



✓ یکی از آلاینده‌های هوا می‌باشد که رنگ آن **قهوه‌ای** (خرمایی) می‌باشد.

✓ نماد **Q** در سمت مخالف مواد نایپایدار ( $\text{N}_2\text{H}_4$  ،  $\text{NO}_3$  ،  $\text{NO}$  ،  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) قرار می‌گیرد.

✓ در واکنش‌هایی که در آنها مواد **گازی** وجود دارد گرمایش در سمتی قرار می‌گیرد که تعداد مول‌های گازی **کمتر** است.



✓ در واکنش‌های **سوختن** همواره گرمایش در سمتی قرار می‌گیرد.

✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **فرازش** (تصعید)، **ذوب** و **تبخیر**، **گرمایش** هستند.

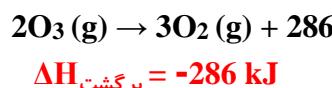
✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **چکالش** ، **میغان** و **انجماد**، **گرماده** هستند.

✓ اختلاف آنتالپی حالت **مایع** و **جامد** کمتر از اختلاف آنتالپی حالت **مایع** و حالت **گاز** است.

✓ زمانی که در مسئله گفته می‌شود گرمایش **آزاد** یا **تولید** می‌شود علامت  $\Delta H < 0$  است.

✓ زمانی که در مسئله گفته می‌شود گرمایش **مورد نیاز** یا **گرمای لازم** برای انجام واکنش علامت  $\Delta H > 0$  مثبت است.

(۲) اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازه  $143 \text{ kJ}$  افزایش یابد، آنتالپی واکنش  $\text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_2(\text{g})$  را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.



### گرمایی (ترمو شیمی) و استوکیومتری واکنش :

گرمای مبادله شده که به صورت آنتالپی در کنار واکنش نوشته می‌شود یا به صورت  $Q$  در یک سمت از واکنش می‌آید به ازای ضرایب مولی هر یک از مواد است. به عنوان مثال در واکنش فرضی مقابل :  $A + 2B \rightarrow 3C + 60 \text{ kJ}$  می‌توان دریافت که به ازای مصرف ۱ مول  $A$  یا ۲ مول  $B$  یا تولید ۳ مول  $C$  مقدار ۶۰ کیلوژول گرمای تولید می‌شود؛ هر کدام از این تساوی‌ها را می‌توان به صورت یک کسر نوشت که گرمای و مول مواد را به هم ربط می‌دهد.

برای حل مسائل استوکیومتری  $\Delta H$ ، ابتدا مقدار ماده مورد نظر را به مول تبدیل کرده و سپس با استفاده از معادله موازنی شده و ضریب استوکیومتری آن ماده، مقدار گرمای مبادله شده را محاسبه می‌کنیم.

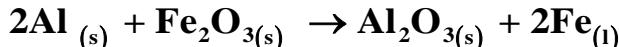
**مثال** : با توجه به واکنش زیر، مقدار گرمای آزاد شده به ازای مصرف ۹۶ گرم  $\text{SO}_2$  چه قدر است؟ ( $S=32$  ،  $O=16$  :  $\text{g.mol}^{-1}$ )



$$\Delta H = 96 \text{ g SO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2} \times \frac{-198/2 \text{ kJ}}{2 \text{ mol SO}_2} = -148/65 \text{ kJ}$$

**تمرین** : با توجه به واکنش:  $\text{N}_2\text{O}_{3(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  ، به ازای مصرف هر گرم گاز هیدروژن در این واکنش، چند کیلوژول گرمای آزاد می‌شود؟ ( $H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

**تمرین** : اگر در واکنش ترمیت، به ازای تولید  $2/8$  گرم آهن،  $20/5$  کیلوژول گرمای آزاد شود،  $\Delta H$  واکنش ترمیت را بدست آورید: ( $Fe=56$ )



**تمرین** : اگر  $\Delta H$  واکنش:  $\text{Fe}_{(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{s})} + \text{H}_{2(\text{g})}$  پس از موازنی برابر  $-150 \text{ kJ}$  باشد، گرمای آزادشده ضمن تشکیل چند لیتر گاز هیدروژن در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ لیتر است دمای  $300^\circ\text{C}$  آب را به اندازه  $40^\circ\text{C}$  بالا می‌برد؟ ( $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4.2 \text{ J.g}^{-1.\text{C}^{-1}}$ )

### آنتالپی پیوند و میانگین آن :

انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ایی از تغییر در **شیوه اتصال** اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در **ساختار و خواص** مواد منجر می‌شود. یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، **محتوای انرژی** مواد است. پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آنها در تعیین **گرمای** یک واکنش اهمیت زیادی دارد. شیمی‌دان‌ها برای پیوندهای مختلف بین اتم‌ها یک **محتوای انرژی** قائل می‌شوند که در هنگام واکنش‌ها و شکستن و ایجاد آن پیوندها گرمای مبادله می‌شود؛ به عنوان مثال در یک نمونه گاز هیدروژن، تعداد زیادی مولکول هیدروژن وجود دارد که در آن‌ها اتم‌های هیدروژن دو به دو با یک پیوند کووالانسی ساده به یکدیگر متصل شده‌اند. انتظار می‌رود که برای شکستن این پیوندها انرژی **صرف** شود و این فرایند با **افزایش آنتالپی همراه** باشد (این فرایند **گرماییر** است) بنابراین می‌توان آنتالپی خاصی را برای آن تعریف نمود.

**تعریف آنتالپی پیوند** : به مقدار انرژی لازم برای **شکستن** یک مول پیوند **کووالانسی** در حالت **غازی** و تبدیل آن به اتم‌های گازی **مجزا**، آنتالپی پیوند می‌گویند.

### چند نکته مهم درباره آنتالپی پیوند و میانگین آنتالپی پیوند :

✓ از آنجا که برای **نیاز** یک پیوند همواره به انرژی **نیاز** داریم و فرایند شکستن پیوند **گرماییر** است بنابراین مقدار آنتالپی پیوند همواره عددی **مثبت** است و یکای آن **کیلوژول بر مول** است.

✓ شکستن پیوند **گرماییر** می باشد، در حالت عکس نیز می توان گفت **تشکیل** پیوند فرایندی **گرماده** است.

✓ برای اینکه انرژی مصرف شده فقط برای **شکستن** پیوند و نه ذوب یا تبخیر ماده به کار رود، مولکول اولیه و محصولات باید در حالت **غازی** باشند.

✓ برای مولکولهای مانند  $N_2$ ,  $HCl$ ,  $O_2$  و ... که تنها از دو اتم تشکیل شده‌اند، به کار بردن **آنتالپی پیوند** صحیح می‌باشد، در حالی که برای مولکولهای چند اتمی مانند  $CH_4$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  و ... که اتم مرکزی به چند اتم **یگسان** متصل است (چند پیوند مشابه در مولکول داریم، مثلاً در  $NH_3$  سه پیوند **N-H** داریم) به کار بردن **میانگین آنتالپی پیوند** مناسب‌تر است؛ زیرا در هنگام شکستن پیوندهایی که مشابه هستند انرژی‌های لازم اندکی با هم **متفاوت** است.

مثال : براساس واکنش :  $CH_4(g) + 1660 \text{ kJ} \rightarrow C(g) + 4H(g)$  در جدول‌ها  $415 \text{ kJ.mol}^{-1}$  درج شده به دیگر سخن  $\Delta H(C-H) = 415 \text{ kJ mol}^{-1}$  است.

✓ آنتالپی پیوند به نوع مولکول نیز بستگی دارد. به طور مثال آنتالپی پیوند  $C-C$  در مولکول‌های  $C_2H_6$  و  $C_2H_5Cl$  متفاوت است و یا آنتالپی پیوند  $C=C$  در مولکول‌های  $C_2H_4$  و  $C_2Cl_4$  متفاوت است پس از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌شود.

✓ انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول  $(g)$  و تبدیل آن به  $2$  مول  $(g)$ , حدود  $436 \text{ kJ}$  است که به آن آنتالپی پیوند **H-H** گفته شده و با  $\Delta H(H-H) = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$  نشان می‌دهند.

✓ آنتالپی پیوند **1 مول** پیوند تعریف گردد؛ بنابراین در مثال‌هایی که مقادیر دیگر یا تعداد مول پیوندها متفاوت است، با محاسبات لازم آنتالپی را برای یک مول پیوند مشخص نماییم :

مثال : انرژی لازم برای شکستن پیوندهای بین **5 گرم گاز کلر** و تبدیل آن به اتم‌های جدا از هم برابر  $17/04 \text{ kJ}$  است؛ آنتالپی پیوند  $Cl-Cl$  چه مقدار است؟ ( $Cl= 35/5 \text{ gmol}^{-1}$ )

$$1\text{mol } Cl_2 \times \frac{71\text{ g } Cl_2}{1\text{ mol } Cl_2} \times \frac{17/04 \text{ kJ}}{5\text{ g}} = 242 \text{ kJ}$$

$N≡N$	$O=O$	$H-Cl$	$H-H$	$H-F$	$I-I$	$Br-Br$	$Cl-Cl$	پیوند	آنتالپی برخی پیوندها :
۹۴۵	۴۹۵	۴۳۱	۴۳۶	۵۶۷	۱۵۱	۱۹۳	۲۴۲	$(\text{kJ.mol}^{-1})$	آنتالپی

$O-O$	$N-N$	$C=O$	$C≡C$	$C=C$	$C-C$	$O-H$	$N-H$	$C-O$	پیوند	میانگین آنتالپی پیوندها :
۱۴۶	۱۶۳	۷۹۹	۸۳۹	۶۱۴	۳۴۸	۴۶۳	۳۹۱	۳۸۰	$(\text{kJ.mol}^{-1})$	میانگین آنتالپی

✓ بطور کلی برای مقایسه آنتالپی پیوندها باید بدانیم که آنتالپی پیوند به **سه عامل مرتبه پیوند و طول پیوند** (شعاع اتم) بستگی دارد. با توجه به مرتبه پیوند، آنتالپی پیوند به صورت مقابل است : **پیوند سه گانه < پیوند دو گانه < یگانه قطبی < یگانه ناقطبی**

✓ **قطبیت پیوند** : به دلیل داشتن جزئی بار بر روی پیوند، جاذبه اتم‌ها نسبت بهم قوی‌تر می‌شود و بهم نزدیک‌تر می‌شوند و طول پیوند **کوتاه‌تر** از حد انتظار می‌شود، پس آنتالپی پیوند افزایش می‌یابد.  $H - F > H - H$

✓ هر چه شعاع یک اتم **بزرگ‌تر** باشد، طول پیوند آن **بزرگ‌تر** بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند **کوچک‌تر** است. مثلاً  $Cl - Cl > I - I$  از آنجا که معمولاً مقدار عددی طول پیوند کووالانسی در سوالات داده نمی‌شود باید بتوانیم این طول‌ها را مقایسه کنیم. در یک پیوند دو اتم درگیر هستند، طبیعی است که اگر شعاع اتم‌های درگیر بزرگ باشد، پیوند بین آنها نیز بلند است. بنابراین در مقایسه‌ها از شعاع اتم‌ها به طول پیوند می‌رسیم.

مثال : در مقایسه آنتالپی پیوند  $\text{Cl}-\text{Cl}$  و  $\text{I}-\text{I}$  به دلیل اینکه هر دو پیوند **یگانه** هستند از مقایسه طول پیوند استفاده می کنیم که آن هم به شعاع اتم های در گیر مرتب است. از آنجا که کلر و ید در گروه ۱۷ جدول هستند و از بالا به پایین شعاع اتم ها **افزایش** می یابد، پس اتم ید بزرگ تر بوده و پیوند بین دو ید نیز **بلندتر** است، بنابراین آنتالپی پیوند  $\text{I}-\text{I}$  **کمتر** است.

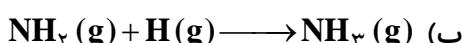
مثال : در مقایسه آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{O}$  و  $\text{C}-\text{C}$  هر دو پیوند یگانه اند و یک اتم **مشترک** داریم، بنابراین کافی است اتم غیر مشابه دو پیوند یعنی  $\text{O}$  و  $\text{C}$  را از لحاظ شعاع مقایسه کنیم. هر دو اتم در **یک دوره** جدول هستند؛  $\text{O}$  در گروه ۱۶ و  $\text{C}$  در گروه ۱۴ قرار دارد پس شعاع **اکسیژن** کمتر است و طول پیوند  $\text{C}-\text{O}$  از  $\text{C}-\text{C}$  کوتاه تر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند  $\text{C}-\text{O}$  **بیشتر** است.

✓ توجه کنید که آنتالپی پیوندهای **سه گانه** و آنتالپی پیوندهای **دو گانه** به ترتیب ۳ برابر و ۲ برابر پیوندهای یگانه نیست:

$$\frac{\Delta H(\text{C} \equiv \text{C})}{\Delta H(\text{C} - \text{C})} = \frac{2/4}{1/2} < 3 \quad \text{یا} \quad \frac{\Delta H(\text{C} = \text{C})}{\Delta H(\text{C} - \text{C})} = \frac{1/8}{1/2} < 2$$

خود را بیازمایید: صفحه ۶۶ کتاب درسی

با استفاده از داده های جدول مربوط به آنتالپی پیوندها، آنتالپی هریک از واکنش های زیر را پیش بینی کنید.



(الف) با توجه به ساختار لوئیس آب باید دو پیوند  $\text{O}-\text{H}$  بشکند و اتم های اکسیژن و هیدروژن تشکیل شود.



(ب) با توجه به ساختار های لوئیس یک پیوند  $\text{H}-\text{N}$  تشکیل می شود و تشکیل پیوند همراه با آزاد شدن انرژی است، پس :



۱- در هر جمله، واژه درست را انتخاب کنید.

آ) در یک واکنش گرمایگر، مواد با محتوا ای انرژی (**کمتر** / **بیشتر**) به موادی با انرژی (کمتر / **بیشتر**) تبدیل می شوند.

ب) با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی (جنبشی / **پتانسیل**) وابسته به آن ها ایجاد می شود.

۲- نماد  $\text{Q}$  را در هر معادله وارد کرده، سپس علامت  $\Delta H$  را در هر مورد مشخص کنید.



$$\Delta H < 0$$



$$\Delta H > 0$$

۳- میانگین آنتالپی پیوند، بین ۲ اتم داده شده در کدام گزینه بیشتر است؟

۱)  $\text{C}$  و  $\text{C}(4)$  در اتان

۲)  $\text{N}_2$  و  $\text{N}(3)$  در  $\text{O}_2$

۳)  $\text{O}_2$  و  $\text{O}(2)$  در اتن

۴)  $\text{C}(1)$  و  $\text{C}$  در اتان

۴- برای کدام پیوند، استفاده از میانگین آنتالپی پیوند مناسب تر است؟

F-F(۴)

N≡N (۳)

Br-H(۲)

C≡C(۱)

۵- کدام گزینه نادرست است؟

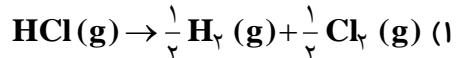
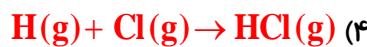
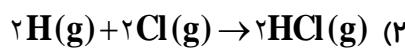
۱) تغییر در شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر و تغییر ساختار و خواص مواد نشانه ای از انجام یک واکنش شیمیایی است.

۲) از خواصی که در واکنش های شیمیایی **تغییر نمی کند** محتوا ای انرژی است.

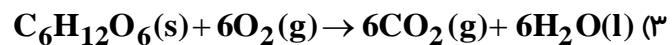
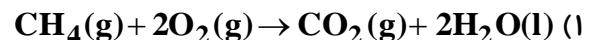
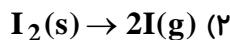
۳) اتم های هیدروژن سطح انرژی بالاتری نسبت به مولکول هیدروژن دارند و تبدیل اتم به مولکول گرماده می باشد.

۴) انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول  $\text{H}_2(g)$  و تبدیل آن به دو مول  $\text{H}(g)$  را انرژی پیوند  $\text{H}-\text{H}$  می گویند.

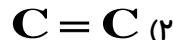
۶- اگر انرژی پیوند  $\text{HCl(g)}$  برابر ۴۳۱ کیلو ژول برمول باشد، در کدام یک از گزینه‌های زیر محتوای انرژی به اندازه ۴۳۱ کیلو ژول کاهش می‌یابد؟



۷- برای محاسبه  $\Delta H$  کدام یک از واکنش‌های زیر می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود؟



۸- استفاده از واژه آنتالپی پیوند برای کدام پیوند زیر مناسب‌تر است؟

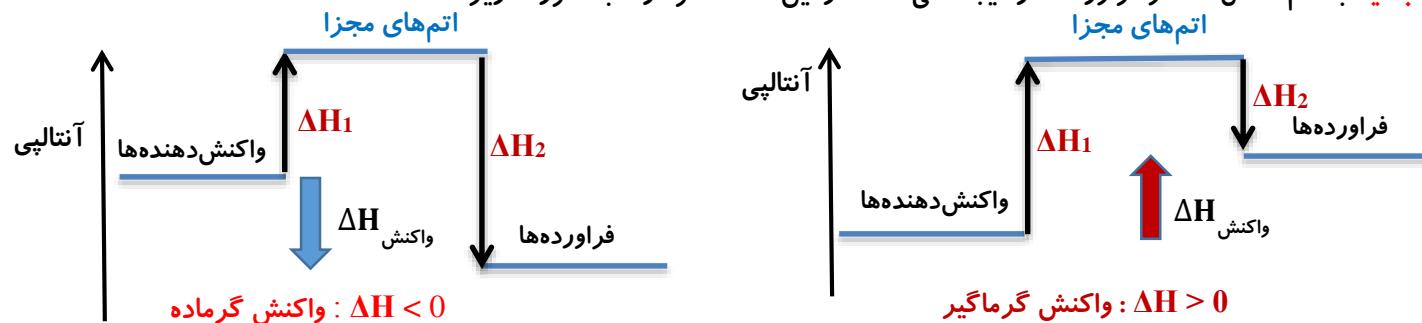


انجام فرایندهای **فیزیکی** و **شیمیایی** منجر به **تغییر محتوای انرژی** مواد می‌شود، از این روند انجام هریک از آن‌ها با **جذب** یا از **دست دادن** گرما همراه است. تجربه نشان می‌دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل **اندازه‌گیری** بوده و یکی از هدف‌هایی است که در **ترموشیمی** دنبال می‌شود.

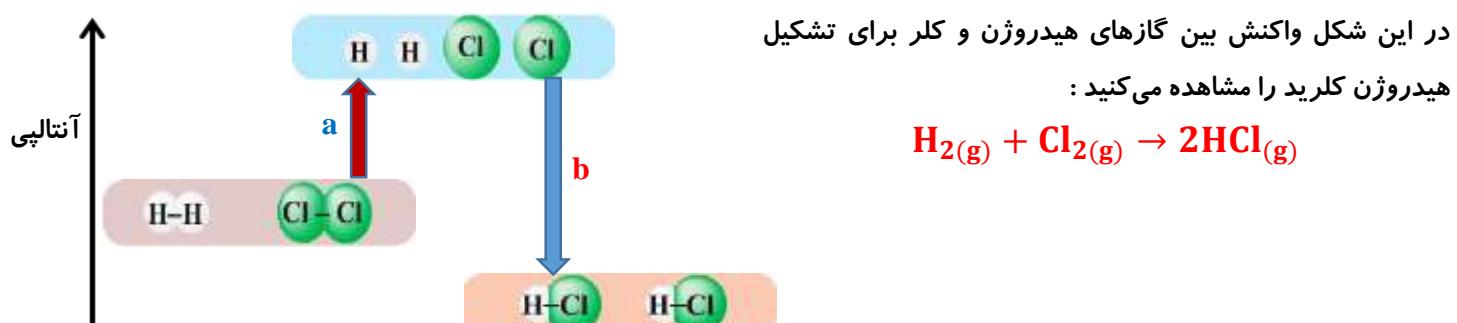
### آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین $\Delta H$ واکنش :

یکی از راه‌های کاربردی برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش‌ها، استفاده از **آنتالپی پیوند‌های مواد شرکت کننده** در واکنش است. برای تعیین آنتالپی ( $\Delta H$ ) از واکنش‌ها، می‌توان از آنتالپی پیوند و میانگین آن بهره برد. فرض می‌کنیم در یک واکنش، تمام پیوند‌های اشتراکی در واکنش دهنده‌ها **به طور کامل** شکسته شده و مجموعه‌ای از اتم‌های مجزا بدست آید و پس از آن اتم‌های مجزا با اتصال پیوند‌های کووالانسی

**جدید** به هم متصل شده و فراورده‌ها را ایجاد می‌کنند. در این حالت نمودارها به صورت زیر است:



$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H \quad \text{و} \quad \Delta H < 0 \quad \text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها} = \Delta H_2 \quad \text{و} \quad \Delta H > 0 \quad \text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها} = \Delta H_1$$



در این شکل واکنش بین گازهای هیدروژن و کلر برای تشکیل هیدروژن کلرید را مشاهده می‌کنید:



کمیت a در نمودار فوق انرژی لازم برای شکستن پیوند‌های اشتراکی  $\text{H-H}$  و  $\text{Cl-Cl}$  را در یک مول از هر کدام آن‌ها نشان می‌دهد، به طوری

که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوند‌هاست:

$$a = (1\text{mol} \times 436 \text{ kJ mol}^{-1}) + (1\text{mol} \times 242 \text{ kJ mol}^{-1}) = 678 \text{ kJ}$$

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوند‌های اشتراکی  $\text{H-Cl}$  را در دو مول از آن نشان می‌دهد، از این رو کمیت b هم ارز با دو

$$b = -2\text{mol} \times 431 \text{ kJ mol}^{-1} = -862 \text{ kJ}$$

برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است:

اینک از جمع جبری کمیت‌های  $a$  و  $b$  آنتالپی واکنش به دست می‌آید:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = a + b = 678 \text{ kJ} + (-862 \text{ kJ}) = -184 \text{ kJ}$$

- ✓ تعیین  $\Delta H$  از روش آنتالپی پیوند برای واکنش‌های مناسب است که همه مواد شرکت کننده در آن‌ها به حالت گاز هستند.
- ✓ هر چه مولکول‌های مواد شرکت کننده در یک واکنش، **ساده‌تر** باشند مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده به کمک آنتالپی پیوند‌ها برای آن واکنش به داده‌های تجربی **نژدیک‌تر** است.
- ✓ در صورت شرکت کردن مولکول‌های **پیچیده‌تر** در واکنش، ممکن است مقدار  $\Delta H$  بدست آمده برای آن واکنش با مقدار واقعی آن، تفاوت **زیادی** داشته باشد. می‌دانیم در اغلب واکنش‌های شیمیایی، **همه** پیوند‌های موجود در واکنش دهنده‌ها شکسته **نمی‌شوند** و همه پیوند‌های موجود در فراورده‌ها هم تشکیل **نمی‌شوند** بلکه برخی از پیوند‌های موجود در واکنش دهنده‌ها، **عیناً** در فراورده‌ها وجود دارند به همین دلیل می‌توانیم از رابطه زیر هم استفاده کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوند‌های تشکیل شده در فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند‌های شکسته شده در واکنش دهنده‌ها}]$$

- ✓ در رابطه با آنتالپی پیوند باید دقت کنیم که **ضرایب استوکیومتری** مواد موجود در واکنش در میزان آنتالپی **ضرب** می‌شود.
- ✓ در برخی مسائل ممکن است بجای آنتالپی پیوند از **افزایی پیوند** استفاده شود.
- ✓ آنتالپی تمام پیوند‌ها **مثبت** است و هر چه این مقدار مثبت‌تر باشد پیوند **محکم‌تر** است.

## خود را بیازمایید: صفحه ۶۷ کتاب درسی

۱- دانش‌آموزی برای تعیین آنتالپی یک واکنش گازی از رابطه زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

$$\Delta H = \left[ \frac{\text{مجموع آنتالپی پیوند‌ها}}{\text{در مواد فراورده}} \right] - \left[ \frac{\text{مجموع آنتالپی پیوند‌ها}}{\text{در مواد واکنش دهنده}} \right]$$

هر واکنش را می‌توان جمع **دو** واکنش دانست در واکنش اول تمام پیوند‌ها **شکسته** می‌شود، آنتالپی آن **مثبت و گرمایی** است. در واکنش دوم از تمام اتم‌ها، فراورده‌ها بدست می‌آیند که آنتالپی آن **منفی و گرماده** است. بنابراین مجموع آنتالپی این دو واکنش آنتالپی واکنش مورد نظر است.

**اتم‌ها → واکنش دهنده‌ها**

$$\Delta H_1 = \text{مجموع آنتالپی پیوند‌ها در مواد واکنش دهنده}$$

**فراورده‌ها → اتم‌ها**

$$\Delta H_2 = \text{مجموع آنتالپی پیوند‌ها در مواد فراورده}$$

**فراورده‌ها → واکنش دهنده‌ها**

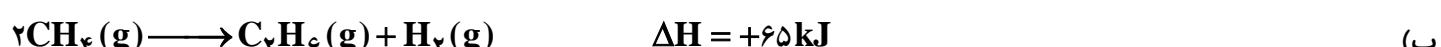
$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوند‌ها،  $\Delta H$  هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با  $\Delta H$  داده شده مقایسه کنید.



$$\Delta H = [\Delta H_{(N \equiv N)} + 2\Delta H_{(H-H)}] - [2\Delta H_{(N-H)} + \Delta H_{(N-N)}]$$

$$\Delta H = [(945) + 2 \times (436) - [2 \times (391) + 163]] = +90 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = [8\Delta H_{(C-H)}] - [6\Delta H_{(C-H)} + \Delta H_{(C-C)} + \Delta H_{(H-H)}]$$

$$\Delta H = [(8 \times 415) - (6 \times 415) + 348 + 426] = +46 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = [2\Delta H_{(H-H)} + \Delta H_{(O=O)}] - [4\Delta H_{(O-H)}]$$

$$\Delta H = [(2 \times 436) + 495] - [4 \times 463] = -485 \text{ kJ}$$

مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده، اندکی با  $\Delta H$  حاصل از داده‌های تجربی متفاوت است، زیرا مقادیر آنتالپی‌های پیوند که در جدول‌ها گزارش می‌شوند معمولاً به طور میانگین هستند و برای پیوندهای یکسان در مولکول‌های مختلف، یک مقدار به کار برد می‌شوند.

۱- در هر جمله، واژه درست را انتخاب کنید.

آ) هر چه مرتبه پیوند (تعداد پیوند بین ۲ اتم) بیشتر باشد، آنتالپی پیوند (**بیشتر / کمتر**) است.

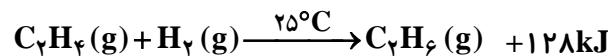
ب) هرچه شعاع اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند بزرگ‌تر باشد، آنتالپی پیوند (**بیشتر / کمتر**) است.

۲-  $\Delta H$  واکنش :  $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$  چند کیلوژول است؟

(انرژی پیوندهای  $H-H$  و  $C=C$  و  $O=O$  و  $O-H$  را برحسب کیلوژول بر مول ۴۱۵، ۴۹۵، ۷۹۹ و ۴۶۳ در نظر بگیرید.)

$$\Delta H = [(4(415) + 2(495)) - [2(799) + 4(463)]] = -800 \text{ kJ}$$

۳- با توجه به واکنش و جدول زیر، آنتالپی پیوند  $H-H$  بر حسب کیلوژول بر مول حساب کنید.



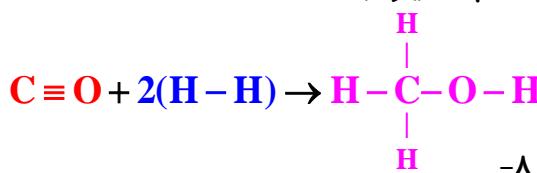
پیوند	$C=C$	$C-C$	$C-H$	$H-H$
$\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	۶۱۴	۳۴۸	۴۱۵	؟

$$\Delta H = [(C=C) + 4(C-H) + (H-H)] - [(C-C) + 6(C-H)]$$

$$\Delta H = -128 = [614 + 4(415) + (H-H)] - [348 + 6(415)]$$

$$\Delta H(H-H) = +436 \text{ kJ}$$

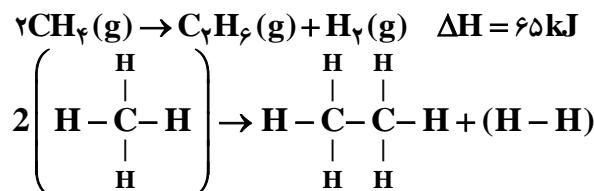
۴- با توجه به داده‌های جدول زیر،  $\Delta H$  واکنش:  $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(g)$  چند کیلوژول است؟



نوع پیوند	O-H	C-O	C-H	H-H	C≡O	$\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
آنتالپی	۴۶۴	۳۵۱	۴۱۴	۴۳۶	۱۰۷۵	-۲۱۰

$$\Delta H = [1075 + 2(436)] - [3(414) + 1(351) + 1(464)] = -110 \text{ kJ}$$

۵- با توجه به اطلاعات داده شده، میانگین آنتالپی پیوند  $C-C$  چند کیلوژول بر مول است؟

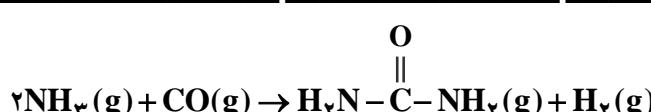


پیوند	$H-H$	$C-H$	$\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
میانگین آنتالپی	۴۳۶	۴۱۲	۳۲۳

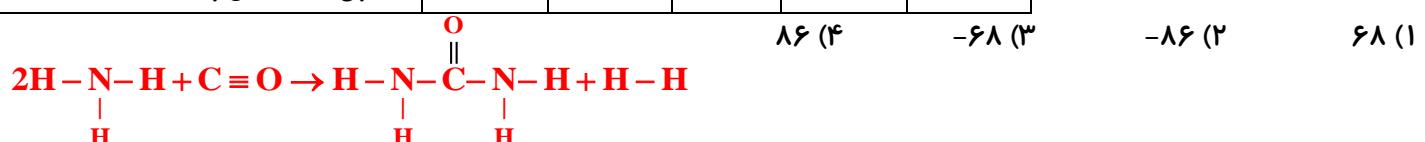
$$\Delta H = [8(C-H)] - [(C-C) + 6(C-H) + (H-H)]$$

$$65 = (8 \times 412) - [(6 \times 412) + (C-C) + 436] \rightarrow \Delta H_{(C-C)} = 323 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

۶- تغییر آنتالپی واکنش زیر بر حسب کیلوژول بر مول کدام است؟



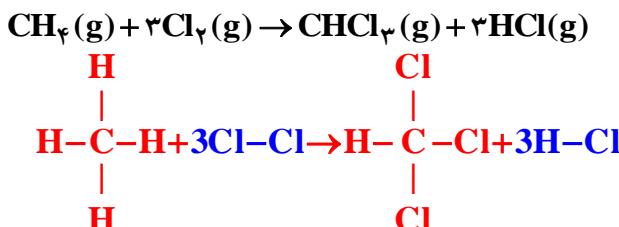
پیوند	$H-H$	$C=O$	$N-C$	$N-H$	$C \equiv O$
آنتالپی یا میانگین پیوند ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	۴۳۶	۷۴۵	۲۹۳	۳۸۹	۱۰۷۵



$$\Delta H = [6 \times \Delta H_{N-H} + \Delta H_{C=O}] - [4 \Delta H_{N-H} + 2 \Delta H_{C-N} + \Delta H_{C=O} + \Delta H_{H-H}]$$

$$= [6 \times 389 + 1075] - [(4 \times 389) + (2 \times 293) + 745 + 436] = 86 \text{ kJ}$$

-۷ با توجه به انرژی‌های پیوند داده شده گرمای واکنش زیر بر حسب  $\text{kJ}$  کدام است؟



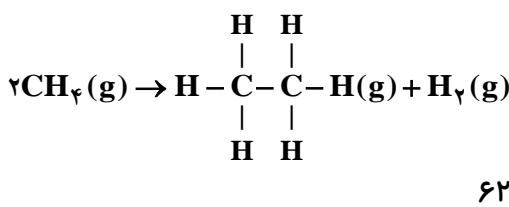
	H-Cl	C-Cl	Cl-Cl	C-H	پیوند
	۴۳۱	۳۲۶	۲۴۲	۴۱۲	(kJ.mol <sup>-1</sup> )

-۷۶ (۴)      -۲۱۴ (۳)      -۳۰۹ (۲)      -۷۲۲ (۱)

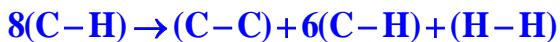


$$\Delta H = (4 \times 412 + 3 \times 242) - (1 \times 412 + 3 \times 326 + 3 \times 431) = -309 \text{ kJ}$$

-۸ با توجه به جدول زیر، برای تبدیل ۲۰ گرم متان به اتان چند کیلوژول گرمای لازم است؟ ( $\text{C} = ۱۲, \text{H} = ۱ : \text{g.mol}^{-1}$ )



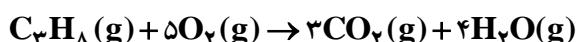
	H-H	C-H	C-C	پیوند
	۴۳۶	۴۱۲	۳۴۸	(kJ.mol <sup>-1</sup> )



$$\Delta H = [(8 \times 412)] - [(6 \times 412) + 348 + 436] \rightarrow \Delta H$$

$$= 824 - 784 \rightarrow \Delta H = 40 \text{ kJ}$$

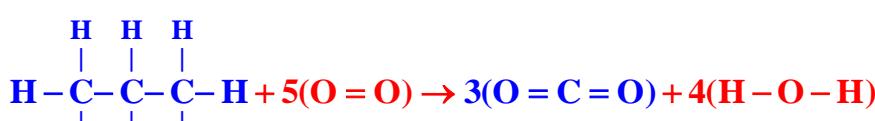
$$\frac{20 \text{ g}}{2 \times 16 \text{ g}} = \frac{x}{40 \text{ kJ}} \rightarrow x = 25 \text{ kJ}$$



C=O	O-H	O=O	C-H	C-C	نوع پیوند
۷۹۹	۴۶۳	۴۹۵	۴۱۵	۳۴۸	(kJ.mol <sup>-1</sup> )

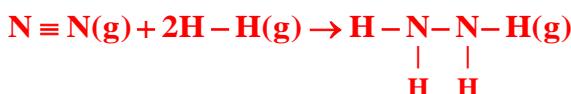
-۲۰۰۷ (۴)      -۹۴۰ (۳)      ۲۰۰۷ (۲)      ۹۴۰ (۱)

ابتدا واکنش را به فرم زیر بازنویسی می‌کنیم:



$$= [(8 \times 415) + (2 \times 348) + (5 \times 495)] - [(6 \times 799) + (8 \times 463)] = 6491 - 8498 = -2007 \text{ kJ}$$

-۹ با توجه به داده‌های جدول،  $\Delta H$  واکنش زیر چند کیلوژول است. اگر آنتالپی پیوندهای  $\text{H}-\text{H}$  و  $\text{N}-\text{H}, \text{N}-\text{N}$  برابر ۹۱ کیلوژول است. اگر آنتالپی پیوندهای  $\text{N} \equiv \text{N}$  برابر ۴۳۶ و ۳۹۱ و ۱۶۲ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی پیوند  $\text{N} \equiv \text{N}$  چند کیلوژول بر مول است؟

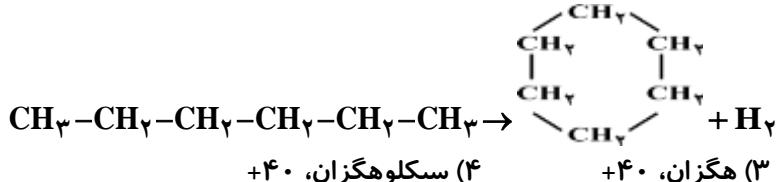


$$\Delta H = 91 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 2\Delta H(\text{H}-\text{H})] - [\Delta H(\text{N}-\text{N}) + 4\Delta H(\text{N}-\text{H})]$$

$$\Rightarrow 91 = [\Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) + 2(436)] - [(162) + 4(391)] \Rightarrow \Delta H(\text{N} \equiv \text{N}) = 945 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۱۱- با توجه به آنتالپی پیوندها و واکنش زیر کدام هیدروکربن زیر پایدارتر است و  $\Delta H$  این واکنش، چند کیلوژول است؟



C–C	C–H	H–H	پیوند
۳۴۸	۴۱۲	۴۳۶	انرژی $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(۱) هگزان، ۴۰ -۴۰ (۲) سیکلوهگزان، ۴۰ -

✓ در روش محاسبه آنتالپی یک واکنش با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، می‌توان از رابطه زیر نیز استفاده کرد.

$\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده})$

پاسخ: با توجه به مقایسه ساختار گسترده مواد واکنش دهنده و فراورده می‌توان نتیجه گرفت که فقط یک مول پیوند C–C و یک

مول پیوند H–H تشکیل شده است و دو مول پیوند C–H شکسته شده است:

$$\Delta H = (2 \times 412) - (348 + 436) = +40 \text{ kJ}$$

با توجه به مقدار مثبت آنتالپی واکنش، می‌توان نتیجه گرفت که هگزان پایدارتر از سیکلوهگزان است.

## پیوند با زندگی: ادویه‌ها (گروه‌های عاملی) (صفحه ۶۸ کتاب درسی)

✓ ادویه‌ها نقشی جالب در تمدن و تاریخ ملت‌ها دارند. به طوری که بو و مزه لذت‌بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آن‌هاست. این مواد علاوه بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می‌دهند؛ مصرف **دارویی** نیز دارند و امروزه دارای کاربردهای زیر نیز هستند:



✓ جلوگیری از گرسنگی

✓ افزایش سوخت و ساز

✓ جلوگیری از التهاب

✓ پیشگیری از سرطان یا گاهی بهبود و رفع آن

✓ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که خواص موجود ادویه‌ها به طور عمده وابسته به **ترکیبات آلی** موجود در آنهاست.

✓ **ترکیبات آلی**: ترکیباتی که در ساختار خود علاوه بر اتم‌های **کربن** و **هیدروژن**، اتم‌های **اکسیژن**، گاهی **نیتروژن** و **کوکر** نیز دارند.

✓ شواهد **تجربی** نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به دلیل تفاوت در **ساختار آلی** موجود در آنهاست.

✓ بررسی مواد آلی موجود در ادویه‌ها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی** نقش تعیین کننده‌ای در خواص

آن‌ها دارد. در واقع، گروه‌های عاملی، **خواص و رفتارهای** ترکیب‌های آلی را تعیین می‌کنند.

✓ **گروه عاملی**: آرایش **منظمه** از اتم‌های دارای آن، خواص **فیزیکی** و **شیمیایی** منحصر به فردی می‌بخشد.

✓ در هر یک از گروه‌های عاملی **شیوه اتصال** اتم‌ها به یکدیگر یا **پیوند** میان آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. برای نمونه آرایش اتم‌های **کربن**

و **اکسیژن** با پیوند **دوقانه** نشانه وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل** است، گروهی که به **آلدهیدها** و **کتون‌ها** خواص ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ گروه‌های عاملی یکسان در مولکول‌های مختلف به واکنش شیمیایی **یکسان** در آن مولکول‌ها می‌انجامند و حتی برخی خواص **فیزیکی**

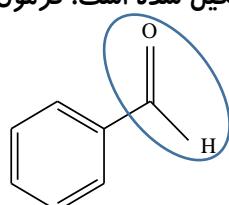
مشابه در مولکول‌ها را نیز سبب می‌شوند.

✓ در جدول زیر، ساختار و ترکیبات مربوط به ادویه‌ها خلاصه شده است :

نوع ماده	تصویر	ساختار	گروه عاملی	فرمول مولکولی
بادام			آلدهیدی	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$

$C_{15}H_{20}O$	آلکنی کتونی			زردچوبه
$C_7H_{14}O$	کتونی			میخ
$C_9H_8O$	آلدهیدی آلکنی			دارچین
$C_{10}H_{18}O$	الکلی آلکنی			گشنیز
$C_{10}H_{12}O$	آلکنی اتری			رازیانه

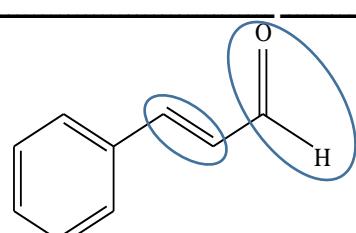
یکی از ترکیبات موجود در بادام، بنزآلدهید است که از یک حلقه بنزن به همراه گروه عاملی **آلدهیدی** تشکیل شده است. فرمول



مولکولی ترکیب مقابل  $C_7H_6O$  است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب ۱۸ پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل ۴ پیوند **دوگانه** و ۱۰ پیوند **یکانه** است.



**دارچین** نیز دارای ترکیبی است که گروه عاملی **آلدهیدی** دارد.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_9H_8O$  است.

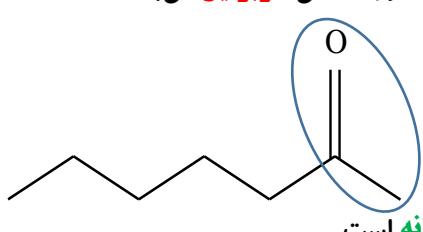
این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب ۲۳ پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل ۵ پیوند **دوگانه** و ۱۳ پیوند **یکانه** است.

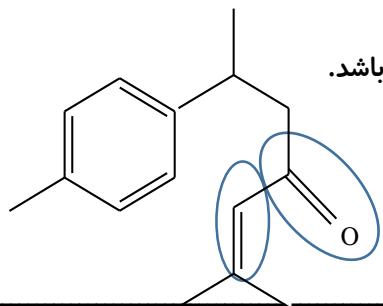
یکی از ترکیبات آلی موجود در میخ، -هپتاون است که دارای ۷ اتم کربن و یک گروه عاملی **کربونیل** میباشد.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل  $C_7H_{14}O$  است.

این ترکیب **سیرشده** است.



در این ترکیب ۲۲ پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل ۱ پیوند **دوگانه** و ۲۰ پیوند **یکانه** است.

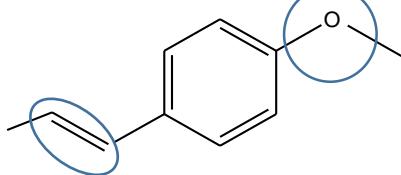


- ✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **زردچوبه** ساختار روبرو باشد که دارای گروه عاملی **کربونیل** می‌باشد.
- فرمول مولکولی ترکیب مقابله  $C_{15}H_{20}O$  است.  
این ترکیب **سیرنشده** است.  
در این ترکیب **۴۱** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۵** پیوند **دوگانه** و **۳۱** پیوند **یکانه** است.

✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **گشنیز** دارای ساختار روبرو است که دارای گروه عاملی **هیدروکسیل** می‌باشد. طعم و بوی گشنیز عمدتاً وابسته به این گروه عاملی است.

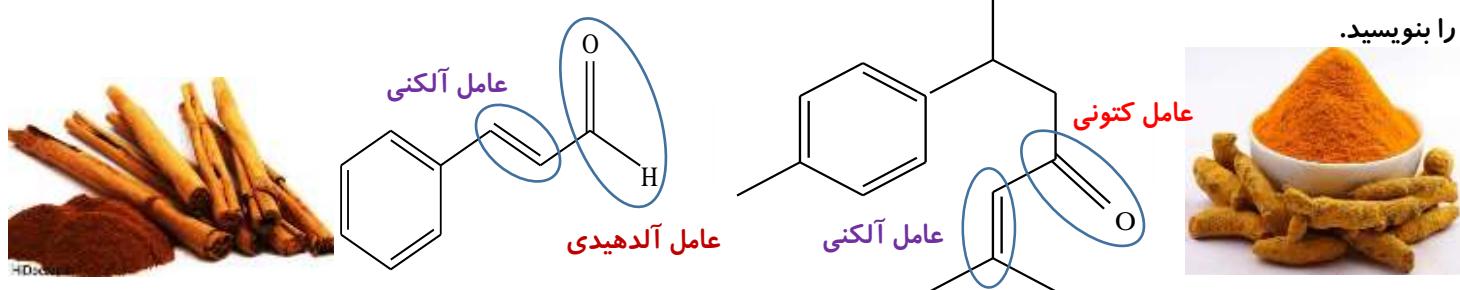


✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **رازیانه** ساختار روبرو می‌باشد که دارای گروه عاملی **اتر** است. طعم و بوی رازیانه عمدتاً وابسته به این گروه عاملی است.



#### خود را بیازمایید صفحه ۶۹ و ۷۰ کتاب درسی

۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.



۲- با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) شمار و نوع اتم‌های سازنده آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

$C_6H_{12}O$  نوع و تعداد اتم‌ها در دو ترکیب مشابه است. **کربن - هیدروژن - اکسیژن** چنین ترکیباتی که نوع و تعداد اتم‌های آن‌ها برابر اما ساختارهای متفاوتی دارند را **ایزومر** گویند.

ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟

خیر - دو ترکیب گروه‌های عاملی متفاوت و در نتیجه خواص متفاوتی خواهند داشت. شکل سمت راست دارای گروه عاملی **هیدروکسیل** و گروه عاملی **آلکنی** و شکل سمت چپ دارای گروه عاملی **آلدهیدی** است.

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش بینی می‌کنید؟ توضیح دهید.

خیر - زیرا ساختار متفاوتی دارند. محتوای انرژی یک ترکیب در دما و فشار ثابت علاوه بر نوع و تعداد اتم‌ها به نحوه اتصال آن‌ها و نوع پیوندهای شیمیایی آن‌ها نیز مربوط است.

### در جدول زیر خلاصه گروه‌های عاملی اکسیژن دار آورده شده است:

فرمول مولکولی داری بخش هیدروکربنی سیر شده	نام گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام خانواده دارای گروه عاملی	
$R-OH$	$C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$	هیدروکسیل	-OH	الکل
$R-O-R'$	$C_nH_{2n+2}O$	اتری	-O-	اتر
$R-CHO$	$C_nH_{2n}O$	آلدهیدی	-CHO یا $\begin{matrix} O \\    \\ -C-H \end{matrix}$	آلدهید
$R-CO-R'$	$C_nH_{2n}O$	کتونی	$\begin{matrix} O \\    \\ -CO \end{matrix}$ یا $\begin{matrix} O \\    \\ -C- \end{matrix}$	کتون
$R-COOH$	$C_nH_{2n}O_2$	کربوکسیل	$\begin{matrix} O \\    \\ -COOH \end{matrix}$ یا $\begin{matrix} O \\    \\ -C-OH \end{matrix}$	اسید (کربوکسیلیک اسید)
$R-COO-R'$	$C_nH_{2n}O_2$	کربوکسیلات	$\begin{matrix} O \\    \\ -COO- \end{matrix}$ یا $\begin{matrix} O \\    \\ -C-O- \end{matrix}$	استر

شیمی‌دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی **یکسان** اما ساختار (فرمول ساختاری) **متفاوتی** دارند، **ایزومر** (همپار) می‌گویند.

با توجه به جدول مشخص است که **الکل‌ها با اترها**، **آلدهید‌ها با کتون‌ها** و **اسیدها با استرها** ایزومر هستند.

(تذکر: موارد ذکر شده در صورتی **ایزومر** هستند که از نظر تعداد **گربن و سیرشدنگی** یا **سیرنشدنگی** مانند هم باشند.)

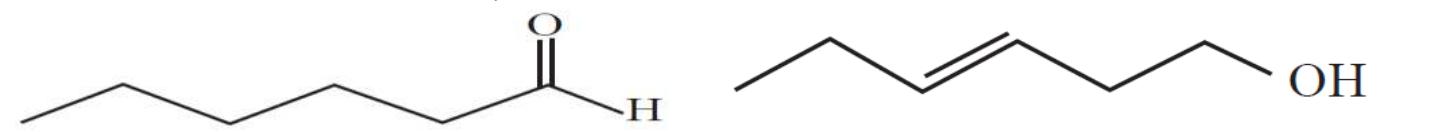
علاوه بر مثال‌های بالا برخی اوقات به دلیل وجود پیوندهای دوگانه، حلقه و ... ممکن است حتی یک آلدهید با یک الکل ایزومر باشد؛

بنابراین بهترین راه بررسی ایزومری این است که **فرمول** دو ترکیب را نوشه و باهم مقایسه نماییم.

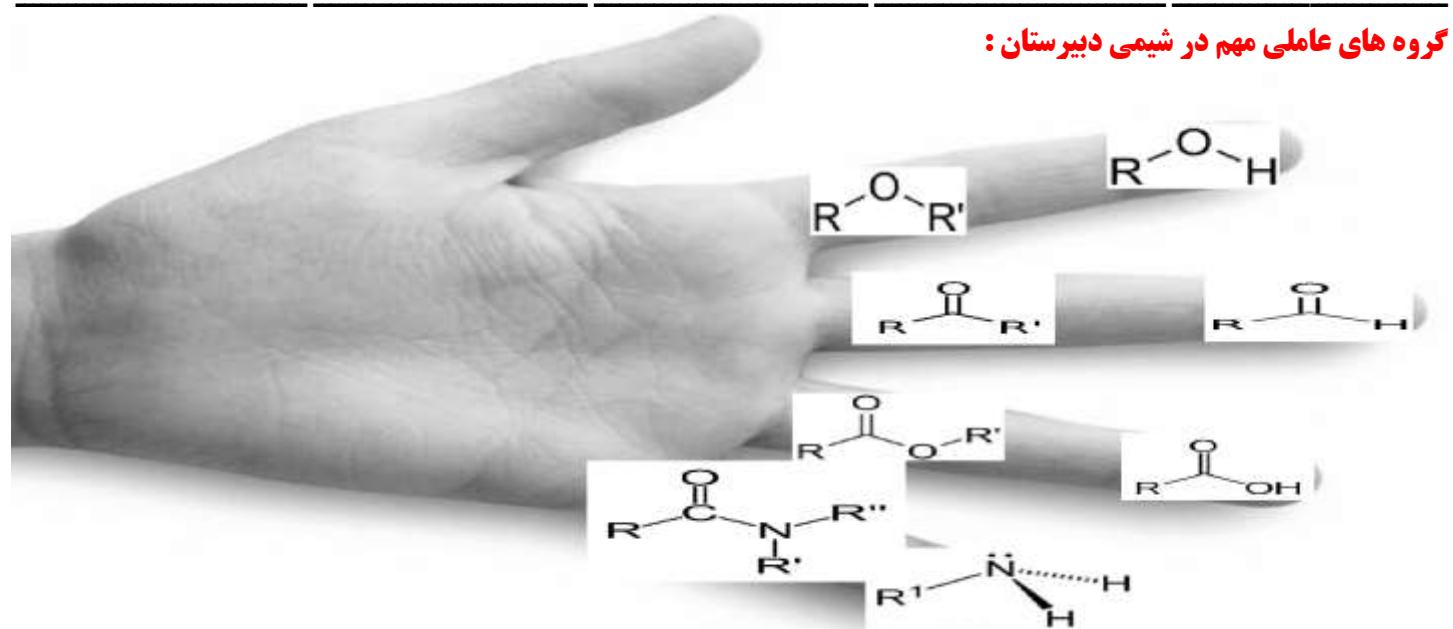
مثال: در شکل‌های زیر دو ساختار می‌بینیم که ساختار سمت راست گروه عاملی هیدروکسیل داشته و یک الکل است و ساختار سمت

چپ یک گروه عاملی آلدهیدی دارد. به دلیل تفاوت ساختارها، خواص فیزیکی و شیمیایی آن دو و محتواه اثری آنها متفاوت خواهد

بود؛ اما به دلیل اینکه هر دو فرمول مولکولی یکسان  $C_6H_{12}O$  را دارند و ایزومر هم به شمار می‌آیند.



### گروه‌های عاملی مهم در شیمی دیبرستان:



✓ اولین عامل‌های شناخته شده در این کتاب پیوند دوگانه با نام عامل **آلکنی** و ترکیبات **آروماتیک** با نام عامل **بنزفی** شناخته شدند. قرار گرفتن اتم‌های **هالوژن** به جای هیدروژن آلکان‌ها، نیز به آن **خواص و رفتار** ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ به گروه  $(-\text{C}=\text{O}-\text{C}\text{H}_3)$  **کربونیل** گفته می‌شود. مهم‌ترین تفاوت گروه عاملی آلدھیدی و کتونی، اتم **هیدروژن** متصل به گروه کربونیل در گروه عاملی آلدھیدی است.

✓ ساده‌ترین آلدھید، **یک کربن (فرمالدھید)**،  $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$  و ساده‌ترین کتون، **سه کربن (استون)**،  $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  دارد.

✓ **استون** یک ترکیب آلی اکسیژن‌دار است که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌رود (نام دیگر استون، پروپانون می‌باشد).

✓ **الکل‌ها** به دلیل داشتن **هیدروژن** متصل به **اکسیژن** در پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند ولی **اترها** به دلیل نداشتن هیدروژن متصل به **FON** نمی‌توانند در پیوند **هیدروژنی** با خودشان شرکت کنند به همین دلیل دمای جوش **اترها** از الکل‌های هم کربن **کمتر** است.

✓ از آنجا که در حل تست‌های مربوط به این قسمت و برای تعیین فرمول مولکولی یک ترکیب آلی، دانستن تعداد هیدروژن مهم است بنابراین از فرمول زیر برای شمارش تعداد اتم‌های هیدروژن استفاده می‌کنیم :

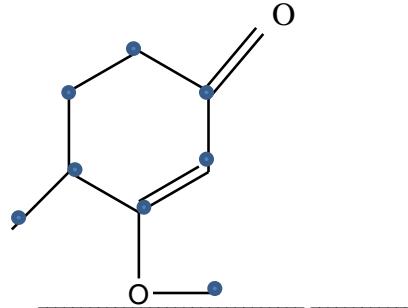
۱) تعداد کربن‌ها شمارش می‌شود.

۲) با توجه به فرمول عمومی آلکان‌ها که به ازای  $n$  تا کربن  $2n+2$  هیدروژن وجود دارد، تعداد هیدروژن را از روی فرمول می‌نویسیم.

$$\text{تعداد هالوژن} - \text{N} = 2n + 2 - [\text{تعداد حلقه} + (\text{تعداد پیوندهای سه گانه} - 4)]$$

مثال: برای نوشتمن فرمول مولکولی ترکیب زیر، نقاط شمارش می‌شود،  $\text{C}_8$ , سپس مطابق فرمول  $\text{C}_8\text{H}_{2\times 8+2}$  یعنی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  خواهد

شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر  $6$  تا و یک حلقه در مجموع  $6$  تا **هیدروژن** کسر می‌شود.  $\text{C}_8\text{H}_{18-6} = \text{C}_8\text{H}_{12}$



۱) کدام مطلب درباره ترکیب‌هایی با ساختارهای «نقطه - خط» زیر، درست است؟

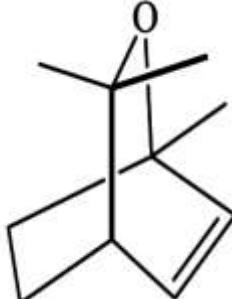
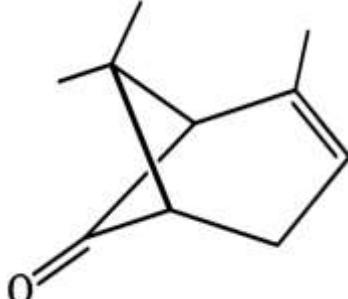
$$(H = 1, C = 12, O = 16, Br = 80 : \text{g.mol}^{-1})$$

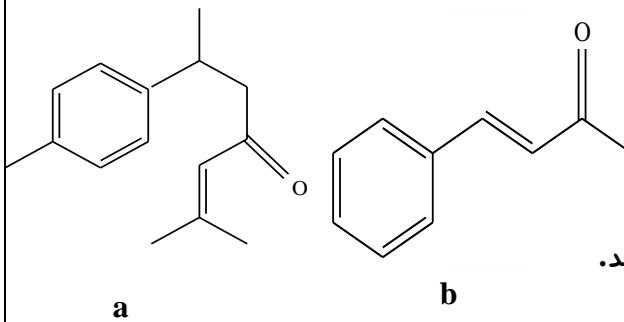
الف) تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر  $4$  گرم است.

ب)  $\frac{3}{8}$  گرم از ترکیب (II) با  $6$  گرم برم واکنش کامل می‌دهد.

ج) دو ترکیب، همپارند و ترکیب (I)، یک عامل کتونی دارد.

۵) برای سوختن کامل  $7/5$  گرم ترکیب I،  $14/56$  لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف می‌شود.





- (۲) با توجه به مولکول‌های داده شده، چه تعداد از عبارت‌های زیر درست هستند؟

الف) فرمول مولکولی ترکیب a به صورت  $C_{15}H_{20}O$  است.

ب) تفاوت شمار پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های a و b برابر با ۲۰ است.

پ) حدود ۶ درصد جرمی مولکول b را هیدروژن تشکیل داده است.

ت) در مولکول a، ۱۰ اتم کربن وجود دارد که تنها به سه اتم دیگر متصل شده‌اند.

ث) مولکول‌های a و b به ترتیب در زردچوبه و دارچین وجود دارند.

ወ(፩ የ(፪ ጥ(፫ የ(፭

- الف) اتری - الكلی      ب) آلهیدی - كتونی      ج) الكلی - اتری      د) كتونی - آلهیدی**

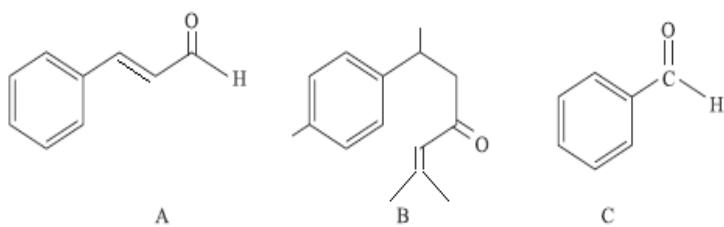
۴) کدام یک از فرمولهای مولکولی، زیر به نک الکل مربوط نمی‌شود؟

- |                   |                  |                  |                 |
|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| $(CH_3)_3COH$ (د) | $(CH_3)_2CO$ (ج) | $(CH_3)_2O$ (بـ) | $CH_3CHO$ (الف) |
|-------------------|------------------|------------------|-----------------|

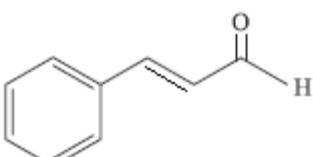
۵) چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

- الف) ساختارهای A، B و C به ترتیب در دارچین، زردچوبه و بادام یافت می‌شوند.  
 ب) هر سه ساختار دارای گروه عاملی کربونیل هستند و جزء آلدهیدها به شمار می‌آیند.  
 پ) اختلاف جرم مولی ترکیب‌های A و C برابر 40 است.

ت) تعداد پیوندهای دوگانه کربن-کربن -کربن در ساختار B برابر با ترکیب آلی موجود در رازیانه است که دارای فرمول مولکولی  $C_{10}H_{12}O$  می‌باشد.



۶) با توجه به ساختار زیر چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟



- الف) در این ترکیب گروه عاملی کربونیل وجود دارد.

ب) فرمول مولکولی این ترکیب  $C_9H_{10}O$  می‌باشد.

پ) این ترکیب آلی در زردچوبه که از ادویه‌ها است، وجود دارد.

ت) ترکیب آلی موجود در دارچین با این ترکیب ایزومر می‌باشد.

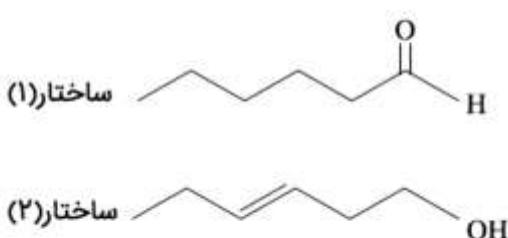
۷- با توجه به ساختارهای داده شده، عبارت کدام گزینه نادرست است؟

- الف) گروه عاملی موجود در ساختار (2) همان گروه عاملی ترکیب آلی موجود در رازیانه می‌باشد.

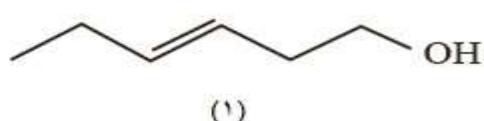
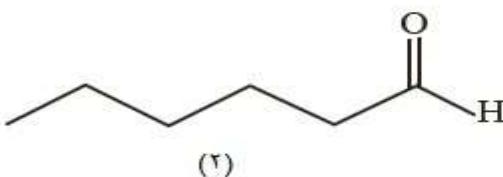
ب) هر مول از ترکیب ساختار (2) با 2 گرم هیدروژن واکنش داده و به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شود.

ج) تفاوت جرم مولی هر یک از این دو ساختار با جرم مولی سیکلوهگزان برابر 16 می‌باشد.

د) بین مولکول‌های ساختار (2) برخلاف مولکول‌های ساختار (1)، امکان تشکیل پیوند هیدروژنی وجود دارد.



(۸) با توجه به ساختارهای داده شده، کدام عبارت درست است؟



الف) ساختار (۱)، مربوط به یک الکل سیرشده با فرمول  $C_6H_{12}O$  است.

ب) ساختار (۲)، مربوط به یک کربوکسیلیک اسید با فرمول  $C_6H_{12}O_2$  است.

ج) این دو ترکیب ایزومرند و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت دارند.

د) محتوای انرژی دو ترکیب یکسان است.

### آنتالپی سوختن، تکیه گاهی برای تأمین انرژی:

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی شامل **کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها و مواد معدنی** دریافت می‌کند.

**کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها** علاوه بر **تأمین مواد اولیه** سلول‌ها منبعی برای **تأمین انرژی** آنها نیز هستند.

در این میان تنها **کربوهیدرات‌ها** هستند که در بدن به **گلوکز** شده و **گلوکز** حاصل از آنها در **خون** محل می‌شود. خون این ماده را به **یاخته‌ها** می‌رساند و این ماده هنگام **اکسایش** در یاخته‌ها، **انرژی** تولید می‌کند؛ این روند به آسانی **انرژی** مورد نیاز یاخته‌ها را تأمین می‌کند.

**گلوکز، قندخون** است و هنگام **اکسایش** آن در یاخته‌ها، انرژی تولید می‌شود.

برای بیان انرژی موجود در مواد غذایی از کمیتی به نام **ارزش غذایی** یا **ارزش سوختی** استفاده می‌شود.

ارزش سوختی یک ماده غذایی، مقدار انرژی است که از **اکسایش** کامل **یک گرم** از ماده غذایی حاصل می‌شود و یکای آن  $kJ\ g^{-1}$  است.

چربی	پروتئین	کربوهیدرات	ماده غذایی
۳۸	۱۷	۱۷	ارزش سوختی ( $kJ\ g^{-1}$ )

با اینکه **همه** واکنش‌های سوختن **گرماده** است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر علمی **بدون** علامت **منفی** گزارش شده است.

با توجه به جدول بالا مشاهده می‌کنید که ارزش سوختی به ترتیب مقابله است: **کربوهیدرات = پروتئین > چربی**.

باید توجه داشت که میزان انرژی مورد 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.

بادام زمینی	شیر	شکلات	تخم مرغ	پنیر	نان	ماده غذایی
۲۳	۳/۰	۱۸/۰	۶/۰	۲۰/۰	۱۱/۵	ارزش سوختی ( $kJ\ g^{-1}$ )

با استفاده از **الگوی فوق** می‌توان مقدار انرژی‌ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می‌رسد را حساب کرد.

$$\text{سوال: با توجه به جدول بالا، انرژی حاصل از } 5 \text{ گرم شکلات } \frac{18\ kJ}{1\ g} = 90\ kJ \times \text{شکلات } g$$

انرژی لازم برای تهیه غذا به طور **عمده** از واکنش **سوختهای فسیلی** تأمین می‌شود.

یکی از این سوخت‌ها **متان** ( $CH_4$ ) است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور **اکسیژن کافی** به طور کامل

می‌سوزد و علاوه بر **بخار آب** و **گاز کربن دی اکسید** مقداری انرژی نیز به صورت **گرما** و **نور آزاد** می‌کند. این ویژگی واکنش سوختن یعنی

تولید مقدار زیادی انرژی باعث شده که از آن به عنوان تکیه گاهی برای تأمین انرژی در **صنعت**، کشاورزی و زندگی روزانه استفاده شود.

**آنتالپی سوختن**: آنتالپی سوختن یک ماده **هم ارز** با آنتالپی واکنشی است که در آن **یک مول** ماده در اکسیژن کافی به طور **کامل** می‌سوزد و یکای آن  $kJ\ mol^{-1}$  است.

✓ واکنش سوختن همیشه **گرماده** است بنابراین  $0 < \Delta H_{\text{سوختن}}$  می‌باشد.

✓ تعریف **سوختن** : یک تغییر **شیمیایی** که در آن یک ماده به **سرعت** با اکسیژن واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده، به شکل **گرما** و **نور** آزاد می‌شود و بخش دیگر آن به صورت انرژی پتانسیل پیوندی در فراوردها ذخیره می‌شود.

✓ تفاوت سوختن **کامل** و **ناقص** به میزان اکسیژن موجود در واکنش بستگی دارد. اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود. شعله سوختن کامل **آبی** ولی سوختن ناقص **زرد** است.

✓ یکی از فراوردهای سوختن کامل ترکیب‌های آلی، **آب** است.  $\text{H}_2\text{O}$  در فشار **۱** اتمسفر و دمای اتاق ( $25^{\circ}\text{C}$ ) به صورت **مایع** می‌باشد.

بنابراین در واکنش مربوط به آنتالپی سوختن ترکیب‌های آلی در دمای اتاق، آب را به صورت  $\text{H}_2\text{O(l)}$  نمایش می‌دهیم یا اگر شرایط **STP** را دادند باز هم حالت فیزیکی آب را به صورت **مایع** می‌نویسیم.

✓ در جدول زیر آنتالپی سوختن برخی ترکیبات آلی در دمای اتاق آورده شده است :

نام ماده	اتانول	متانول	پروپین	اتین	پروپن	اتن	اتان	متان
ماده آلی	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}$	$\text{CH}_3\text{OH(l)}$	$\text{C}_3\text{H}_4(g)$	$\text{C}_2\text{H}_2(g)$	$\text{C}_3\text{H}_6(g)$	$\text{C}_2\text{H}_4(g)$	$\text{C}_2\text{H}_6(g)$	$\text{CH}_4(g)$
آنالپی سوختن ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	-۱۳۶۸	-۷۲۶	-۱۹۳۸	-۱۳۰۰	-۲۰۵۸	-۱۴۱۰	-۱۵۶۰	-۸۹۰
با توجه به جدول :	الکل	آلکین	آلکن	آلکان	آلکان	آلکن	آلکین	الکل

✓ در یک گروه هیدروکربنی یا ترکیب آلی هر چه تعداد **کربن‌ها** بیشتر باشد، قدر مطلق گرمای سوختن **مولی** نیز بیشتر است.

مثال: (متان > اتان > پروپان)، (اتن > پروپن > ۱-بوتن)، (اتین > پروپین)، (متانول > اتانول > پروپانول)

✓ در هیدروکربن‌های هم کربن هرچه تعداد هیدروژن **بیشتر** باشد، قدر مطلق گرمای سوختن **مولی** نیز بیشتر است. مثال :



✓ قدر مطلق گرمای سوختن مولی **آلکان‌ها** از **الکل‌های** هم کربن **بیشتر** است. (متانول > متان)، (اتانول > اتان)

✓ هر چه **جرم مولی** هیدروکربن **بیشتر** باشد، ارزش سوختی آن **کمتر** است، مطابق رابطه زیر ارزش سوختی با افزایش جرم رابطه معکوس

$$\frac{\text{گرمای مولی سوختن}}{\text{جرم مولی}} = \frac{(\text{ارزش سوختن})}{(\text{جرم مولی})}$$

دارد.

✓ **جرم مولی** ماده سوختنی  $\times$  گرمای سوختن گرمی (ارزش سوختی) = **گرمای مولی سوختن**

طبق رابطه فوق در هیدروکربن‌های هم خانواده هر چه جرم مولی **کمتر** باشد ارزش سوختی **بالاتر** است مثلاً ارزش سوختی **افن از پروپین** در خانواده آلکن‌ها بیشتر است. در میان هیدروکربن‌ها **بیشترین** ارزش سوختی مربوط به **متان** است.

✓ هر چه جرم مولی **الکل** **بیشتر** باشد، ارزش سوختی آن نیز **بیشتر** می‌شود زیرا نسبت کسر بدست آمده بیشتر تحت تأثیر افزایش آنتالپی مولی قرار می‌گیرد.

✓ بطور کلی برای مقایسه ترکیبات هم کربن داریم: **آلکین > الکل > آلکن > آلکان**

✓ سوختهای سبز در ساختار خود افزون بر **هیدروژن** و **کربن**، **اکسیژن** نیز دارند.

✓ به **اتانول** سوخت **سبز** می‌گویند.

✓ از پسماندهای گیاهانی مانند **سویا**، **نیشکر** و دیگر **دانه‌های روغنی** استخراج می‌شوند.

✓ سوخت سبز مطابق واکنش زیر از **تخمیر بی‌هوایی** گلوكز به دست می‌آید:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(aq) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(aq) + 2\text{CO}_2(g)$

برای حل مسائل مربوط به گرمای واکنش می‌توان از فرمول استوکیومتری زیر استفاده کرد:

$$\frac{1\text{mol}}{\text{جرم مولی}} \times \text{جرم ماده سوختنی (g)} = \text{گرمای آزاد شده (J)}$$

مثال: با توجه به واکنش زیر چند گرم اتانول بسوزانیم تا دمای  $50^{\circ}\text{C}$  به  $25^{\circ}\text{C}$  آب از دمای  $50.0\text{ g}$  برسد؟



$$q = mc\Delta\theta = 500 \times 4/18 \times (50 - 25) = 52250 \text{ J} = 52/250 \text{ kJ}$$

$$52/250 \text{ kJ} = X \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} \times \frac{1368 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow X = 1/76 \text{ g}$$

## صفحه ۷۱ و ۷۲ کتاب درسی

## خود را بیازماید

(۱) با توجه به جدول صفحه قبل آنتالپی سوختن پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) و ۱-بوتنهن ( $\text{C}_4\text{H}_8$ ) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

**اختلاف آنتالپی سوختن اتان و پروپان که در یک  $\text{CH}_2$  با هم تفاوت دارند برابر با:**

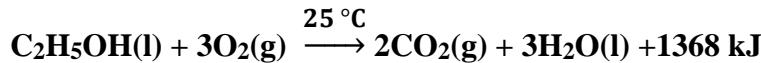
**پروپان و اتان نیز در یک  $\text{CH}_2$  تفاوت دارند پس:**

**به همین ترتیب برای ۱-بوتنهن می‌توان نوشت:**

$$-2058 - (-1410) = -648 \quad 2058 + (-648) = -2706$$

در منابع علمی معتبر برای پروپان  $-2219/2$  و برای ۱-بوتنهن  $-2717$  است.

(۲) با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) ارزش سوختی هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1\text{g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol}}{30 \text{ g}} \times \frac{3120 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = 52 \text{ kJ.g}^{-1} \quad 1\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} \times \frac{1368 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = 29/73 \text{ kJ.g}^{-1}$$

ارزش سوختی اتان از اتانول بیشتر است.

ب) جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1\text{g C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{30 \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{4 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 2/93 \text{ g CO}_2$$

$$1\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1/91 \text{ g CO}_2$$

جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از جرم  $\text{CO}_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتان است.

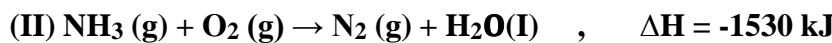
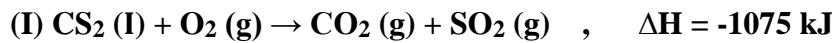
پ) توضیح دهید چرا اتانول سوخت سبز به شمار می‌رود؟

۱- در سوختن اتانول آلاینده و گاز گلخانه‌ای کمتری تولید می‌شود. زیرا به ازای سوختن یک گرم اتانول، کربن دی اکسید کمتری حاصل می‌شود.

۲- اکسیژن کمتری مصرف می‌شود.

۳- علاوه بر آن اتانول از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب زمینی و ذرت تهیه می‌شود که منابع تجدید پذیر هستند.

۱- با توجه به واکنش‌های گرماسیمیایی زیر



معادله واکنش‌ها موازن شود)

گرمای سوختن هر گرم آمونیاک با گرمای سوختن چند گرم کربن دی سولفید برابر است و از سوختن هر مول آمونیاک در واکنش (II) چند

مول گاز تولید می شود؟ (گزینه ها را از راست به چپ بخوانید :  $S=32, N=14, C=12, H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

۲/۲۵ و ۲/۱۹(۴)

۰/۵۹ و ۱/۵۹(۳)

۲ و ۲/۱۹(۲)

۱/۱ و ۱/۵۹(۱)



$$1 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{-1530 \text{ kJ}}{4 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{-1075 \text{ kJ}} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 0.59$$

$$1 \text{ mol NH}_3 \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol NH}_3} = 0.5 \text{ mol}$$

- کدام یک از واکنش های زیر، آنتالپی سوختن واکنش دهنده مورد نظر را در دمای  $25^\circ\text{C}$  نشان می دهد؟



اتان (I)  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \frac{7}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  درست می باشد.

بررسی گزینه های نادرست :

$\text{H}_2\text{O}$  باید در حالت مایع (I) باشد.

اتانول در دمای  $25^\circ\text{C}$  به حالت مایع (I) است.

هگزان در دمای اتاق ( $25^\circ\text{C}$ ) به حالت مایع (I) است.

- ارزش سوختی کربوهیدرات ها ..... پروتئین ها بوده و ..... چربی ها می باشد.

(I) بیشتر از - برابر با ۲ (۲) برابر با - کمتر از ۴ (۴) کمتر از - برابر با

- آنتالپی سوختن یک هیدروکربن زنجیری سیرشده، برابر با  $3509 \text{ kJ.mol}^{-1}$  و ارزش سوختی آن برابر  $48/74 \text{ kJ.g}^{-1}$  می باشد.

فرمول مولکولی این هیدروکربن کدام است؟ ( $C=12, H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )



$$72 = \frac{3509}{48/74}$$

$$\text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} = 14n + 2 = 72$$

$$\Rightarrow n = 5$$

$$\Rightarrow$$



- دو مول مخلوط گازهای اتان و اتین را در مقدار کافی اکسیژن می سوزانیم. پس از انجام واکنش های سوختن کامل،  $2860 \text{ kJ}$  گرما آزاد می شود. اگر آنتالپی سوختن اتان و اتین به ترتیب  $-1560$  و  $-1300$  کیلوژول بر مول باشد، درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه تقریباً کدام است؟ ( $C=12, H=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

۵۳/۶(۴)

۲۵(۳)

۴۶/۴(۲)

۵۰(۱)

مقدار مول اتان را  $x$  و مقدار مول اتین را  $x-2$  در نظر می گیریم و سپس طبق واکنش ها، گرمای تولیدی از هر کدام را محاسبه می کنیم:



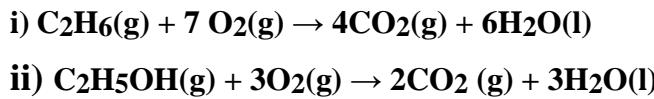
$$X \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6 \times \frac{1560 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6} = 1560 X \text{ kJ}$$

$$(2-X) \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_2 \times \frac{1300 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6} = (2-X) \times 1300 = (2600-1300X) \text{ kJ}$$

$$1560X + 2600 - 1300X = 2860 \Rightarrow 260X = 260 \Rightarrow X=1$$

$$\frac{1 \times 30}{(1 \times 30 + 1 \times 26)} \times 100 = 53.6 \text{ درصد جرمی اتان}$$

۶- با توجه به واکنش‌های زیر چند مورد از مطالب بیان شده درست‌اند؟



الف) ارزش سوختی اتانول از ارزش سوختی اتان، بیشتر است.

ب) سوختن کامل ۱ مول اتان نسبت به ۱ مول اتانول، اکسیژن بیشتری لازم دارد.

پ) جرم  $CO_2$  حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از سوختن یک گرم اتان است.

۴) صفر

۱) ۳

۲) ۲

۳) ۱

۷- اگر آنتالپی سوختن اتن و پروپن در شرایط یکسان به ترتیب  $-1410$  و  $-2058$  کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی سوختن ۱- بوتن چند کیلوژول بر مول است؟

-۳۴۶۸(۴)

-۲۵۰۸(۳)

-۲۷۰۶(۲)

-۳۲۲۸(۱)

اختلاف ساختار مولکول‌های اتن و پروپن یک واحد است و این اختلاف بین ۱- بوتن و پروپن نیز وجود دارد، بنابراین اختلاف مقدار آنتالپی سوختن اتن و پروپن با اختلاف مقدار آنتالپی سوختن ۱- بوتن و پروپن برابر می‌باشد:

$$|\Delta H| - 2058 - 1410 \Rightarrow |\Delta H| = 2706 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۸- با توجه به واکنش سوختن کامل اتان، هرگاه به ازای تولید  $6/6g$  کربن دی‌اکسید،  $117 \text{ kJ}$  گرم‌آزاد شود، آنتالپی سوختن اتان چند کیلوژول بر مول است؟ ( $H=1$ ,  $C=12$ ,  $O=16 \text{ g.mol}^{-1}$ )



۳۱۲۰(۴)

۱۵۶۰(۳)

۷۸۰(۲)

۳۹۰(۱)

$$\Delta H_{C_2H_6} = 1 \text{ mol } C_2H_6 \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{117 \text{ kJ}}{6/6 \text{ g } CO_2} = 1560 \text{ kJ}$$

### تعیین $\Delta H$ واکنش‌های شیمیایی :

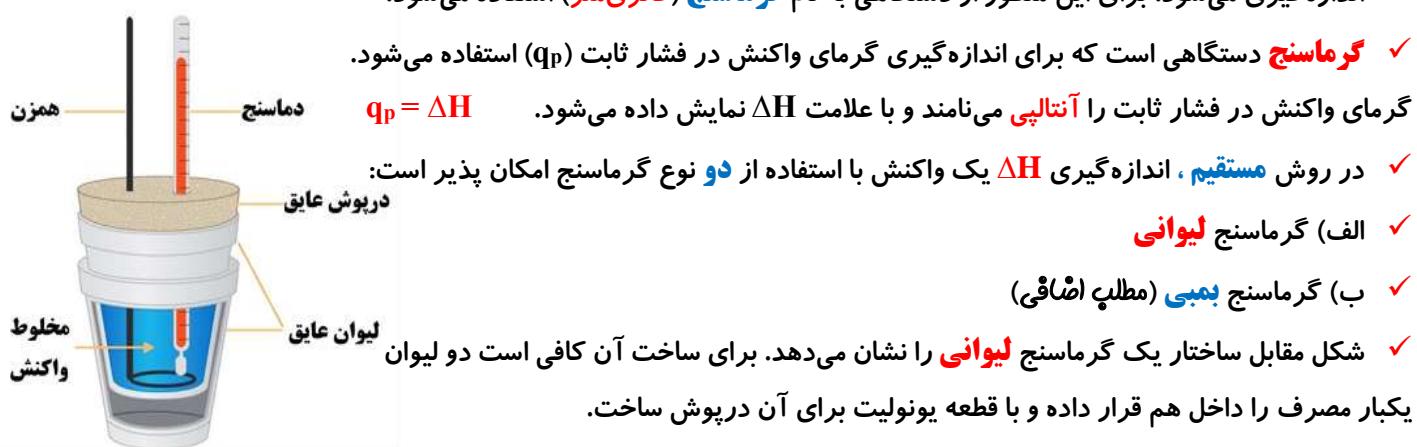
با انجام فرایندهای **فیزیکی** و **شیمیایی** محتوای انرژی مواد تغییر می‌کند. از این‌رو انجام هر یک از این فرایندها با **مبادله** گرم‌آزاد همراه است که این تغییر می‌تواند **گرم‌افکش** یا **گرم‌افکش** باشد. تجربه نشان می‌دهد که گرمای مبادله شده در یک واکنش با **دقت بالا** قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌های **ترموشیمی** است.

تعیین  $\Delta H$  واکنش‌های شیمیایی به دو روش **مستقیم** (روش تجربی یا **گرم‌افکش**) و **غیر مستقیم** امکان‌پذیر است:  
در روش **مستقیم** باید مقدار مشخصی از واکنش‌دهنده‌ها در شرایط مناسب با هم واکنش دهنده و گرمای واکنش را به طور مستقیم

اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور از دستگاهی به نام **گرم‌افکش** (کالری‌متر) استفاده می‌شود.

**گرم‌افکش** دستگاهی است که برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت ( $q_p$ ) استفاده می‌شود.  
**گرم‌افکش** واکنش در فشار ثابت را **آنتالپی** می‌نامند و با علامت  $\Delta H$  نمایش داده می‌شود.

در روش **مستقیم**، اندازه‌گیری  $\Delta H$  یک واکنش با استفاده از دو نوع گرم‌افکش امکان‌پذیر است:



الف) **گرم‌افکش لیوانی**

ب) **گرم‌افکش بمبی** (مطلوب اضافی)

شکل مقابل ساختار یک گرم‌افکش **لیوانی** را نشان می‌دهد. برای ساخت آن کافی است دو لیوان یکبار مصرف را داخل هم قرار داده و با قطعه یونولیت برای آن درپوش ساخت.

- ✓ لیوان پلاستیکی و قطعه یونولیتی به عنوان درپوش گرمای زیادی را با محیط مبادله نمی‌کنند و **عایق‌های خوبی** هستند.
- ✓ اجزای گرماسنج لیوانی: **بدنه و درپوش عایق، دماسنجه و همزن**
- ✓ گرماسنج لیوانی شامل مقدار معینی آب یا  **محلول** یک واکنش دهنده در ظرف **عایق‌بندی** شده است که پیش از انجام واکنش، دمای آب یا  **محلول** ( $\theta_1$ ) اندازه‌گیری می‌شود، پس از اضافه کردن واکنش دهنده دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی ( $\theta_2$ ) اندازه‌گیری می‌شود و سپس از رابطه  $Q=mc\Delta\theta$  برای اندازه‌گیری گرمای مبادله شده استفاده می‌شود. از آنجا که جرم حل شونده معمولاً در مقایسه با جرم حلال (آب) ناچیز است در رابطه مورد نظر معمولاً از جرم و ظرفیت گرمایی ویژه **آب** استفاده می‌شود.
- ✓ از گرماسنج لیوانی برای واکنش‌هایی که در حالت  **محلول** انجام می‌گیرد استفاده می‌شود (نباید در واکنش، ماده گازی تولید شود). مانند حل شدن نمک‌ها، واکنش‌های اسید باز، تشکیل کمپلکس و ...
- ✓ اگر دمای این گرماسنج **کاهش** پیدا کند، یعنی واکنش **گرمگیر** و اگر دمای این گرماسنج **افزايش** یابد یعنی واکنش **گرماده** است.
- مثال:  $\Delta H$  واکنش حل شدن کلسیم کلرید ( $M=111\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) در آب، -۳۵- کیلوژول است. برای گرم کردن ۲۵۰ گرم آب از دمای ۲۵°C تا دمای ۴۵°C، چند گرم از آن باید در آب حل شود؟  $(C_{H_2O} = 4.2 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{C}})$

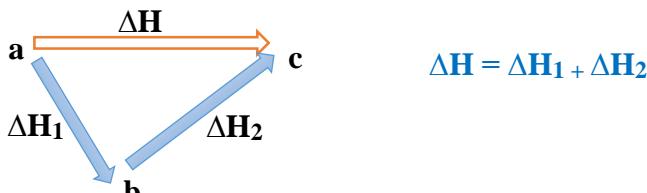
### روش‌های غیر مستقیم برای اندازه‌گیری $\Delta H$ یک واکنش:

- ✓ آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را **نمی‌توان** به روش **تجربی** اندازه‌گیری کرد زیرا:
- ۱) برخی از واکنش‌ها خود یک مرحله از یک واکنش **پیچیده** هستند.
  - ۲) برخی از واکنش‌ها به آسانی انجام **نمی‌شوند** یعنی تأمین شرایط بهینه برای آن‌ها **دشوار** است.
- ✓ برای تعیین  $\Delta H$  چنین واکنش‌هایی از روش‌های **غیرمستقیم** استفاده می‌شود که عبارتند از:
- ۱) استفاده از **آنالپی پیوند** واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها
  - ۲) استفاده از **آنالپی سوختن** مواد
- ۳) استفاده از خاصیت **جمع‌پذیری** گرمای واکنش‌ها یا **قانون هس**
- ۴) استفاده از **انرژی فعال‌سازی** واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها (این مورد را در فصل ۴ شیمی ۱۲ می‌خوانیم).

### جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس:

- ✓ اگر واکنش شیمیایی همراه با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود به آن واکنش **گرما شیمیایی** (ترموشیمیایی) می‌گویند. آنتالپی در واکنش‌ها از قواعد رایج ترموشیمی تبعیت می‌کند.

- ✓ آنتالپی تابع **حالت** است و اگر یک واکنش شیمیایی از چند مسیر مختلف انجام شود مقدار تغییر آنتالپی آن در همه مسیرها یکسان بوده و تنها به حالت آغازین و پایانی فرایند بستگی دارد.



### قانون هس:

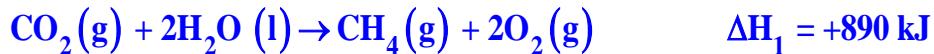
- ✓ نخستین بار **هنری هس** دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته **نیست**. به دیگر سخن با استفاده از  $\Delta H$  دو یا چند واکنش دیگر می‌توان یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همه واکنش‌ها یکسان باشد.

- ✓ شرایط یکسان مورد نظر در استفاده از قانون هس عبارتند از: **دما، فشار، حالت فیزیکی و نوع آلتروپ**.

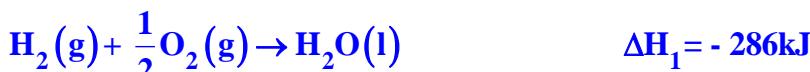
- ✓ قانون هس، قانونی که به **جمع پذیری گرمای واکنش‌ها** معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم  $\Delta H$  به صورت زیراست:  
**اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها به دست می‌آید.**

### قواعد رایج در ترموشیمی برای جمع پذیری گرمای واکنش‌ها:

۱- هرگاه معادله واکنش را وارونه شود علامت  $\Delta H$  هم برعکس می‌شود.



۲- اگر معادله واکنشی در عدد  $n$  ضرب شود،  $\Delta H$  واکنش نیز  $n$  برابر می‌شود.



۳- برای به دست آوردن واکنش اصلی براساس مجموع چند واکنش:

a. ابتدا جهت واکنش‌ها بر اساس **موقعیت** واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها در واکنش اصلی **همسو** می‌شود.

b. سپس ذرات واکنش دهنده حد واسط **حذف** می‌شوند.

c. در مرحله آخر **ضریب** مجموع واکنش‌های به دست آمده با ضریب واکنش اصلی **یکسان** می‌شود.

**مثال:** نیتریک اسید به صورت صنعتی از اکسایش آمونیاک تهیه می‌شود. مقدار گرمای مبادله شده با یکای  $\text{kJ}$  برای تهیه هر مول نیتریک

اسید با استفاده از واکنش مقابله، کدام است؟

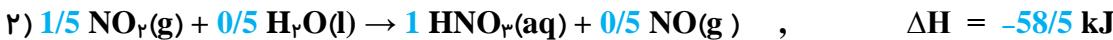


با توجه به واکنش اصلی باید در طرف واکنش دهنده‌ها  $\text{NH}_3(g) + 2\text{O}_2(g)$  و در طرف فراورده‌ها نیز  $\text{NH}_3(g) + 2\text{O}_2(g)$  داشته باشیم:

**معادله اول:** معادله را در  $\frac{1}{4}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی تقسیم بر  $4$  می‌شود.

**معادله دوم:** معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.

**معادله سوم:** معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{3}{4}$  ضرب می‌کنیم.  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه و  $\frac{3}{4}$  برابر می‌شود.

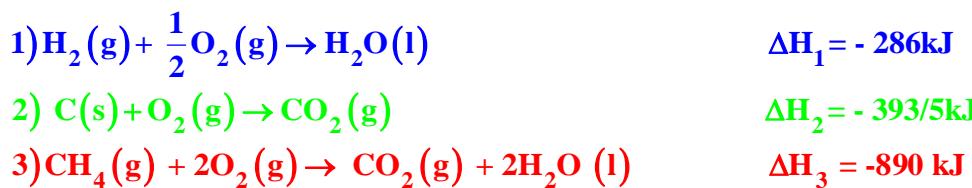


## متان:

- ✓ ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلкан‌هاست.
- ✓ گاز شهری به طور عمده از آن تشکیل شده است.
- ✓ از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوایی در زیر آب نیز تولید می‌شود.
- ✓ به گاز مرداب معروف است زیرا اولین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد.
- ✓ موریانه‌ها یکی از منابع تولید متان هستند، یکی از فراورده‌های تجزیه سلولز در بدن این حشره گاز متان می‌باشد.
- ✓ متان را نمی‌توان به طور مستقیم از واکنش زیر بدست آورد زیرا **تأمین شرایط بینه** برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است به همین دلیل برای تعیین  $\Delta H$  این واکنش باید از روش‌های غیرمستقیم بهره برد:



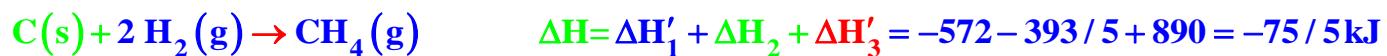
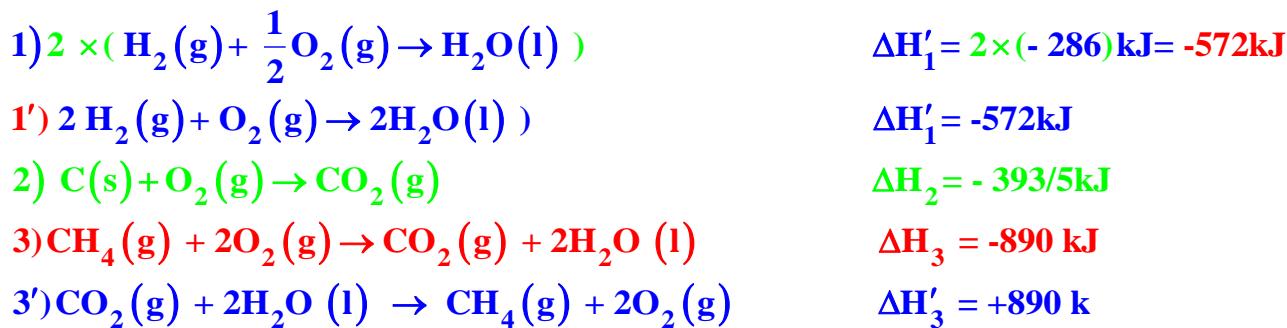
برای تعیین  $\Delta H$  واکنش  $C_{(s, \text{graphite})} + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$  از قواعد رایج در ترموشیمی بر اساس سه واکنش زیر بهره می‌برند  
این واکنش‌های ترموشیمیابی می‌توانند واکنش سوختن یک مول گاز هیدروژن، یک مول گرافیت و یک مول گاز متان باشند که معادله هریک از آنها در  $25^{\circ}\text{C}$  به صورت زیر است:



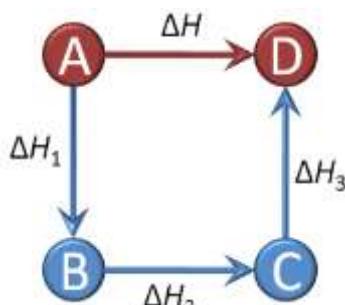
در پاسخ باید تک مواد را در واکنش اصلی یافته و با توجه به ضرب و جایگاه آن ماده در واکنش اصلی واکنش‌های ۱ تا ۳ را تغییر داده و آن تغییر در آنتالپی هم اعمال شود تا درنهایت از جمع ۳ واکنش، واکنش اصلی به دست آید و از جمع  $\Delta H$ ‌ها نیز  $\Delta H$  واکنش اصلی محاسبه شود.

واکنش اول: در عدد ۲ ضرب می‌شود.  $\leftarrow$  آنتالپی آن نیز دو برابر می‌شود.  
واکنش دوم: بدون تغییر

واکنش سوم: وارونه می‌شود.  $\leftarrow$  آنتالپی آن نیز قرینه می‌شود.



مطابق قانون هس  $\Delta H$  تبدیل A به D برابر با مجموع  $\Delta H$ ‌های مسیر A-B-C-D است.



## خود را بیازمایید:

۱) **هیدروژن پراکسید** ( $H_2O_2$ ) ماده‌ای است که با نام تجاری **آب اکسیژن** به فروش می‌رسد.

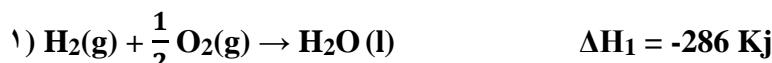
✓ محلول رقیق آب اکسیژن یک محلول **ضد عفونی** کننده است.

✓ خاصیت **رنگ بری و لکه بری** دارد.

✓ از واکنش مستقیم **هیدروژن و اکسیژن** حاصل نمی‌شود.

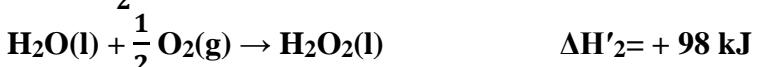
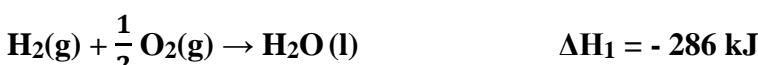
✓ نسبت به آب **ناپایدارتر** و سطح انرژی **بالاتری** دارد.

الف) با استفاده از واکنش‌های زیر، آنتالپی واکنش  $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$  را حساب کنید.



واکنش اول: بدون تغییر

**معادله دوم:** معادله را برعکس نموده، سپس در  $\frac{1}{2}$  ضرب می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.

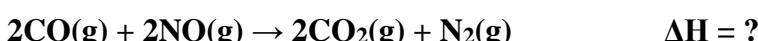


ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست؟

چون واکنش **هیدروژن و اکسیژن**، آب که پایدارتر است، تولید می‌کند از طرفی هیدروژن پراکسید ناپایدار بوده و به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود.

۲) در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلینده مانند CO و NO از اگزوز خودروها به هوایکره وارد می‌شوند. شیمی دانهای هواکره انجام واکنش

زیر را برای تبدیل این آلیندها به گازهایی پایدارتر و با آلیندگی کمتر، طراحی کرده‌اند.



آنالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.

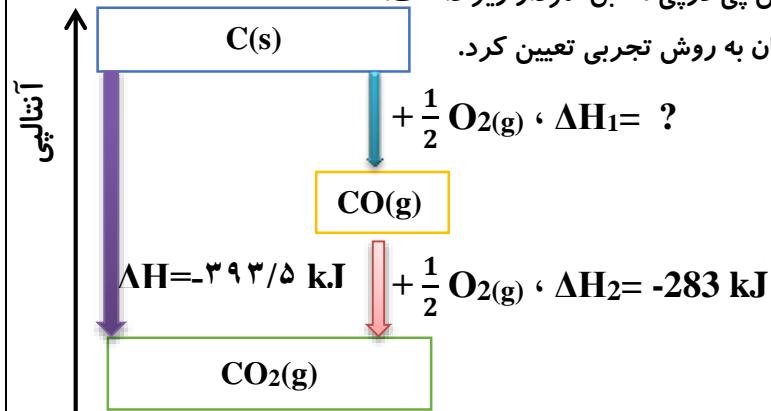


واکنش اول: معادله را ۲ برابر می‌کنیم.  $\Leftarrow$  آنتالپی ۲ برابر می‌شود.

واکنش دوم: معادله را برعکس می‌کنیم  $\Leftarrow$  آنتالپی قرینه می‌شود.



۳) واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی در پی مطابق نمودار زیر دانست.

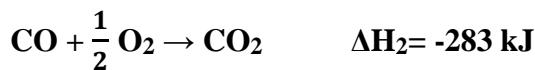


الف) شواهد نشان می‌دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید (g) CO را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد.

درباره علت آن گفت و گو کنید.

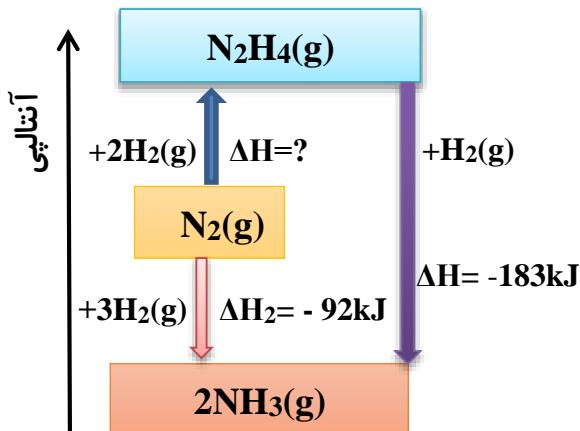
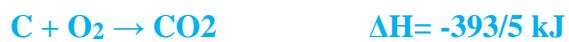
چون در این فرایند از طریق یک واکنش معین نمی‌توان تنها CO تولید کرد و همواره همراه آن مواد دیگری نیز تولید می‌شود. از طرفی طبق نمودار، تبدیل کربن به کربن دی اکسید وضعیت پایدارتری از کربن مونوکسید دارد و فراورده اصلی خواهد بود.

ب)  $\Delta H$  واکنش تولید  $\text{CO(g)}$  را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.



**معادله اول : بدون تغییر**

**معادله دوم :** معادله را بر عکس می کنیم  $\leftarrow$  آنتالپی قرینه می شود.



(۳) شواهد تجربی نشان می دهند که تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله ای است.

الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟ آمونیاک پایدارتر است. چون تبدیل هیدرازین به آمونیاک گرماده است پس هیدرازین سطح انرژی بیشتری داشته و ناپایدارتر است (طبق نمودار سطح انرژی آمونیاک پایین تر از هیدرازین است).

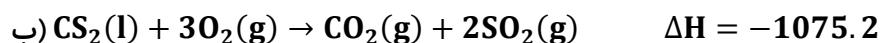
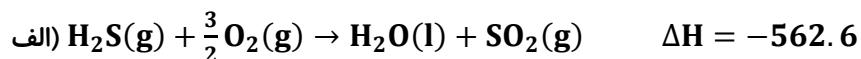
ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.



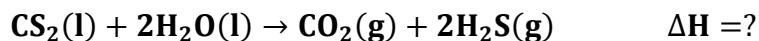
**معادله دوم :** معادله را بر عکس می کنیم  $\leftarrow$  آنتالپی قرینه می شود.



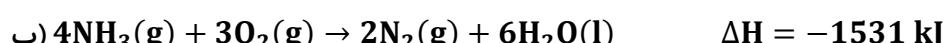
۱- با در دست داشتن واکنش های ترموشیمی زیر



مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:



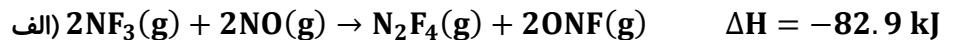
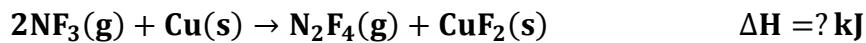
۲- با در دست داشتن واکنش های ترموشیمی زیر



مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:



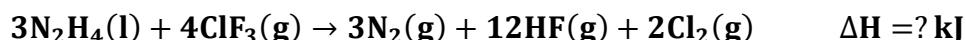
## ۳- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

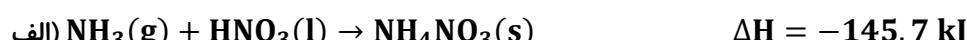
## ۴- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

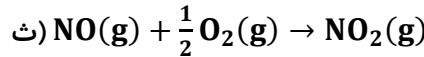
مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

## ۵- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

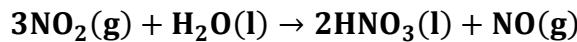
## ۶- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:





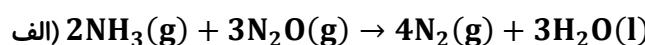
$$\Delta H = -56.6 \text{ kJ}$$

مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:

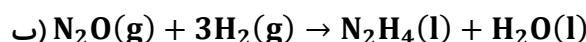


$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$

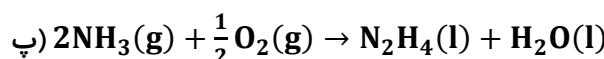
-۷- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:



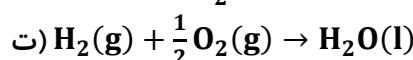
$$\Delta H = -1010 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -317 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -143 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -286 \text{ kJ}$$

مقدار  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید:



$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$

### غذای سالم

**تاریخ مصرف** چیست؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی **سالم** می‌ماند و قابل **صرف** است.

- ✓ انسان همواره در جست‌وجوی روش‌هایی بوده که بتواند ماده غذایی را برای مدت **طولانی** سالم نگه دارد و **ذخیره** کند.
- روش‌های سنتی نگهداری از مواد غذایی عبارتند از :

#### ۳- نمک سود کردن



#### ۲- تهیه ترشی



#### ۱- خشک کردن میوه‌ها



- ✓ تجربه نشان می‌دهد که محیط **سرد**، **خشک** و **تاریک** برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب‌تر از محیط **گرم**، **روشن** و **مرطوب** است.
- نگهداری مواد غذایی در **سردخانه‌ها** تایید کننده این تجربه است.

- ✓ در واقع عوامل محیطی مانند **رطوبت**، **اکسیژن**، **نور** و **دما** در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند.
- ✓ در محیط مرطوب، **میکروب‌ها** شروع به **رشد** و **تکثیر** می‌کنند تا جایی که ماده غذایی **کپ** می‌زند و **فاسد** می‌شود اما در محیط **خشک**

**امکان رشد میکروبها وجود ندارد** از اینرو می توان خشکبار را آسان تر و به مدت طولانی تر در این محیط نگه داری کرد به همین دلیل نیاکان ما بسیاری از میوه ها را در فصل برداشت خشک می کردن تا آنها را برای مصرف در فصل های دیگر ذخیره کنند.

### اکسیژن عامل فساد مواد غذایی :

در شیمی دهم آموختیم که اکسیژن گازی واکنش پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع تر فاسد می شوند.

**وجود پوست و پوشش میوه ها و خشک بار** یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است. زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره بینی به درون آنها می شود.



خود را بیازمایید :

هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می دهد؛ توضیح دهید.

(الف) برای نگهداری طولانی مدت فراورده های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می کنند با کاهش دما، سرعت واکنش هایی که سبب فساد مواد غذایی می شود، کم شده در نتیجه مدت ماندگاری افزایش می یابد.



✓ افزایش دما سبب کاهش زمان ماندگاری مواد غذایی می گردد.

(ب) روغن های مایع که در ظرف مات و کدر بسته بندی شده اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

زیرا نور و امواج الکترومغناطیس دارای انرژی بوده و اثر مخرب بر ساختار مولکول های روغن دارد اما ظروف با جداره کدر مانع از رسیدن این امواج به روغن می شوند لذا ماندگاری بیشتری خواهد داشت.



(پ) قاووت گردی مغذی و تهیه شده از مغز آفتاب گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شود. چون به حالت پودر، سطح تماس مواد غذایی با هوا بیشتر شده و سرعت انجام واکنش هایی که سبب فساد آن می شود نیز بیشتر است در نتیجه ماندگاری قاووت از مغز آن کمتر است.



پیشرفت علوم تجربی باعث شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت مواد غذایی از روش های گوناگون استفاده شود

### روش های جدید نگهداری از مواد غذایی :

۱) تهیه کنسرو ۲) بسته بندی نوین ۳) افزودن نگهدارنده ها ۴) نگهداری در یخچال های صنعتی، سردخانه ها ۵) خالی کردن هوای درون ظرف بسته بندی ۶) پر کردن محفظه مواد غذایی با گاز نیتروژن و ایجاد محیط بی اثر ۷) نگهداری غلات در سیلوها

✓ سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه ای از علم شیمی افزون بر بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش ها، عوامل مؤثر بر این آهنگ را نیز بررسی می کند.

✓ با آشنایی و درک سینتیک شیمیایی می توان روش های گوناگون نگه داری سالم مواد غذایی را یافت و گسترش داد.

## آهنگ واکنش :

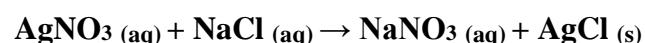
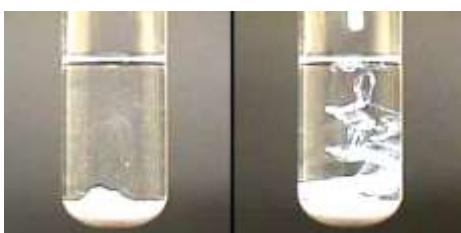
- ✓ تهیه و تولید سریع تر یا کندر تر یک فراورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر **کیفیت و زمان** ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد.
- ✓ **آهنگ واکنش** معیاری برای **زمان ماندگاری** مواد است.
- ✓ آهنگ واکنش کمیتی است که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد.
- ✓ هر چه گستره زمان انجام واکنش ها **کوچک تر** باشد، آهنگ انجام **تندتر** است و واکنش **سریع قر** انجام می شود.
- ✓ شیمیدان ها آهنگ واکنش را در گستره **معینی** از زمان با نام **سرعت واکنش** بیان می کنند.
- ✓ گستره انجام واکنش از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می گیرد.
- ✓ واکنش های شیمیایی از نظر سرعت انجام به چهار دسته تقسیم می شوند:

**۱ واکنش بسیار سریع    ۲ واکنش کند    ۳ واکنش سریع    ۴ واکنش بسیار کند**



**واکنش بسیار سریع** : انفجار واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از **مقدار کمی** ماده **منفجر شونده** به حالت **جامد یا مایع**، حجم زیادی از **غازهای داغ** تولید می شود.

**واکنش سریع** : واکنش های **رسوبی** جزو واکنش های **سریع** هستند. برای نمونه افزودن محلول شفاف **سدیم کلرید** به محلول شفاف **نقره نیترات** باعث تشکیل سریع **رسوب سفید رنگ** **نقره کلرید** می شود. (از این واکنش برای شناسایی یون کلرید و یون نقره نیز استفاده می شود).



**واکنش کند** : اشیای آهنی در هوای مرطوب به **کندی** زنگ می زند. زنگار تولید شده در این واکنش **کند** و **کربنات** است و فرو می ریزد که به این عمل **حوردگی** می گویند.



**واکنش بسیار کند** : بسیاری از کتاب های قدیمی در گذر زمان **زرد** و **پوسیده** می شوند. این پدیده نشان می دهد که واکنش **تجزیه سلولز** کاغذ **بسیار کند** رخ می دهد.

دانش آموزان گرامی کاوش کنید صفحه ۷۸ کتاب درسی را انجام داده و در هر مورد بیان کنید کدام یک از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش ها بررسی و به چه نتیجه ای منجر می گردد.

آزمایش ۱ : در حالت اول از  $\frac{1}{2}$  قرص جوشان و در حالت دوم از  $\frac{1}{4}$  قرص جوشان استفاده شده است.

**نتیجه : با کاهش غلظت واکنش دهنده سرعت واکنش کاهش می یابد.**

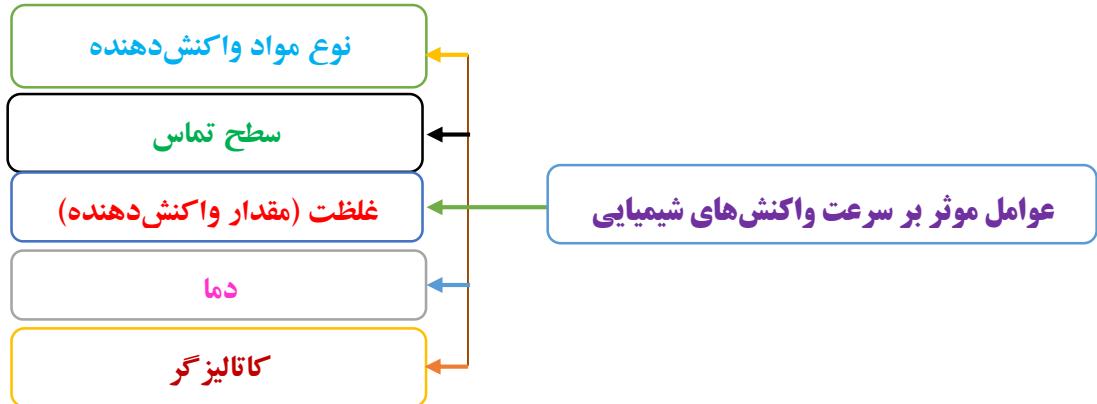
آزمایش ۲ : در حالت اول دمای آزمایش  $25^{\circ}\text{C}$  و در حالت دوم دمای آزمایش  $10^{\circ}\text{C}$  است.

**نتیجه : با کاهش دما سرعت واکنش کاهش می یابد.**

آزمایش ۳ : بجای استفاده از قرص جوشان آن را تبدیل به پودر کرده و آزمایش را تکرار می کنیم.

**نتیجه : با افزایش سطح تماس واکنش دهنده ها سرعت واکنش افزایش می یابد.**

## عوامل گوناگونی بر زمان انجام واکنش‌های شیمیایی اثر می‌گذارند که عبارتند از:



بررسی‌ها نشان می‌دهد که زمان انجام واکنش‌ها به عوامل گوناگونی وابسته است. به گونه‌ای که برای **کاهش** یا **افزایش** سرعت انجام واکنش‌ها می‌توان عواملی مانند **دما**, **غلظت**, **نوع مواد واکنش‌دهنده**, **کاتالیزگر** و **سطح تماس** واکنش دهنده‌ها را تغییر داد.

### ۱- اثر نوع (ماهیت) واکنش‌دهنده‌ها بر سرعت واکنش:



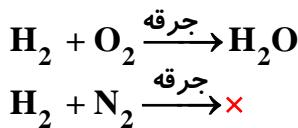
- ✓ ماهیت واکنش دهنده‌ها اگر چه به عنوان یک **متغیر** مطرح نیست، اما از ۴ عامل دیگر **مهمتر** است.
- ✓ مواد مختلف واکنش‌پذیری **متفاوتی** دارند و همین موجب **تفاوت سرعت** واکنش‌ها می‌شود.
- مثال ۱:** فلزهای قلیایی **سدیم** و **پتاسیم** در شرایط یکسان با **آب سرد** به شدت واکنش می‌دهند، اما سرعت واکنش آن‌ها **متفاوت** است و سرعت واکنش **پتاسیم** بیشتر از **سدیم** است.

- ✓ واکنش‌پذیری فلزات قلیایی و قلیایی خاکی از بالا به پایین **افزایش** و هالوژن‌ها از بالا به پایین **کاهش** می‌یابد.

**مثال ۲:** در آزمایشگاه، برای نگهداری **سدیم** آن را **زیر نفت** نگهداری می‌کنند در صورتی که **منیزیم** را به صورت **نواری** در می‌آورند.

**مثال ۳:** بارگاه ملکوتی امامان معصوم (ع) را با ورقه‌های نازک **طلاء** تزیین می‌کنند که پس از سال‌ها هنوز جلای خود را حفظ کرده (با **اکسیژن** و **روطین**) هوا و **سایر عوامل محیطی** واکنش نداده) اما مقبره حافظ که از **مس** ساخته شده به رنگ **سبز** درآمده است.

**مثال ۴:** ایجاد حرقه در مخلوطی از **H<sub>2</sub>** و **O<sub>2</sub>** سبب می‌شود واکنش انفجاری و بسیار سریع انجام شود. این در حالی است که ایجاد حرقه در مخلوطی از **H<sub>2</sub>** و **N<sub>2</sub>** منجر به انجام واکنش نمی‌شود.

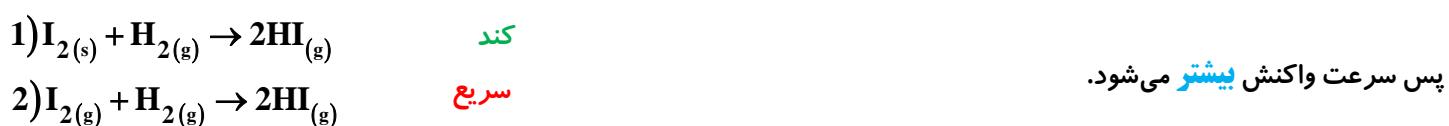


### ۲- اثر سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها بر سرعت واکنش:

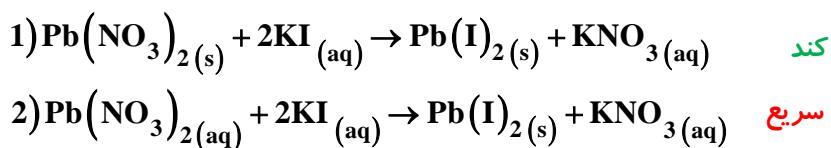
#### الف) حالت فیزیکی

سرعت واکنش مواد در حالت **غازی** و  **محلول** بیشتر از حالت **جامد** است زیرا **سطح تماس** در ذرات گازی و محلول **افزایش** می‌یابد.

**مثال ۱:** گاز هیدروژن فقط در **سطح ید جامد** واکنش می‌دهد در صورتی که در حالت **غازی** امکان واکنش با تک تک ذرات ید وجود دارد



**مثال ۲:** واکنش **سرب (II)** نیترات در حالت  **محلول** سرعت بیشتری دارد.



**ب) کوچک کردن اندازه ذرات**

**مثال ۱:** شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود.

**مثال ۲:** هنگامی که پودر قرص جوشان را داخل آب می ریزیم نسبت به حالتی که قرص جوشان را داخل آب می ریزیم سرعت **بیشتری** دارد.

**مثال ۳:** قاووت **گردی** مغذی و تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شود.



زیرا در قاووت **سطح تماس با اکسیژن** بیشتر از مغز سالم است.

**مثال ۴:** تراشه های چوب، سریع تر از تکه های چوب می سوزند.

✓ **هم زدن** مخلوط واکنش باعث **افزایش** سطح تماس ذرات می شود.

**۳- اثر غلظت واکنش دهنده ها یا مقدار واکنش دهنده ها :**

در **غلظت** واکنش ها، با **افزایش** غلظت واکنش دهنده ها، سرعت واکنش **افزایش** می یابد. زیرا با افزایش غلظت تعداد **برخوردها** بین واکنش دهنده ها بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش **افزایش** می یابد.



**مثال ۱:** الیاف آهن در مجاورت **هوا** (شامل ۱۲۱٪ اکسیژن) روی شعله، **داغ و سرخ** شده اما **نمی سوزد**.

در حالی که الیاف آهن **داغ و سرخ** شده در مجاورت **اکسیژن خالص** می سوزد. علت این امر مربوط به **افزایش غلظت اکسیژن** در آزمایش دوم است که موجب افزایش سرعت واکنش شده است.

**مثال ۲:** بیمارانی که مشکلات **تنفسی** دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند که غلظت اکسیژن در آن **بیشتر** از **روش های تغییر غلظت:** **هوا** است.

**(a) افزایش فشار**

✓ افزایش فشار بر واکنش دهنده های **غازی** سبب افزایش **غلظت** و بیشتر شدن تعداد **برخوردها** می شود.

✓ در واکنش های شیمیایی اگر حداقل یکی از واکنش دهنده ها به حالت **غازی** باشد، با افزایش **فشار** بر ظرف واکنش، ذرات **غاز** به هم **نزدیک** و به نوعی غلظت ماده **افزایش** یافته است؛ در نتیجه سرعت واکنش **زیاد** خواهد شد.

✓ افزایش فشار  **فقط** بر واکنش هایی تأثیر دارد که حداقل یکی از واکنش دهنده های **غازی** باشد.

✓ افزایش مول های **غازی** در **فشار ثابت** بر سطح **جامد**، تأثیری بر سرعت واکنش **ندارد**.

**(b) افزایش مقدار**

✓ با **افزایش مقدار** یک یا چند مورد از واکنش دهنده ها تعداد برخوردهای آنها با یکدیگر **افزایش** می یابد.

✓ برای مثال در واکنش  $\text{NO} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)}$  با افزایش تعداد مولکول های **NO** سرعت واکنش بیشتر می شود.

**(c) افزودن آب یا حلول**

✓ با افزودن **آب** یا **حلول** به سامانه محلول، سرعت واکنش **کاهش** می یابد زیرا ذرات واکنش دهنده از هم **فاصله** می گیرند و تعداد **برخوردها** **کمتر** می شود.

**۴- اثر دما بر سرعت واکنش:**

✓ **همه** مولکول ها دارای انرژی **جنبشی** هستند و در ظرف واکنش پیوسته با یکدیگر **برخورد** می کنند، ولی **همه** برخوردهای بین مولکول های واکنش دهنده به واکنش **نمی انجامد**؛ زیرا همه آنها **انرژی کافی ندارند**.

✓ **با افزایش دما** : انرژی **جنبشی** ذرات **افزایش** می یابد و انرژی **کافی** برای تعداد **بیشتری** از ذرات برخورد کننده فراهم می شود، پس در گستره زمان **کوتاه تری** واکنش انجام می شود و سرعت انجام واکنش **افزایش** می یابد.

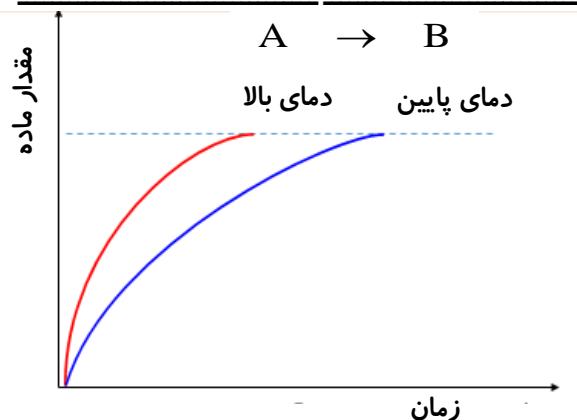
یا به عبارتی در واکنش‌های شیمیایی (گرمایش و گرماده)، با **افزایش دما** تعداد برخوردهای مؤثر بین واکنش‌دهنده‌ها **زیاد شده** و سرعت واکنش را **افزایش می‌دهد**.



**مثال ۱** : محلول بنفسنگ پتاسیم پرمنکات ( $KMnO_4$ ) با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد اما با **گرم** شدن محلول به سرعت **بی‌رنگ** می‌شود.

**مثال ۲** : شکر در آب **داغ** با سرعت **بیشتر** حل می‌شود.

**مثال ۳** : با نگهداری مواد غذایی درون **یخچال**، سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به **فساد آنها**، **کندتر** می‌شود. در حالی که **گرمای شعله** اجاق گاز سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به پختن غذا را **افزایش می‌دهد**.



✓ با **افزایش دما**، واکنش در زمان **کمتری** به پایان می‌رسد ولی مقدار **نهایی** فراورده در همه دمایا **یکسان** خواهد بود. (در صورتی که **فراوردهای واکنش** در همه دمایا **یکسان پاشند**).

✓ **اعلب** واکنش‌های **گرمایش** در دمایای **بالا** انجام پذیر می‌شوند.

✓ تأثیر **افزایش دما** بر سرعت واکنش‌هایی که **گرمایش** هستند، **بیشتر** است.

✓ بین میزان افزایش دما و سرعت واکنش رابطه **مستقیم** و **غیر خطی** وجود دارد، مثلاً **با دو** برابر شدن دما، سرعت زیاد می‌شود ولی نه به اندازه **دو** برابر.

✓ انحلال‌پذیری **اکثر** نمک‌ها در آب با افزایش دما **بیشتر** می‌شود زیرا با افزایش دما **آنتالپی فروپاشی شبکه بلور** نمک‌ها تأمین می‌شود.

## ۵- اثر کاتالیزگر بر روی سرعت واکنش :

✓ کاتالیزگرهای موادی هستند که **سرعت** واکنش‌های شیمیایی را **افزایش** می‌دهند و در پایان واکنش **بدون تغییر** باقی می‌مانند.

**مثال ۱** : واکنش **سوختن قند** آغشته به **خاک باگچه** سریع‌تر است زیرا در خاک باگچه **کاتالیزگر** مناسب برای این واکنش وجود دارد.

**مثال ۲** : برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار **نفخ** می‌شوند. زیرا **فائد آنزیمی** هستند که آن‌ها را **کامل و سریع** هضم کند.

✓ **آنزیم‌ها** در بدن نقش **کاتالیزگر** را دارند. آنزیم‌ها واکنش‌های شیمیایی گوناگونی را که در سلول‌ها انجام می‌شود، **سرعت** می‌بخشند.

**مثال ۳** : محلول **هیدروژن پراکسید** در دمای اتاق به **کندی** تجزیه شده و گاز **اکسیژن** تولید می‌کند. در حالی که با اضافه کردن دو قطره محلول **پتاسیم یدید** ( $KI$ ) به عنوان **کاتالیزگر** سرعت واکنش به طور چشمگیری **افزایش** می‌یابد. سرعت این واکنش را می‌توان با جمع آوری گاز **اکسیژن** بررسی کرد.



صفحه ۸۰ و ۸۱ کتاب درسی

خود را بیازمایید:

در هر یک از موارد زیر با توجه به شکل، علت اختلاف در سرعت واکنش را توضیح دهید.

الف) فلزهای قلیایی **سدیم** و **پتاسیم** در شرایط یکسان با آب **سرد** به شدت واکنش می‌دهند، اما سرعت واکنش‌ها **متفاوت** است.



**ماهیت واکنش دهنده‌ها متفاوت بوده و واکنش پذیری متفاوتی دارند.** هردوی این فلزها در گروه ۱ جدول تناوبی جای دارند اما واکنش پذیری پتاسیم از سدیم بیشتر است زیرا در یک گروه از فلزات فعالیت شیمیایی از بالا به پایین افزایش می‌یابد بنابراین شدت واکنش آن و در نتیجه سرعت واکنش آن با آب نیز بیشتر است.



ب) شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود. سطح تماس گرد آهن با شعله و اکسیژن هنگامی که بر روی شعله پاشیده می‌شود، بیشتر از زمانی است که در کپسول چینی قرار دارد. افزایش سطح تماس موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود.



پ) محلول بنفسن رنگ پتاسیم پرمونگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی‌رنگ می‌شود.  
**با افزایش دما سرعت واکنش بیشتر می‌شود.**



ت) 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.  
**غلظت اکسیژن در ارلن بیشتر است. معمولاً با افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش نیز بیشتر خواهد شد.**



ث) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.  
**پتاسیم یدید نقش کاتالیزگر را داشته و سبب افزایش سرعت واکنش خواهد شد. با افزایش سرعت تجزیه هیدروژن پراکسید، سرعت تولید گاز اکسیژن نیز بیشتر می‌شود.**

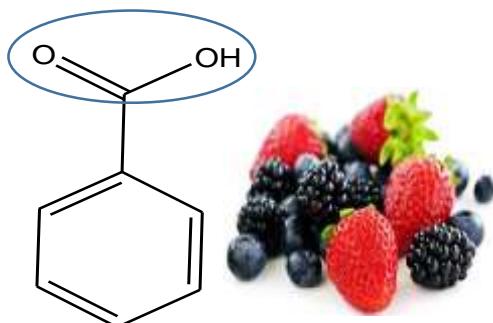
- کدام یک از عوامل زیر باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود؟  
\* افزایش سطح تماس      \* افزایش فشار در واکنش‌های گازی      \* کاهش دما

- عامل موثر بر هر عبارت ستون (۱) را از ستون (۲) انتخاب کنید.

ستون (۲)	ستون (۱)
(a) غلظت	۱) سرعت واکنش سدیم و پتاسیم با آب متفاوت است.
(b) ماهیت مواد	۲) آغشتن یک حبه قند به خاک باعچه، باعث افزایش سرعت سوختن می‌شود.
(c) کاتالیزگر	۳) توری فولادی در ارلن پر از اکسیژن به سرعت شعله‌ور می‌شود.
(d) سطح تماس	۴) خرده‌های چوب سریع‌تر از یک تکه چوب قطور شعله‌ور می‌شود.
(e) دما	

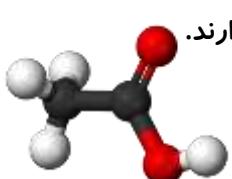
## پیوند با صنعت (بازدارندگان)

- ✓ با زیاد شدن جمعیت و گرایش مردم به شهرنشینی، روش سنتی تهیه غذا، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. در چنین شرایطی **ذخیره‌سازی** و **صادرات** غذا به عنوان صنعتی **نو**، خودنمایی کرد.
- ✓ صنعت **ذخیره‌سازی** و **صادرات** غذا با کمک فناوری‌هایی مانند **بسته‌بندی**، **کنسروسازی**، **انجماد** و ... به سرعت گسترش یافت.
- ✓ **افزایش** زمان ماندگاری و **کیفیت** مواد غذایی هنوز شرکت‌های صنایع غذایی را با **چالش‌هایی** روبرو می‌کند.
- ✓ استفاده از مواد **شیمیایی** با ویژگی‌های **خاص** به عنوان **افزوondنی‌ها** سبب افزایش زمان ماندگاری و **کیفیت** مواد غذایی شد.
- ✓ **افزوondنی‌ها**، مواد شیمیایی مانند **نگهدارنده**، **رنگ‌دهنده**، **طعم‌دهنده** و ... هستند که به صورت **هدفمند** به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند.
- ✓ **نگهدارنده‌ها**، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به **فساد** ماده غذایی می‌شود را **کاهش** می‌دهند.
- ✓ یکی از این مواد، **بنزوئیک اسید** است که در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد و منشأ **طبیعی** دارد.

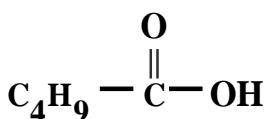


### بنزوئیک اسید:

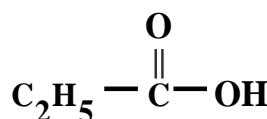
- ✓ دارای گروه عاملی **اسیدی** (COOH) و یک **کربوکسیلیک اسید آروماتیک** است.
- ✓ فرمول مولکولی آن C7H6O2 می‌باشد.
- ✓ تعداد پیوند کووالانسی آن برابر 19 و تعداد ساده در آن برابر 11 می‌باشد.
- ✓ تعداد جفت الکترون ناپیوندی در آن برابر 4 جفت است.
- ✓ در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد.
- ✓ هم خانواده آن **اتانوئیک اسید** (استیک اسید با فرمول CH3COOH) یا **جوهر سرکه** است، که **آشنازیرین** عضو این خانواده است.



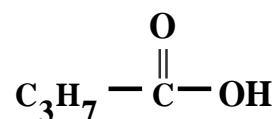
- ✓ کربوکسیلیک اسیدها خانواده‌ای از ترکیبات آلی هستند که **حداقل** یک گروه عاملی کربوکسیل (-COOH) دارند.
- ✓ کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن گروه عاملی **کربوکسیل** (-COOH) دارای خاصیت **اسیدی** هستند.
- ✓ **تمامی** کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای **ضعیفی** هستند.
- ✓ ساده‌ترین عضو این خانواده، **متانوئیک اسید** (فرمیک اسید) و معروف‌ترین عضو خانواده آن، **اتانوئیک اسید** (استیک اسید) می‌باشد.
- ✓ **سرکه خوراکی** با خاصیت اسیدی **ملایم** به عنوان **چاشنی** در غذاها مصرف می‌شود و محلول 5% جرمی **استیک اسید** در آب است.
- ✓ برای نامگذاری **کربوکسیلیک اسیدهای** راست زنجیر کافی است که نام **آلکان** هم کربن با آن‌ها را به «**اوئیک اسید**» ختم کنیم:



پنتانوئیک اسید



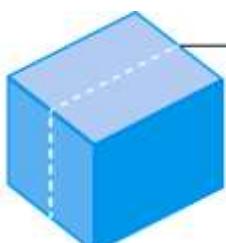
پروپانوئیک اسید



بوتانوئیک اسید

- ✓ کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن H متصل به O در گروه کربوکسیل (-COOH) می‌توانند با خود و مولکول آب، پیوند **هیدروژنی** تشکیل دهند.
- ✓ بنزآلدهید (C7H6O) را با بنزوئیک اسید (C7H6O2) اشتباه نگیرید.

### صفحه ۸۲ کتاب درسی



$$V = a^3 = 2^3 = 8 \text{ cm}^3$$

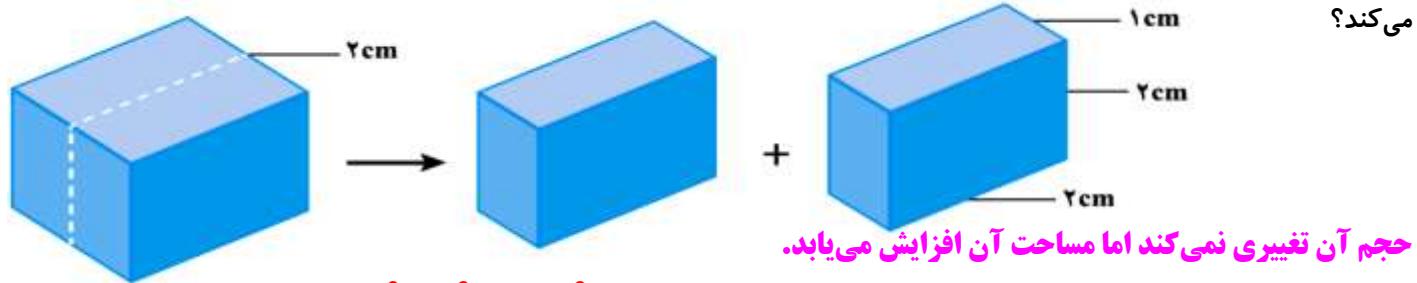
$$S = 6a^2 = 6 \times (2)^2 = 24 \text{ cm}^2$$

در حالی که مساحت کل آن برابر با  $24 \text{ cm}^2$  (چرا)?

۱) کدام کمیت (حجم یا مساحت کل)، سطح تماس این تکه زغال را با شعله هنگام سوختن نشان می‌دهد؟ توضیح دهد.

### واکنش در سطح ذغال که در تماس با اکسیژن است رخ می‌دهد.

۲) اگر این مکعب از وسط یک ضلع برش بخورد و به دو مکعب مستطیل تقسیم شود، حساب کنید حجم زغال و سطح تماس آن چه تغییری می‌کند؟



$$V = a^3 = 2^3 = 8 \text{ cm}^3$$

$$S = 4(2 \times 1) + 2(2 \times 2) = 16 \text{ cm}^2 \Rightarrow S_t = 16 \times 2 = 32 \text{ cm}^2$$

۳) بر اساس تحلیل خود از پرسش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکه زغال با گرد آن را توضیح دهد.

با برش ذغال در حجم ثابت، نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد. گرد ذغال دارای سطح تماس بیشتری است. بنابراین دارای واکنش پذیری شیمیایی بیشتری است.

### سینتیک شیمیایی

✓ واکنش‌های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت‌های متفاوتی انجام می‌شوند.

واکنش‌های طبیعی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱) واکنش‌های مطلوب و مقید: مانند: گوارش، تنفس، تهیه دارو و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری

✓ شیمی دانها به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفه اقتصادی تولید کنند.

۲) واکنش‌های ناخواسته یا مضر: مانند: خوردگی فلزات، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ

✓ شیمی دانها در پی یافتن راه‌هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های ناخواسته‌اند.

**سینتیک شیمیایی:** شاخه‌ای از علم شیمی است که درباره شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها گفت و گو می‌کند.

### سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش از دیدگاه کمی

✓ سرعت واکنش در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فراورده‌های دارویی و ... آن چنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسه دقیق میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل کمی بیان شود.

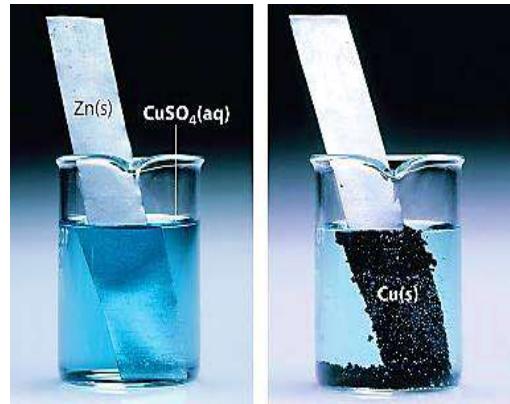
✓ در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش‌دهنده‌ها مصرف و فراورده‌ها تولید می‌شوند، آهنگ مصرف واکنش دهنده‌ها و تولید فراورده‌ها را در بازه‌ای از زمان قابل اندازه‌گیری است.

✓ سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت‌کننده در واکنش در گستره زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گویند و آن را سرعت متوسط می‌نامند و با  $\bar{R}$  نمایش می‌دهند. از این‌رو  $(A)$  سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده A را نشان می‌دهد.

✓ با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند حجم، غلظت، فشار، تغیررنگ و ... می‌توان سرعت متوسط یک واکنش را در دمای معین به دست آورد.



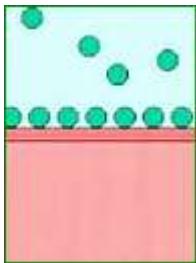
✓ برای تعیین سرعت مصرف نوعی رنگ غذا به آن مایع سفید کننده اضافه می‌کنند و زمان را تا از بین رفتن رنگ آن اندازه‌گیری می‌کنند. با توجه به زمان از بین رفتن رنگ محلول پیشرفت واکنش را ملاحظه نمود.



✓ هنگام وارد کردن یک تیغه **روی** درون محلول **آبی رنگ مس (II)** سولفات به دلیل واکنش پذیری بیشتر **روی** از **مس** یک واکنش جابجایی یگانه اتفاق می‌افتد که رفته رفته فلز روی بصورت یون  $\text{Zn}^{2+}$  وارد محلول شده و جرم تیغه **روی** کم می‌شود. یون مس نیز بصورت فلز **قرمز رنگ (Cu<sub>(s)</sub>)** بر روی تیغه می‌نشیند و به دلیل تبدیل  $\text{Cu}^{2+}$  به  $\text{Cu}_{(s)}$ ، محلول **بی رنگ** می‌شود. بنابراین با توجه به این تغییرات ظاهری می‌گوییم واکنش پیشرفت خوبی داشته است.



### تغییرات سرعت واکنش با گذشت زمان



- ✓ سرعت **اغلب** واکنش‌ها هم نسبت به واکنش‌دهنده و هم نسبت به فراورده **کاهش** می‌یابد.
- ✓ واکنش‌هایی که در **سطح** یک **جامد** یا **مایع** انجام می‌شود **معمولًا** سرعت ثابتی دارند.
- ✓ برخی از واکنش‌ها با گذشت زمان سرعت **بیشتری** پیدا می‌کنند که **دو** حالت دارد:
  - ۱- در آغاز واکنش انرژی اولیه زیادی نیاز دارند ولی **گرماده** هستند و با گرمای آزاد شده **سرعت** می‌گیرند.
  - ۲- در واکنش یکی از فراورده‌ها نقش **کاتالیزگر** دارد.

### سرعت متوسط واکنش ( $\bar{R}$ ) بر حسب تغییرات مول:

- ✓ در **ابتدا** واکنش غلظت مواد واکنش‌دهنده **بیشتر** از حالت **انتهایی واکنش** است، بنابراین سرعت واکنش در ابتدا **(غلب)** واکنش‌ها **بیشتر** است و رفته رفته **کاهش** می‌یابد، پس سرعت را در یک **بازه زمانی معین** محاسبه می‌کنند که به آن **سرعت متوسط** می‌گویند.
- ✓ **سرعت واکنش** در شیمی کمیتی **تحوی** و همواره **ثبت (+)** است یعنی با کمک **آزمایش** مقدار آن محاسبه می‌شود.
- ✓ اگر یک واکنش یا تغییر شیمیایی **ویژگی قابل اندازه‌گیری** نداشته باشد، **نمی‌توان** برای آن سرعت متوسط تعریف کرد.
- ✓ رابطه سرعت به دو صورت زیر نوشته می‌شود.

$$(1) \text{ بر حسب فراورده: } \bar{R} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

$$(2) \text{ بر حسب واکنش دهنده: } \bar{R} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

- ✓ از آنجا که مواد واکنش‌دهنده **صرف** می‌شوند، و مقدار نهایی آنها **کمتر** از مقدار اولیه است، تغییر کمیت‌های مختلف برای آنها **منفی** است؛ برای اینکه سرعت **منفی** نباشد، یک علامت **منفی** در کنار تغییر کمیت‌های مربوط به محاسبه سرعت واکنش‌دهنده‌ها قرار می‌دهیم.



$$A \quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta n_A}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط مصرف A}$$

$$B \quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta n_B}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط تولید B}$$

**مثال:**

- ✓ اگر سرعت واکنش را بر حسب **تغییرات مول** بیان کنیم، یکای سرعت برابر **مول بر ثانیه** ( $\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ ) یا (دقیقه و ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمول‌های داده شده ( $\text{zمان. mol}$ ) است.
- ✓ یکای زمان معمولاً ثانیه، دقیقه و ساعت است، هرچه **سرعت** یک واکنش **بیشتر** باشد یکای زمان را **کوچک‌تر** انتخاب می‌کنند.

## سرعت واکنش بر حسب تغییرات غلظت مولی مواد

در مواردی که مواد در حالت **گازی** یا  **محلول** هستند می‌توان سرعت را بر حسب **تغییرات غلظت مولی** در واحد زمان بیان کرد که در این صورت غلظت مولی یک ماده را با قرار دادن **فرمول** آن ماده در داخل **کروشه** نمایش می‌دهند. مثال:  $[A]$  یعنی غلظت مولار A.

**A (aq) → B (aq)**

$$A \quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط مصرف}$$

$$B \quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta[B]}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط تولید}$$

اگر سرعت واکنش را بر حسب **تغییرات غلظت** مواد بیان کنیم، یکای سرعت **مول بر لیتر بر ثانیه** ( $\text{mol.L}^{-1}.\text{S}^{-1}$ ) (دقیقه یا ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمولهای داده شده ( $\text{زمان}^{-1} \text{مول} \cdot \text{L}^{-1}$ ) است.

در مورد مواد **گازی** می‌توان سرعت واکنش را بر حسب **تغییر حجم گاز** در واحد زمان بیان کرد. با توجه به تبدیل حجم گاز به مول در شرایط استاندارد می‌توان آن را بر حسب **مول** نیز بیان نمود. ( $1\text{mol gas} = 22/4 \text{ L gas}$ )

### جمع‌بندی:

$$\bar{R}_g = \frac{\Delta n_g}{\Delta t} = \frac{\Delta[g]}{\Delta t} = \frac{\Delta V_g}{\Delta t} = \frac{\Delta P_g}{\Delta t}$$

برای مواد **گازی** (g) فرمولهای سرعت متداول عبارتند از :

$$\bar{R}_{\text{aq}} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta[l]}{\Delta t}$$

برای مواد  **محلول** (aq) فرمولهای سرعت متداول عبارتند از :

$$\bar{R}_{\text{سایر}} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

برای مواد **جامد** (s) و **مایع خالص** (l) فرمول سرعت متداول عبارتست از :

**پیشتر بدانید**: برای مواد **جامد** یا **مایع خالص** نمی‌توان از **تغییرات غلظت** برای محاسبه سرعت استفاده کرد؛ زیرا **غلظت مولی** مواد **جامد** و **مایع خالص**، از تقسیم **چگالی** آنها بر **جرم مولی‌شان** به دست می‌آید و از آنجا که این دو کمیت عددی **ثابت** هستند؛ غلظت مولی این مواد در طول زمان **ثابت** است :

$$\frac{\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{d}{m} = \frac{(\text{g/L})}{(\text{g/mol})} = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

### صفحه ۸۴ کتاب درسی

خود را بیازمایید :

(۱) آهنگ مصرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه را با شرایط داده شده محاسبه کنید؟ (زمان ۵ دقیقه و تغییرات مول ۰۵ مول)

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0 - 0 / 05)\text{mol}}{5\text{min}} = 0 / 01\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

(۲) دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش با (aq)  $\text{CuSO}_4$  را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



الف) واکنش پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

**واکنش پذیری فلز روی بیشتر از مس است چون فلز روی توانسته جایگزین مس در ترکیب آن شود.**

(ب) با گذشت زمان مقدار  $\text{Cu}^{2+}$  (aq) و  $\text{Cu}$  (s) چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

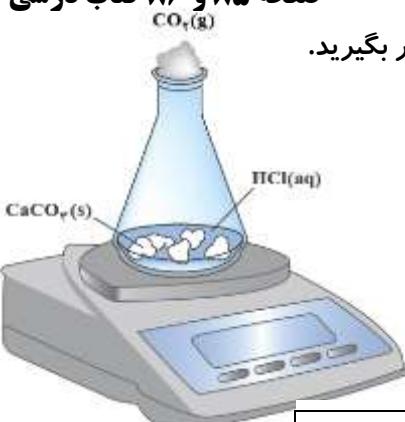
مقدار  $\text{Cu}^{2+}$  کاهش پیدا می‌کند چون رنگ محلول که حاوی  $\text{Cu}^{2+}$  کمرنگ می‌شود و مقدار  $\text{Cu}$  افزایش می‌یابد چون مقدار رسوب مس قرمز روی تیغه افزایش پیدا می‌کند.

پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  را برحسب

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0-0/03)\text{mol}}{2\text{ h}} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} = 2/5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{min}^{-1}$$

حساب کنید.

### صفحه ۸۵ و ۸۶ کتاب درسی



۱) واکنش کلسیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل زیر در نظر بگیرید.



✓ این واکنش در ابتدا از نوع جابجایی **دوگانه** و سپس انجام یک واکنش **تجزیه** می‌باشد.

جدول زیر، جرم مخلوط واکنش را برحسب زمان برای این آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به  
داده‌های جدول، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	زمان (ثانیه)
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰	۶۴/۵۵	۶۴/۶۶	۶۴/۸۸	۶۵/۳۲	۶۵/۹۸	
جرم کربن دی اکسید(گرم)	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۳	۱/۳۲	۱/۱۰	۰/۶۶	۰	

الف) چرا با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود؟

**چون با گذشت زمان مقداری  $\text{CO}_2$  تولید شده از داخل ظرف خارج می‌شود.**

ب) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

**زیاد می‌شود زیرا واکنش دهنده‌ها با گذشت زمان کمتر شده و فراورده بیشتری تولید می‌کند که یکی از فراورده‌ها  $\text{CO}_2$  است.**

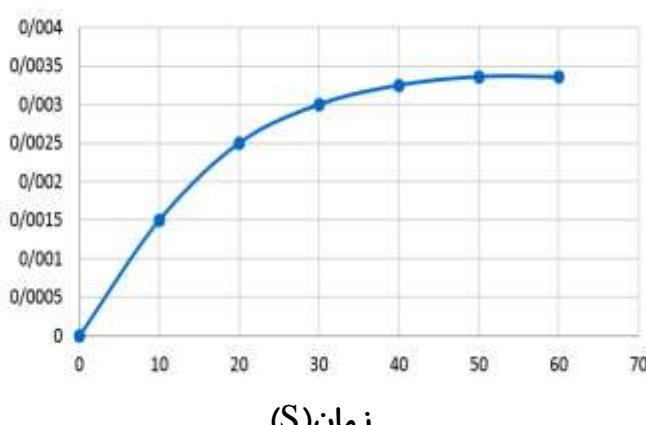
پ) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟ **در ثانیه ۵۰ چون از آن به بعد مقدار مواد تغییر نمی‌کند.**

(۱) جدول زیر را کامل کنید ( $1\text{ mol CO}_2 = 44\text{g}$ )

$\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t}$ , (mol.s <sup>-1</sup> )	$\Delta n(\text{CO}_2)$ , (mol)	$n(\text{CO}_2)$ , (mol)	زمان (s)
-	-	-	-
$1/50 \times 10^{-3}$	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-2}$	۱۰
$1/00 \times 10^{-3}$	$1/00 \times 10^{-2}$	$2/50 \times 10^{-2}$	۲۰
$5/00 \times 10^{-4}$	$5/00 \times 10^{-3}$	$3/00 \times 10^{-2}$	۳۰
$2/50 \times 10^{-4}$	$2/50 \times 10^{-3}$	$3/25 \times 10^{-2}$	۴۰
$1/10 \times 10^{-4}$	$1/10 \times 10^{-3}$	$3/36 \times 10^{-2}$	۵۰

(۲) نمودار مول-زمان را برای گاز  $\text{CO}_2$  بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.

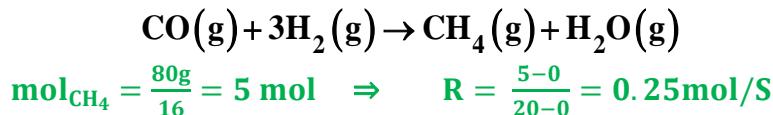
نمودار مول - زمان



۴) سرعت متوسط تولید  $\text{CO}_2$  با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می‌کند زیرا تغییرات غلظت  $\text{CO}_2$  کم می‌شود.**

۵) آزمایش نشان می‌دهد که نمودار مول-زمان برای هر سه فراورده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحظه یکسان است. چرا؟ **چون ضرایب واکنش هر سه فراورده یکسان است یعنی میزان سرعت متوسط تولید هر سه برابر است.**

مثال: اگر در مدت ۲۰ ثانیه ۸۰ گرم متان از واکنش زیر تولید شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز متان چند مول بر ثانیه است؟



(min) زمان	A(L)
۲۰	۰/۵۶
۴۰	۱/۱۲
۶۰	۱/۴

مثال ۲: داده‌های جدول زیر مربوط به بخشی از انجام واکنش است با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:

الف) ماده A واکنش‌دهنده است یا فراورده؟ چرا؟

**ماده A فراورده است زیرا با گذشت زمان مقدار آن بیشتر شده است.**

ب) سرعت تغییرات مقدار A را در محدوده زمانی ۲۰ تا ۴۰ و ۶۰ تا ۴۰ برحسب مول بر دقیقه در شرایط STP به دست آورید.

**در ابتدا داده‌ها به مول تبدیل می‌شود و سپس طبق فرمول، سرعت محاسبه می‌گردد.**

$$\text{mol A}_{20} = \frac{0/56\text{L}}{22/4\text{L}} = 0/025 \text{ mol}$$

$$\text{mol A}_{40} = \frac{1/12\text{L}}{22/4\text{L}} = 0/05 \text{ mol}$$

$$\text{mol A}_{60} = \frac{1/4\text{L}}{22/4\text{L}} = 0/0625 \text{ mol}$$

(s) زمان	A (L)	A(mol)	سرعت (mol/min)
۲۰	۰/۵۶	۰/۰۲۵	۰
۴۰	۱/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷۵
۶۰	۱/۴	۰/۰۶۲۵	۰/۰۳۷۵

ج) با گذشت زمان سرعت چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می‌کند زیرا تغییرات حجم ماده A کم می‌شود.**

### مسائل سرعت مربوط به یک ماده:

در مورد حل مسائل مربوط به سرعت، اگر اطلاعاتی که مسئله داده بود مربوط به یک ماده باشد و سرعت مربوط به همان ماده، خواسته شود، نیازی به نوشتتن معادله واکنش و موازنۀ آن نیست، بلکه با توجه به تغییرات توضیح داده شده در سوال، سرعت آن ماده قابل محاسبه است.

مثال: در واکنش  $2\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C} + 2\text{D}$  پس از گذشت ۲ دقیقه، تعداد مول‌های A از ۱/۱ به ۱/۲ مول کاهش یافته است سرعت مصرف ماده A چند مول بر ثانیه است؟

$$\Delta n = 1/2 - 2/1 = -0/9 \text{ mol}$$

$$R_A = -\frac{(-0/9)\text{mol}}{2\text{min}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{S}} = 0/0075 \text{ mol.S}^{-1} = 7/5 \times 10^{-3} \text{ mol.S}^{-1}$$

مثال: اگر در تجزیۀ  $4/5$  مول  $\text{NO}_2$  مطابق واکنش زیر، بر اثر گرما، پس از ۱۰ ثانیه  $138$  گرم از آن باقی‌مانده باشد، سرعت متوسط مصرف  $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$

$$\text{N=14}, \text{O}=16 \text{ g. mol}^{-1}$$

$\text{NO}_2$ ، برابر چند مول، بر ثانیه است؟

$$\Delta n = 3 - 4/5 = -1/5 \text{ mol}$$

$$138\text{g NO}_2 \times \frac{1\text{mol NO}_2}{46\text{g NO}_2} = 3\text{mol NO}_2$$

$$R_{\text{NO}_2} = -\frac{(-1/5)\text{mol}}{10\text{S}} = 0/15 \text{ mol.S}^{-1}$$

مثال: هر گاه مطابق واکنش  $\text{N}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{NH}_3\text{(g)}$  در طی مدت ۵ دقیقه، مقدار  $68$  گرم آمونیاک تولید شده باشد، سرعت متوسط تولید  $\text{NH}_3$  بر حسب مول بر ثانیه تقریباً کدام است؟ ( $\text{N}=14$  ,  $\text{H}=1 \text{ g.mol}^{-1}$ )

$$0/043(4) \quad 0/033(3) \quad 0/023(2) \quad 0/013(1)$$

$$68\text{g NH}_3 \times \frac{1\text{mol NH}_3}{17\text{g NH}_3} = 4\text{mol NH}_3 \Rightarrow R_{\text{NH}_3} = \frac{4\text{mol NH}_3}{5\text{min}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{S}} = 0/013 \text{ mol.S}^{-1}$$

**مثال:** اگر  $\frac{1}{34}$  گرم  $\text{PCl}_5$  را در ظرفی گرما دهیم و پس از گذشت ۲۰ ثانیه، ۲۵ درصد آن تجزیه شده باشد؛ سرعت مصرف این گاز بر حسب مول بر دقيقه کدام است؟ ( $P=31$ ,  $\text{Cl}=35/5 \text{ g.mol}^{-1}$ ) (ریاضی ۸۷)

۰/۰۵(۴)      ۰/۰۴(۳)      ۰/۰۳(۲)      ۰/۰۲(۱)

$$\frac{8/34 \text{ g}}{100} = 2/085 \text{ g}$$

$$\frac{2/085 \text{ g}}{208/5 \text{ g} \text{ PCl}_5} = 0/01 \text{ mol PCl}_5$$

$$R_{\text{PCl}_5} = -\frac{(-0/01) \text{ mol PCl}_5}{20 \text{ S}} \times \frac{60 \text{ S}}{1 \text{ min}} = 0/03 \text{ mol.min}^{-1}$$

**مثال:** در یک پالایشگاه، که شامل ۲۱۹۰۰۰ تن تأسیسات آهنی است، سالانه ۰.۵٪ از فلز به کار رفته در آن در اثر خوردگی از بین می‌رود.

سرعت متوسط مصرف فلز آهن در این پالایشگاه چند تن در روز است؟ (هر سال را برابر ۳۶۵ روز در نظر بگیرید.) (ریاضی ۹۸ خارج)

۴۵ (۱)

۴۰ (۳)

۳۵ (۲)

۳۰ (۱)

$$219000 \text{ ton} \times 0/05 = 10950 \text{ ton} \Rightarrow \frac{10950 \text{ ton}}{365} = 30 \text{ ton}$$

### مسائل سرعت مربوط به یک واکنش

در حالتی که اطلاعات مربوط به **یک ماده** را داریم (تغییرات مقدار یا سرعت متوسط آن) و می‌خواهیم سرعت یا تغییرات **ماده دیگری** را در **همان** واکنش بدست آوریم، باید از معادله موازنه شده کمک بگیریم.

به طور کلی، سرعت را می‌توان در یک واکنش برای مصرف مواد، تولید مواد یا حتی برای کل واکنش بدست آورد.

**aA + bB → cC + dD**     $\Rightarrow \bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$  رابطه بین سرعت‌ها به صورت مقابل است :

طبق رابطه بالا ماده‌ای که ضریب **بزرگتری** دارد، تغییرات مقداری **بیشتر** و در نتیجه **سرعت تولید** یا مصرف آن نیز **بیشتر** است.

برای بدست آوردن **سرعت متوسط کلی واکنش** کافیست سرعت هر ماده را به **ضریب استوکیومتری** آن در معادله موازنه شده تقسیم کنیم.

**نسبت** سرعت‌ها برای **دو ماده** برابر نسبت ضرایب استوکیومتری در واکنش موازنه شده است (یعنی اگر ضریب استوکیومتری ماده‌ای ۲ برابر ماده دیگر بود، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن نیز ۲ برابر آن ماده دیگر است).

**مثال:** در واکنش زیر، سرعت تولید یا مصرف کدام ماده، بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  کمترین مقدار است؟ (واکنش موازنه نشده است).



با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه شده سرعت تولید  $\text{N}_2$  از سایر مواد کمتر است.

توجه: برای  $\text{O}_2$  چون این ماده بصورت جامد است برای آن غلظت مولی و در نتیجه رابطه  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  تعریف نمی‌شود.

**مثال:** مطابق واکنش  $\text{A(g)} \rightarrow 2\text{B(g)} + 3\text{C(g)}$ ، در ظرفی دربسته مقداری ماده A را حرارت می‌دهیم تا تجزیه شود، کدام گزینه درست است؟

(۱) با گذشت زمان سرعت متوسط تولید C افزایش می‌یابد.

(۲) غلظت B در هر لحظه دو برابر غلظت A است.

(۳) سرعت تولید C بر حسب مولار بر ثانیه از سایر اجزای واکنش کمتر است.

(۴) در هر لحظه سرعت مصرف A، نصف سرعت تولید B است.

**مثال:** با توجه به رابطه بین سرعت‌های مواد گازی که در حالت‌های زیر داده شده است، معادله شیمیایی موازنه شده آن واکنش را بنویسید.

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta [\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta [\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta [\text{O}_2]}{\Delta t} \quad (\text{الف})$$

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{1}{3} \frac{\Delta [\text{A}]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta [\text{B}]}{\Delta t} = -\frac{\Delta [\text{C}]}{\Delta t} \quad (\text{ب})$$

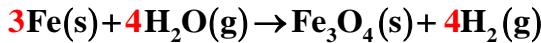
**مثال:** با توجه به این که سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش:  $\text{Fe(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$  (معادله موازن شود)، در دمای آزمایش برابر  $10^\circ\text{C}$  ۲ مول بر ثانیه است، کدام مطلب، نادرست است؟ (تجربی ۹۸ خارج)

**(۱) در هر ثانیه، ۰/۱۵ مول  $\text{Fe(s)}$  مصرف می‌شود.**

**(۲) در هر دقیقه،  $0/3$  مول  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ ، تولید می‌شود.**

**(۳) سرعت متوسط مصرف  $\text{H}_2\text{O(g)}$ ، برابر  $0/2 \text{ mol.s}^{-1}$  است.**

**(۴) سرعت متوسط واکنش، برابر سرعت متوسط تولید  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$  است.**



$$\bar{R}_{\text{Fe}} = \frac{3}{4} \bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{3}{4} \times 2 \times 10^{-2} = 1/5 \times 10^{-2}$$

**مثال:** در واکنش:  $\text{PI}_3(\text{s}) + \text{H}_2(\text{Q}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq}) + \text{HI(aq)}$  (معادله موازن شود)، اگر مقدار آغازین  $\text{PI}_3(\text{s})$  برابر  $20/6$  گرم درون یک لیتر آب بوده و پس از دو دقیقه به  $12/4$  گرم برسد، سرعت متوسط مصرف این ماده به تقریب به چند مول بر ثانیه و غلظت  $\text{HI}$  به چند مول بر لیتر می‌رسد؟ ( $\text{P} = ۳۱ \text{ g.mol}^{-1}$  و  $\text{I} = ۱۲۷$ ) (تجربی ۹۸)

**۱)  $0/12, 3/3 \times 10^{-4}$     ۲)  $0/08, 3/3 \times 10^{-4}$     ۳)  $0/12, 6/67 \times 10^{-4}$     ۴)  $0/08, 6/67 \times 10^{-4}$**



$$\Delta m = 4/12 \text{ g} - 20/6 \text{ g} = -16/48 \text{ g}$$

$$\text{mol PI}_3 = 16/48 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol PI}_3}{412 \text{ g PI}_3} = 0/04 \text{ mol PI}_3 \Rightarrow R_{\text{PI}_3} = -\frac{(-0/04) \text{ mol PI}_3}{2 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3/3 \times 10^{-4} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{\text{HI}}}{\bar{R}_{\text{PI}_3}} = \frac{3}{1} \Rightarrow \bar{R}_{\text{HI}} = 3\bar{R}_{\text{PI}_3} = 3(3/3 \times 10^{-4}) = 9/9 \times 10^{-4}$$

$$9/9 \times 10^{-4} = \frac{\Delta n}{120 \text{ s}} \Rightarrow \Delta n \approx 0/12 \text{ mol HI}$$

تغییر غلظت  $\text{H}_3\text{O}_3(\text{aq})$  نسبت به زمان در آزمایش تجزیه آن، مطابق داده‌های زیر بدست آمده است:  $\text{H}_3\text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O(l)} + \text{O}_2(\text{g})$  (تجربی ۹۹)

نسبت سرعت متوسط در دو ثانیه چهارم واکنش به سرعت متوسط در ده ثانیه آخر ثبت شده در جدول، کدام است؟ (تجربی ۹۹)

$t(\text{s})$	.	$2/0$	$6/0$	$8/0$	$10/0$	$20/0$
$[\text{H}_2\text{O}_2](\text{mol L}^{-1})$	$0/0500$	$0/0448$	$0/0300$	$0/0246$	$0/0209$	$0/0084$

$2/10 (۴) \quad 2/04 (۳) \quad 1/81 (۲) \quad 1/64 (۱)$

**محاسبه سرعت متوسط واکنش در دو ثانیه چهارم (ثانیه ۶ تا ثانیه ۸) و ۱۰ ثانیه آخر**

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}_2} = -\frac{\Delta [\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{(-0/0051) \text{ mol}}{2 \text{ s}} = 2/55 \times 10^{-3}$$

$$\frac{2/55 \times 10^{-3}}{1/25 \times 10^{-3}} = 2/04$$

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}_2} = -\frac{\Delta [\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = -\frac{(-0/0125) \text{ mol}}{10 \text{ s}} = 1/25 \times 10^{-3}$$

### مسائل سرعت (بدست آوردن مقدار اولیه یا نهایی)

زمانی که می‌خواهیم سرعت مصرف یا تولید شدن ماده‌ای را بدست آوریم، تغییرات مول (مولار یا حجم گاز) آن ماده را در رابطه وارد

می‌کنیم:  $\bar{R}_A = \frac{(\Delta[A] \text{ or } \Delta n_A \text{ or } \Delta V_A)}{\Delta t}$ . در برخی مسائل فقط مقدار اولیه یا فقط مقدار باقی‌مانده (نهایی) به همراه زمان داده می‌شود

(سرعت تولید یا مصرف مشخص نیست) و دیگری مجهول است که در این صورت نمی‌توان از رابطه بالا برای آن ماده استفاده نمود.

راه حل این مسائل این است که در سوال به دنبال ماده‌ای باشیم که سرعت آن مشخص است یا مقدار اولیه و نهایی آن هر دو مشخص باشد؛

مانند فراورده‌ای، که ابتدا مقدارش صفر بوده و حالا مقداری تولید شده تا بتوانیم به راحتی سرعت آن را محاسبه و به کمک معادله واکنش، سرعت متوسط تولید یا مصرف شدن مواد دیگر را بدست آوریم:

**مثال:** اگر در دمای معین، در واکنش فرضی  $(g) \rightarrow A(g) + B_2(g)$  هر نیم ساعت، ۱ درصد مقدار اولیه واکنش‌دهنده مصرف شود و همین واکنش در مجاورت کاتالیزگر مناسب، هر ۵ دقیقه با همین روند پیشرفت کند، در لحظه‌ای که ۵۰ درصد ماده اولیه مصرف شده باشد، تفاوت زمان این دو روند، چند دقیقه است و با کاربرد کاتالیزگر، سرعت متوسط واکنش، چند برابر می‌شود؟ (تجربی ۹۹ خارج)

$$(1) ۱۲۵ = ۱۵۰ - ۵ \quad (2) ۱۲۵ = ۱۵۰ - ۶ \quad (3) ۱۵۰ = ۱۵۰ - ۴$$

برای هر دو حالت با کاتالیزگر و بدون کاتالیزگر، زمان واکنش برای مصرف ۵۰٪ ماده اولیه را تعیین می‌کنیم. سپس، اختلاف زمان‌های تعیین شده را بدست می‌آوریم.

بدون کاتالیزگر: ۱۰٪ در نیم ساعت مصرف شده است.  $\leftarrow ۵۰\% \text{ در } \frac{۱}{۲} \text{ ساعت مصرف می‌شود که برابر } ۱۵۰ \text{ دقیقه است.}$

با استفاده از کاتالیزگر:  $10\% \text{ در } ۵ \text{ دقیقه مصرف شده است.} \leftarrow ۵۰\% \text{ در } ۲۵ \text{ دقیقه مصرف می‌شود.}$

$$\text{دقیقه } ۱۲۵ = ۱۵۰ - ۲۵ : \text{ اختلاف زمان انجام واکنش بدون کاتالیزگر و با استفاده از کاتالیزگر}$$

محاسبه سرعت متوسط واکنش بدون کاتالیزگر و با کاتالیزگر:

فرض می‌کنیم مقدار اولیه  $AB_2$  یک مول باشد.

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\text{mol}}{150} = 3/33 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\text{mol}}{25} = 0/02 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow \frac{0/02}{3/33 \times 10^{-3}} = 6$$

**مثال:** در بررسی واکنش:  $\text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g)$ ، داده‌های جدول زیر بدست آمده است. نسبت سرعت متوسط واکنش در ۰ ثانیه سوم، به سرعت متوسط واکنش در ۴۰۰ ثانیه پایانی ثبت شده در جدول، به تقریب کدام است؟ (تجربی ۹۹ خارج)

t(s)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۷۰۰	۸۰۰
$[\text{CH}_4] \text{ mol.L}^{-1}$	۰/۱۰۰	۰/۰۹۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۶۲۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۳۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۷۰

$$(1) ۰/۲۳۴ = ۰/۲۴۳ - ۰/۲۴۳ \quad (2) ۰/۲۳۴ = ۰/۲۴۳ - ۰/۲۴۳ \quad (3) ۰/۲۳۴ = ۰/۲۴۳ - ۰/۲۴۳ \quad (4) ۰/۲۳۴ = ۰/۲۴۳ - ۰/۲۴۳$$

محاسبه سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیه سوم (از ثانیه ۱۰۰ تا ۱۵۰ واکنش) و ۴۰۰ ثانیه پایانی:

$$\bar{R}_{\text{CH}_4} = -\frac{\Delta [\text{CH}_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0741 - 0/082) \text{ mol L}^{-1}}{50 \text{ s}} = -\frac{(-8 \times 10^{-3}) \text{ mol}}{50 \text{ s}} = 1/6 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{CH}_4} = -\frac{\Delta [\text{CH}_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0170 - 0/0430) \text{ mol L}^{-1}}{400 \text{ s}} = -\frac{(-0/0260) \text{ mol L}^{-1}}{400 \text{ s}} = 6/5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{1/6 \times 10^{-4}}{6/5 \times 10^{-5}} = 2/43$$

در مورد جدول‌هایی که غلظت یا مقدار مواد را در زمان‌های مختلف آورده‌اند؛ نکات زیر را به یاد داشته باشید:

۱) برای نوشتن معادله واکنش از روی جدول، موادی که مقدار آنها در طول زمان کاهش می‌یابد، واکنش‌دهنده بوده و موادی که مقدار آنها در حال افزایش است، فراورده واکنش می‌باشند.

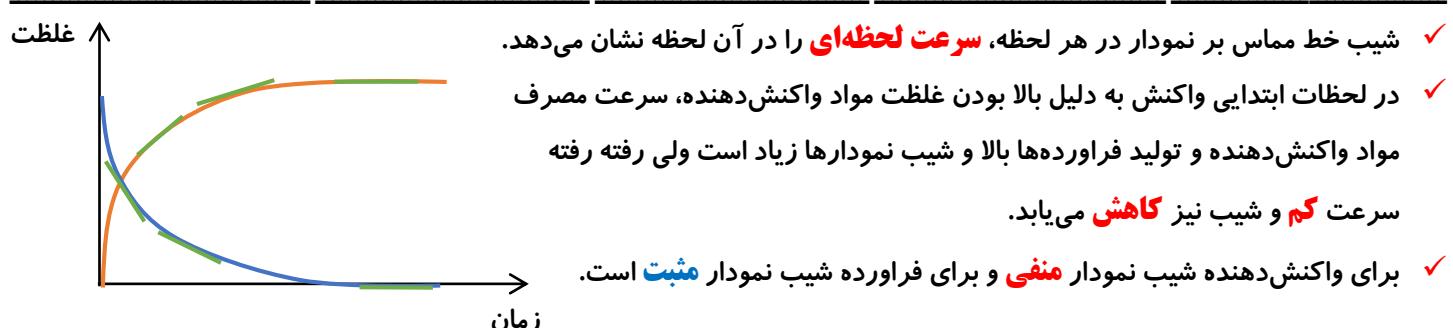
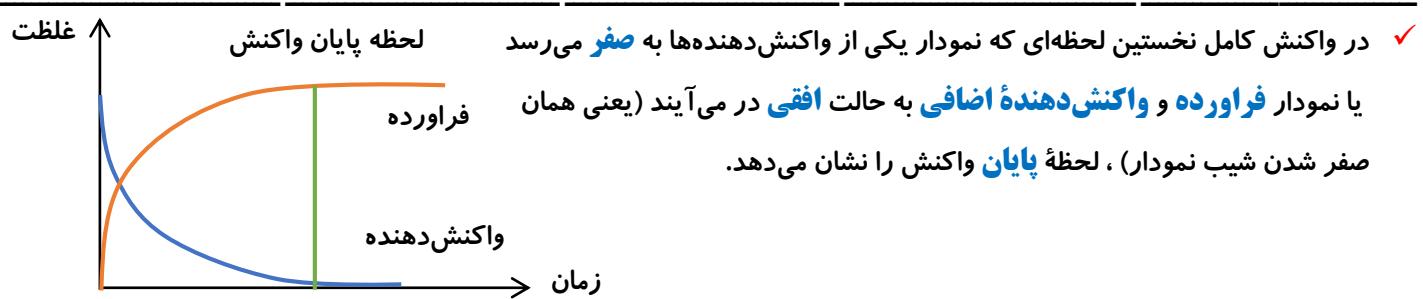
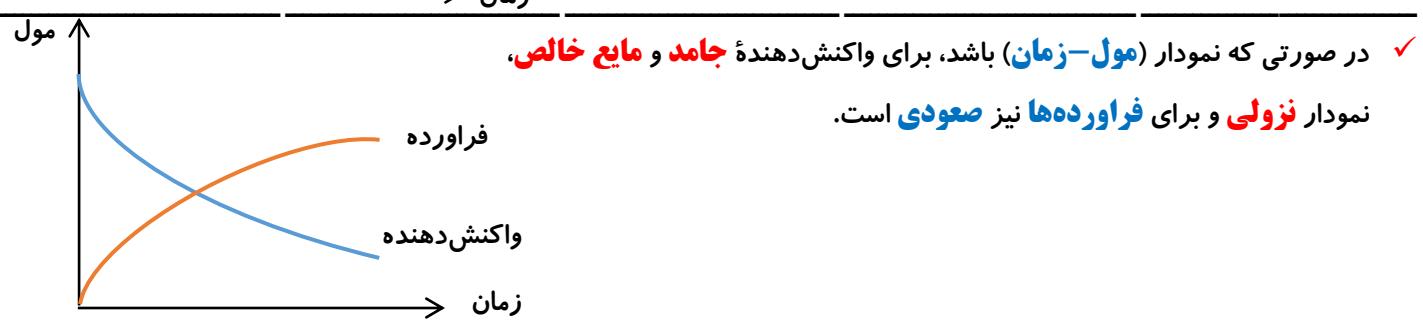
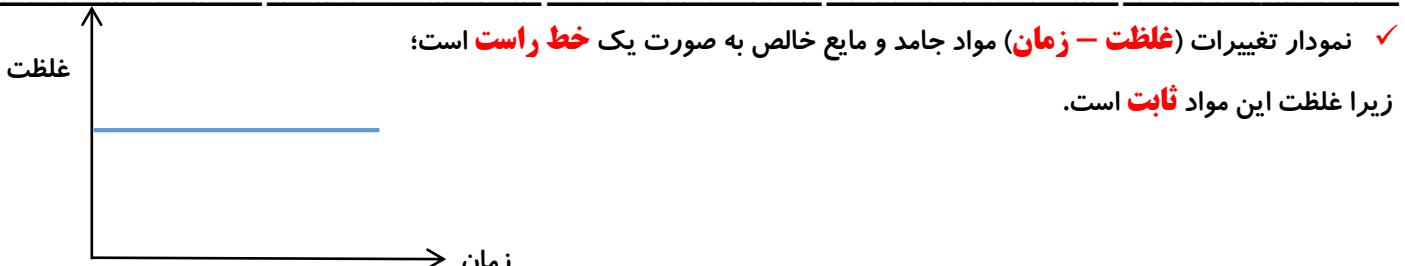
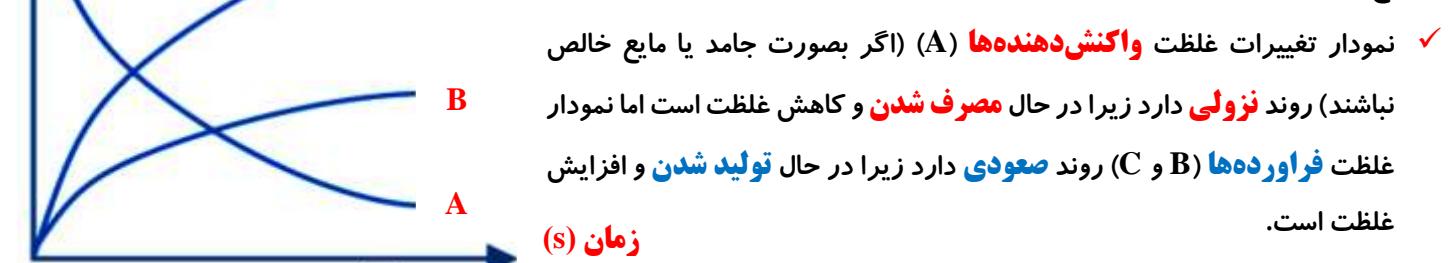
۲) برای تعیین ضریب استوکیومتری مواد واکنش به کمک جدول، تغییرات مقدار ماده در فاصله بین دو زمان دلخواه را مشخص و اعداد به دست آمده را بر کوچکترین عدد تقسیم می‌کنیم تا ضریب هر ماده مشخص گردد.

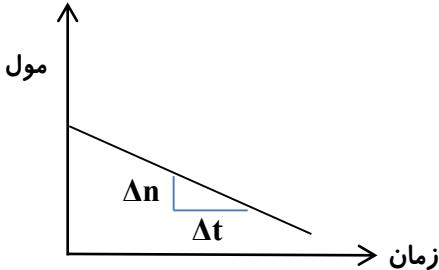
۳) گاهی ممکن است مقدار مواد از لحظه آغاز واکنش داده نشده باشد و سوال مقدار اولیه واکنش‌دهنده را بخواهد؛ در این موارد با توجه به این نکته که مقدار اولیه فراورده‌ها صفر بوده، سرعت این مواد را به دست آورده و سپس به سرعت واکنش‌دهنده و در نهایت به مقدار اولیه واکنش‌دهنده ربط می‌دهیم.

$\text{mol L}^{-1}$

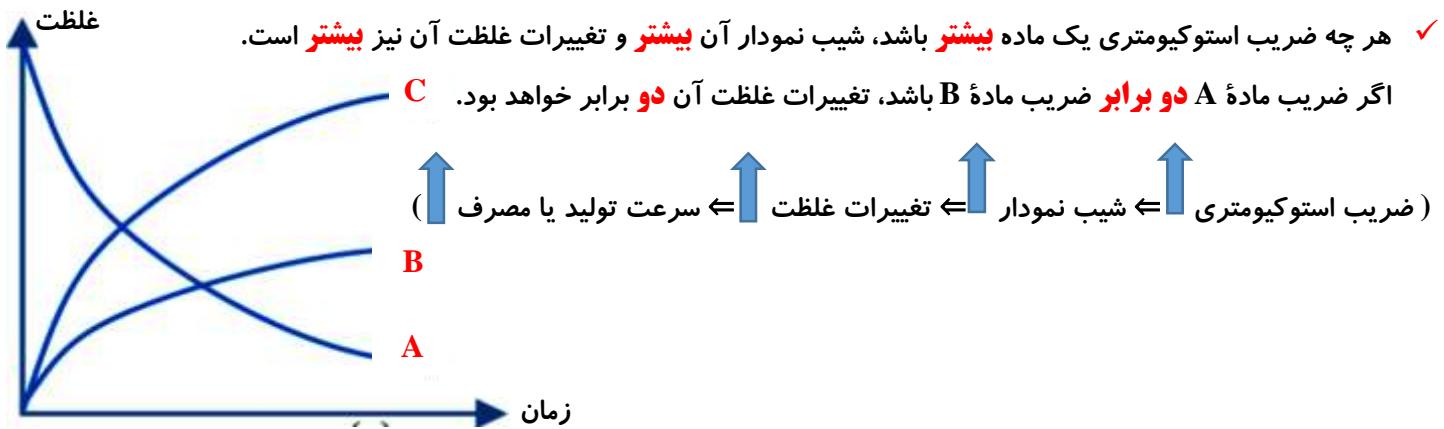
### بررسی نمودارهای غلظت-زمان و مول-زمان در سینتیک شیمیایی

در برخی مسائل نیز می‌باید تغییرات مورد نیاز برای محاسبه سرعت را از یک نمودار، جدول یا شکل بدست آوریم. نکات مورد نیاز برای بررسی نمودارها به صورت زیر توضیح داده شده است:





- ✓ در **اغل** واکنش‌ها هم واکنش دهنده و هم فراورده دارای نمودار **منحنی** هستند.
- ✓ **اغل** شبی نمودار هم برای واکنش دهنده و هم برای فراورده در حال **کاهش** است.
- ✓ واکنش‌هایی که سرعت **ثابت** دارند، نمودار آن یک خط **مستقیم** با شیب **ثابت** است.



- ✓ اگر در یک واکنش، ضریب استوکیومتری دو ماده **برابر** باشد، شیب نمودار آن **بیشتر** و تغییرات غلظت آن نیز **بیشتر** است.
- اگر ضریب ماده **A** **دو برابر** ضریب ماده **B** باشد، تغییرات غلظت آن **دو برابر** خواهد بود.

- (ضریب استوکیومتری) ⇌ شیب نمودار ⇌ تغییرات غلظت ⇌ سرعت تولید یا مصرف (Δn/Δt)
- ✓ اگر در یک واکنش، ضریب استوکیومتری دو ماده با هم **برابر** باشد تنها می‌توان گفت که تعداد مول مصرف شده یا تولید شده آنها **برابر** است نه مول‌های آنها در هر لحظه از انجام واکنش.

**مثال:** در واکنش موازن نشده:  $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ... برابر سرعت مصرف  $\text{MnO}_2$  است و در این واکنش سرعت مصرف یا تولید .... ماده با هم برابر است.

(۱-۰/۵)

(۳-۰/۵)

★ (۲-۲)

(۲-۰/۵)

### صفحه ۸۷ و ۸۸ کتاب درسی

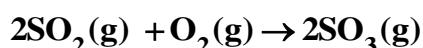
### خود را بیازمایید :

۱) در واکنش  $\text{CaCO}_3(s)$  با  $\text{HCl}(aq)$ , چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.



**چون ضریب  $\text{HCl}$  در واکنش ۲ برابر ضریب  $\text{CaCO}_3$  است پس سرعت متوسط مصرف  $\text{HCl}$  باید دو برابر سرعت مصرف  $\text{CaCO}_3$  باشد.**

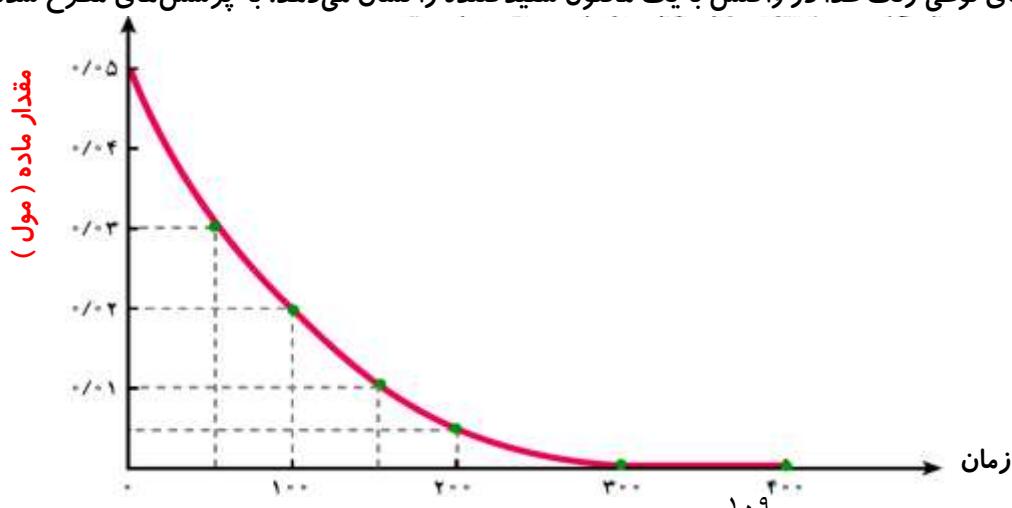
۲) یکی از آلاینده‌های هوا که باعث تولید باران اسیدی می‌شود، گاز گوگرد تری اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می‌شود:



اگر در شرایط معین  $\bar{R}(\text{SO}_3) = 0/01 \text{ mol.s}^{-1}$  و  $\bar{R}(\text{SO}_2) = 0/01 \text{ mol.s}^{-1}$  حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{SO}_3) = \bar{R}(\text{SO}_2) = 2\bar{R}(\text{O}_2) = 2 \times 0/01 \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 1/2 \text{ mol.min}^{-1}$$

۳) با توجه به نمودار زیر که تغییر مول‌های نوعی رنگ غذا در واکنش با یک محلول سفیدکننده را نشان می‌دهد، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) مولهای واکنش دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می کند؟ چرا؟

**کاهش پیدا می کند زیرا طبق نمودار با گذشت زمان مقدار مول آن رو به کاهش است و طی انجام واکنش مصرف می شود.**

ب) شبیب نمودار مول-زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟ **علامت منفی دارد، چون منحنی مربوط به آن نزولی است.**

پ) توضیح دهد چرا علامت منفی در رابطه مقابل نوشته می شود.  

$$\bar{R}_{\text{واکنش دهنده}} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$
 (واکنش دهنده)

زیرا مقدار واکنش دهنده ها با گذشت زمان کاهش می یابد و مقدار  $\Delta n$  منفی است، بنابراین با ضرب در علامت منفی به یک عدد مثبت تبدیل می شود. **زیرا سرعت واکنش همواره عددی مثبت است.**

ت) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقيقه حساب کنید.

$$\bar{R} = -\frac{(0-0/05)\text{mol}}{300\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/01\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$$
 (صرف رنگ غذا)

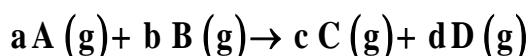
### رابطه سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

مثال: اگر در واکنش:  $3\text{BrO}_3^-(aq) \rightarrow \text{BrO}_3^-(aq) + 2\text{Br}^-$  ثانیه، مقدار یون  $\text{BrO}_3^-$  به اندازه  $0/28$  مول کاهش یابد، سرعت متوسط تشکیل یون  $\text{BrO}_3^-$ ، چند مول بر دقيقه است؟

$$\text{mol BrO}_3^- = 0/28 \text{ mol BrO}_3^- \times \frac{1 \text{ mol BrO}_3^-}{3 \text{ mol BrO}_3^-} = 0/0933 \text{ mol}$$

$$R_{\text{BrO}_3^-} = \frac{0/0933 \text{ mol}}{7 \text{ s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 0/8 \text{ mol}\cdot\text{min}^{-1}$$

✓ نسبت سرعت بر حسب دو ماده مختلف در یک واکنش برابر نسبت ضرایب استوکیومتری آن هاست.



$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{a}{b}, \quad \frac{R_B}{R_C} = \frac{b}{c}, \quad \frac{R_D}{R_B} = \frac{d}{b}, \quad \frac{R_A}{R_C} = \frac{a}{c}$$

پیوند با زندگی: (خوارگی های طبیعی رنگین، بازدارنده هایی مفید و مؤثر)

✓ برنامه غذایی محتوی سبزیجات و میوه های گوناگون، نقش بازدارندگی مؤثری در برابر سرطان ها و پیری زودرس دارد.

✓ ریز مغذی ها ترکیب های آلی سیرنشده های هستند که در حفظ سلامت بافت ها و اندام دخالت دارند، برخی از ریز مغذی ها به عنوان



بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال ها جلوگیری می کنند.

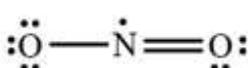
✓ هندوانه و گوجه فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال ها را کاهش می دهد.

### رادیکال ها

✓ رادیکال، گونه پرانرژی و ناپایداری است.

✓ رادیکال ها در ساختار خود، الکترون جفت نشده (الکترون تک) دارند.

✓ محتوی اتم هایی هستند که از قاعده هشت تایی پیروی نمی کنند.



✓ در بدن ما به دلیل انجام واکنش های متنوع و پیچیده، رادیکال ها به وجود می آینند.



✓ مجموع الکترون های ظرفیت اتم های یک رادیکال یک عدد فرد است.

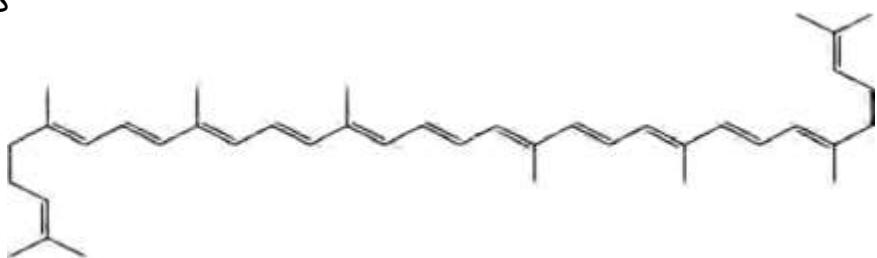
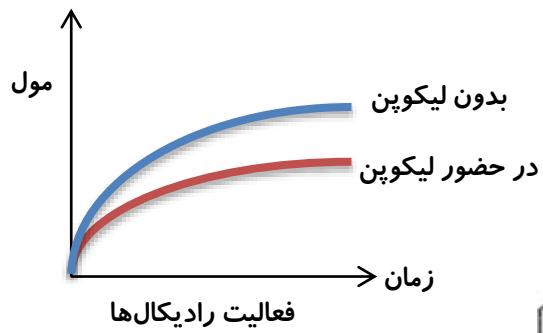
✓  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CHCl}_2$ ,  $\text{Cl}$  ذراتی هستند که مجموع الکترون فرد دارند و رادیکال به شمار می روند.

✓ اگر رادیکال ها به وسیله بازدارنده ها جذب نشوند، می توانند با انجام واکنش های سریع به بافت های بدن آسیب برسانند.

- ✓ مصرف خوراکی‌های محتوی **بازدارنده‌ها** سبب خواهد شد که **رادیکال‌ها** مقدار آنها از سرعت واکنش‌های ناخواسته **کاسته** شود.

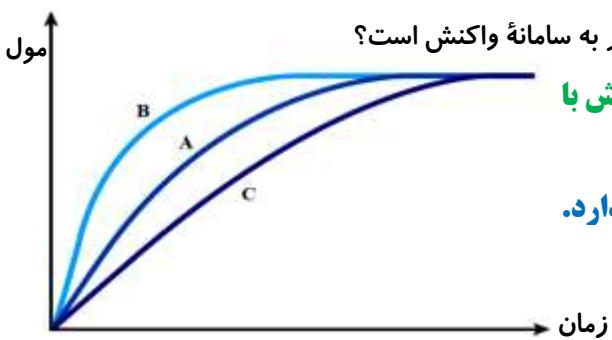
### لیکوپن

- ✓ فرمول مولکولی آن برابر **C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>** است.  
 لیکوپن هیدروکربنی **سیرفسدہ** و **غیرآروماتیک** است.  
 ✓ شمار پیوندهای کووالانسی در آن برابر **۱۰۸** که شمار پیوندهای **دوگانه** برابر **۱۳** و شمار پیوندهای **ساده** برابر **۸۲** می‌باشد.  
 ✓ در میوه‌هایی با رنگدانه **قرمز** وجود دارد.  
 ✓ با جذب **رادیکال‌ها** فعالیت آنها را **کاهش** می‌دهد.  
 ✓ شب نمودار فعالیت رادیکال‌ها در بدن انسان با مصرف لیکوپن **کاهش** می‌یابد.



### صفحه ۸۹ و ۹۰ کتاب درسی

- در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهنده تغییر مول‌های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کدام منحنی (C) نشان دهنده افزودن بازدارنده و کدام یک نشان دهنده افزودن کاتالیزگر به سامانه واکنش است؟  
**منحنی B، افزودن کاتالیزگر را نشان می‌دهد، زیرا شبیهتری دارد و واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود.**  
**منحنی C، افزودن بازدارنده را نشان می‌دهد زیرا این منحنی شبیه کمتری دارد.**



### سرعت واکنش

- ✓ شب نمودار مول-زمان برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها در واکنش، **متناسب با ضریب استوکیومتری** آن است.  
 اگر ضریب استوکیومتری شرکت کننده‌ها یکسان **نمایند**، سرعت متوسط آنها **متفاوت** خواهد بود.  
 شیمی‌دان‌ها برای درک آسان **پیشرفت واکنش** در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام **سرعت واکنش** استفاده می‌کنند.  
 سرعت واکنش برابر است با: «**سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت کننده به ضریب استوکیومتری آن**»  
 سرعت واکنش **مستقل** از نوع ماده شرکت کننده در واکنش است. یعنی نسبت به هر ماده‌ای که در واکنش وجود دارد تعیین شود، تفاوتی **نمی‌گند** و مقدار **یکسان** خواهد بود.  
 اگر در معادله سرعت داده شده ضرایب پایین کسر نبود باید معادله را به یک عدد (کوچک‌ترین مضرب مشترک اعداد صورت کسر) تقسیم نماییم تا هیچ عددی در صورت کسرها نماند.

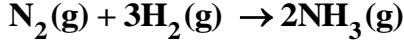
$$\begin{aligned} -\frac{2\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{2\Delta t} = \frac{3\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} &\Rightarrow \frac{1}{6} \times \left[ -\frac{2\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{2\Delta t} = \frac{3\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{\Delta t} \right] \\ \Rightarrow -\frac{\Delta n_A}{3\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{12\Delta t} = \frac{\Delta n_C}{2\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{6\Delta t} &\Rightarrow 3A(g) + 12B(g) \rightarrow 2C(g) + 6D(g) \end{aligned}$$

معادله واکنش براساس رابطه سرعتی نوشته می‌شود که **هیچ عددی** در صورت کسرها دیده نشود.

- ✓ غلظت مولی** یک ماده را با نوشتن فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه نمایش می‌دهند.  $[A] = \text{غلظت مولی}$
- برای شرکت‌کننده‌ها 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.
- ✓ تعریف فاز**: بخشی از یک سامانه که خواص **فیزیکی و شیمیایی** در همه جای آن **یکسان** است (محیط همگن) **فاز** نامیده می‌شود.
- برای تبدیل یکای **مول بر زمان** به **مول بر زمان** کافی است سرعت داده شده بر حسب مول بر زمان را به **حجم** سامانه  **تقسیم** کنیم.

### صفحه ۹۰ و ۹۱ کتاب درسی

۱) سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گستره زمانی معینی برابر با  $4 \times 10^{-2} \text{ mol S}^{-1}$  است.



الف) سرعت متوسط مصرف  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $3\text{H}_2(\text{g})$  را در این گستره زمانی حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{N}_2) = \frac{1}{2} \bar{R}(\text{NH}_3) \quad (\text{صرف}) = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol S}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \bar{R}(\text{NH}_3) \quad (\text{صرف}) = \frac{3}{2} \times 4 \times 10^{-2} = 6 \times 10^{-2} \text{ mol S}^{-1}$$

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\frac{\bar{R}(\text{N}_2)}{1} = \frac{\bar{R}(\text{H}_2)}{3} = \frac{\bar{R}(\text{NH}_3)}{2} = \frac{\text{تولید}}{1} = \frac{2 \times 10^{-2}}{1} = \frac{6 \times 10^{-2}}{3} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} \text{ mol S}^{-1}$$

حاصل تقسیم برای همه برابر است.

پ) حاصل تقسیم در قسمت ب، سرعت واکنش نام دارد. برای این واکنش با استفاده از سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده، رابطه سرعت واکنش را بنویسید.

$$\bar{R}(\text{N}_2) = \frac{\bar{R}(\text{H}_2)}{1} = \frac{\bar{R}(\text{NH}_3)}{3} = \frac{\text{تولید}}{2} = -\frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(\text{H}_2)}{3 \Delta t} = +\frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{2 \Delta t}$$

ت) ارتباط معادله شیمیایی موازن شده واکنش را با رابطه زیر توضیح دهید.

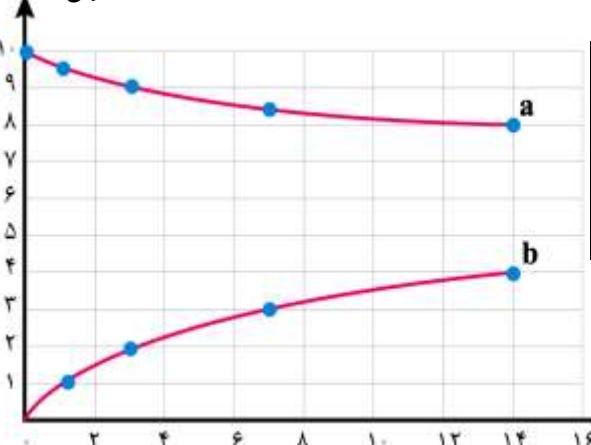
$$\bar{R}(\text{N}_2) = +\frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{2 \Delta t} = -\frac{\Delta n(\text{H}_2)}{3 \Delta t} = -\frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t}$$

سرعت متوسط واکنش از تولید فراورده یا سرعت مصرف واکنش‌دهنده بر ضریب استوکیومتری حاصل می‌شود.

ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

نیتروژن، سرعت اجزایی از واکنش که ضریب استوکیومتری برابر یک دارند با سرعت متوسط واکنش برابر است.

۲) قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می‌شود.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq})$  این واکنش در دمای ثابت و شرایط معین بررسی شده و جدول زیر، داده‌های تجربی آن را نشان می‌دهد. با توجه به آن و نمودار داده شده، غلظت مولی  $\text{mol L}^{-1}$  به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



زمان (دقیقه)	غلظت مولی $\text{mol L}^{-1}$	$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$	$[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$
۱۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲
۷	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹
۳	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۹۵
۱	۰/۰۱	۰/۰۹۵	۰/۱۰
۰	۰	۰/۱۰	۰/۱۰

✓ سمنو که از **جوانه گندم** تهیه می‌شود محتوى مواد غذائي گوناگونی از جمله **مالتوز** است.

الف) در سه دقیقه نخست، (گلوکز)  $\bar{R}$  و (مالتوز)  $\bar{R}$  را بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}\text{S}^{-1}$  حساب کنید.

$$\bar{R}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{(0/02 - 0)\text{mol}}{3\text{min L}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 1/1 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = -\frac{(0/09 - 0/1)\text{mol}}{3\text{min L}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 5/5 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}\text{s}^{-1}$$

ب) سرعت واکنش را در هفت دقیقه نخست و هفت دقیقه دوم حساب کنید. کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

**سرعت واکنش برابر با سرعت مصرف مالتوز است زیرا ضریب استوکیومتری آن برابر یک است.**

$$\bar{R} = -\frac{(0/085 - 0/1)\text{mol}}{7\text{min L}} = 2/1 \times 10^{-3} \text{ molL}^{-1}\text{min}^{-1}$$

$$\bar{R} = -\frac{(0/08 - 0/085)\text{mol}}{7\text{min L}} = 7/1 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}\text{min}^{-1}$$

سرعت در هفت دقیقه نخست بیشتر است زیرا با گذشت زمان از غلظت واکنش دهنده‌ها کاسته شده و سرعت نیز کاهش می‌یابد.

پ) هر یک از منحنی‌های a و b مربوط به کدام ماده شرکت‌کننده است؟ توضیح دهید.

a مربوط به مالتوز است زیرا با گذشت زمان در حال کاهش است و شب نمودار منفی است.

b مربوط به گلوکز است زیرا با گذشت زمان در حال افزایش است و شب نمودار مثبت است علاوه بر این شب نمودار آن بیشتر است

**زیرا ضریب استوکیومتری بیشتر و شب تندتری دارد.**

### غذا، پسماند و ردپای آن :

میزان نیاز و بهره‌مندی از منابعی مانند هوا، آب، غذا و ... برای همه یکسان نیست. زیرا سبک زندگی هر فرد با هم فرق می‌کند.

هر انسان در طول عمر خود، ردپاهایی متفاوتی در محیط زیست بر جای می‌گذارد. ردپای کربن‌دی‌اکسید، آب، غذا و ...

#### ردپای غذا

دو چهره دارد:

۱. چهره آشکار آن نشان می‌دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف **نمی‌رسد** و به **زباله** تبدیل می‌شود

و یا **از بین می‌رود**.

۲. چهره پنهان که خود شامل دو قسم است:

الف) تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه **کربن‌دی‌اکسید** است، آنچنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت‌ها در خودروها، کارخانه‌ها و ... است.

ب) ردپای دیگر شامل همه منابعی است که در **تهیه غذا** از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند. مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فراوری، ابزار و دستگاه‌های مورد نیاز، بسته‌بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و ... از جمله این منابع هستند.

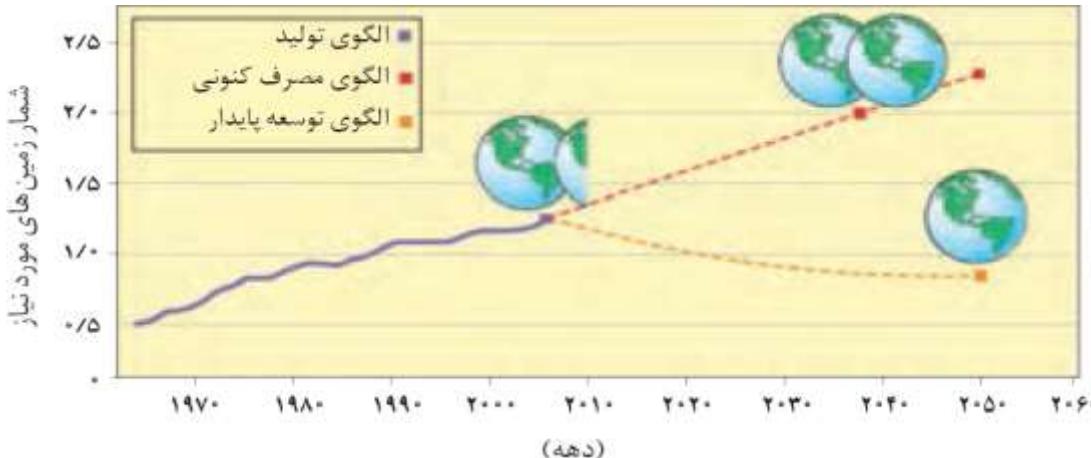
### اثرات افزایش جمعیت جهان

با افزایش جمعیت جهان، **رشد اقتصادی، افزایش سطح رفاه و ...** رو به **افزایش** است. تقاضا برای غذا نیز پیوسته **افزایش** می‌یابد. تقاضایی که برای تأمین 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 تأمین اقلام ضروری زندگی **بیشتر** خواهد شد.

### پیش‌بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

با توجه به الگوی تولید و مصرف غذا انتظار می‌رود مدیران جامعه جهانی با طراحی و انتخاب راه حل‌های اجرایی مناسب و هماهنگ، بهره‌وری را در مراحل تولید و تأمین غذا افزایش دهند تا ردپای آن کاهش یابد. آشکار است که اجرای هریک از این برنامه‌ها در گرو همت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۶ منابع مورد نیاز برای تأمین غذا بیش از منابع موجود در سطح زمین است. و در سال ۲۰۴۰ دو برابر آن خواهد شد.



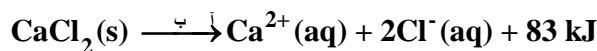
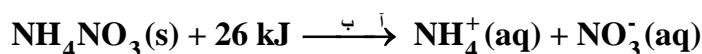
### صفحه ۹۳ کتاب درسی

ستون سمت راست در جدول زیر چهار الگو برای کاهش ردپای غذا را نشان می‌دهد. در گفت‌و‌گو با یکدیگر مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی بیشتری دارد.

بیانی از اصل شیمی سبز	الگوی کاهش ردپای غذا
کاهش تولید زباله و پسماند	خرید به اندازه نیاز
کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست	کاهش مصرف گشت و لبنتیات
کاهش مصرف اندری	استفاده از غذاهای بومی و فصلی
طراحی مواد و فرآوردهای شیمیایی سالم‌تر	کاهش مصرف غذاهای فراوری شده

### صفحه ۹۶ قات کتاب درسی

(۱) اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرمای را انتقال می‌دهند. اساس کار این بسته‌ها، انحلال برخی ترکیب‌های یونی در آب است. با توجه به معادله‌های ترموشیمیایی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



(آ) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب‌دیدگی مناسب است؟ چرا؟

واکنش اول چون گرم‌گیر است و با جذب گرمای از محل آسیب‌دیده آن را سرد می‌کند.

(ب) از انحلال کامل ۲/۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرمای آزاد می‌شود؟

$$\text{kJ} = 2/22 \text{ g CaCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} \times \frac{83 \text{ kJ}}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 1/66 \text{ kJ}$$

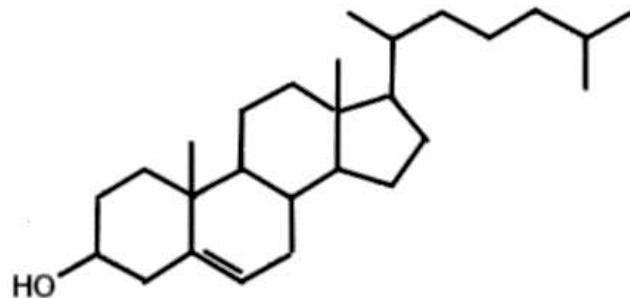
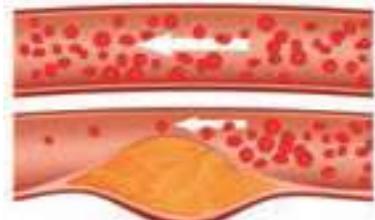
(۲) چربی ذخیره شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت‌های جانور را نیز تأمین می‌کند. واکنش ترموشیمیایی آن به صورت زیر است:



حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟

$$\text{kJ} = 1 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} \times \frac{75520 \text{ kJ}}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} = 42426 / 97 \text{ kJ}$$

(۳) 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 سکته می‌شود. با توجه به ساختار آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) توضیح دهید چرا شیمی‌دان‌ها آن را یک الکل سیر نشده می‌دانند؟

**چون در ساختار این مولکول، علاوه بر عامل الکلی (گروه هیدروکسیل -OH) یک پیوند دوگانه کربن-کربن نیز وجود دارد.**

ب) با توجه به جدول شماره ۳ (کتاب درسی)، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان‌تر شکسته می‌شود؟

چرا؟ با توجه به مقادیر آنتالپی پیوند در جدول شماره ۳، پیوند کربن-کربن ساده (C-C) مقدار انرژی کمتری برای شکسته شدن نیاز دارد و آسان‌تر شکسته می‌شود.

✓ فرمول مولکولی کلسترول  $C_{27}H_{46}O$  با داشتن **چهار** حلقه و تعداد پیوندهای کووالانسی آن برابر ۷۸ می‌باشد.

✓ کلسترول محلول در حلول‌های **آلی** است.

(۴) از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت،  $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$  ۱۵ / ۲۴ kJ گرما آزاد می‌شود.

الف) این مقدار گرما، دمای صد گرم آب خالص را چند درجه سلسیوس افزایش می‌دهد؟

$$Q = mc\Delta\theta \quad : \quad 15 / 24 \text{ kJ} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 100 \text{ g} \times 4 / 184 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times \Delta\theta \quad \Rightarrow \Delta\theta = 36 / 42^\circ\text{C}$$

ب) واکنش ترمیت را حساب کنید.

$$2 \text{ mol Al} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} \times \frac{15 / 24 \text{ kJ}}{1 \text{ g Al}} = 822 / 96 \text{ kJ} \quad \Rightarrow \Delta H = -822 / 96 \text{ kJ}$$

(۵) با توجه به واکنش ترموشیمیایی:  $H_2(g) + I_2(s) \rightarrow 2HI(g)$  آنتالپی واکنش  $H_2(g) + I_2(s) \rightarrow 2HI(g) + 53 \text{ kJ}$  را حساب کنید

(راهنمایی: آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را  $62 / 5 \text{ kJ mol}^{-1}$  در نظر بگیرید).

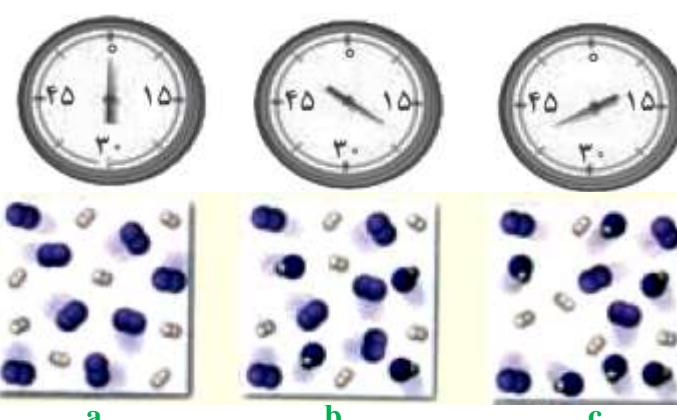
مطابق قانون هس خواهیم داشت :



واکنش بدون تغییر

واکنش را در (-۱) ضرب می‌کنیم.

(۶) شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفسن رنگ ید را در دمای معینی نشان می‌دهد.



اگر هر ذره هم ارز با  $1 / 0$  مول از ماده و سامانه دولیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) بر حسب  $\text{mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$  حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.

در ۲۰ دقیقه نخست واکنش، دو مولکول هیدروژن مصرف شده است. پس تغییر مول هیدروژن برابر است با :

$$\Delta n(H_2) = 0 / 2 \text{ mol} \quad \Delta [H_2] = \frac{0 / 2 \text{ mol}}{2 L} = 0 / 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

: در ۲۰ دقیقه اول

چون ضریب  $H_2$  در این واکنش برابر یک است پس سرعت متوسط مصرف هیدروژن با سرعت واکنش برابر است :

$$\Delta t = 20 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{1}{3} \text{ h}$$

$$\bar{R} = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta [H_2]}{\Delta t} = \frac{0 / 1 \text{ mol.L}^{-1}}{\frac{1}{3} \text{ h}} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}\text{h}^{-1}$$

$$\Delta n(H_2) = 0 / 3 \text{ mol} \quad \Delta [H_2] = \frac{0 / 3 \text{ mol}}{2L} = 0 / 15 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Delta t = 40 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{2}{3} \text{ h}$$

$$\bar{R} = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta [H_2]}{\Delta t} = \frac{0 / 15 \text{ mol.L}^{-1}}{\frac{2}{3} \text{ h}} = 0.225 \text{ mol.L}^{-1}\text{h}^{-1}$$

واکنش  $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$  را با استفاده از : الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

(مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش دهنده‌ها) = واکنش  $\Delta H$

$$\Delta H = (4 \text{ C-H} + 1 \text{ C=C} + 1 \text{ H-H}) - (6 \text{ C-H} + 1 \text{ C-C})$$

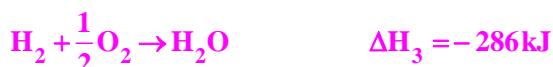
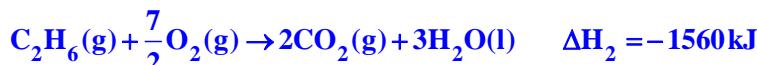
$$\Delta H = (4 \text{ mol} \times 415 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 614 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 436 \text{ kJ.mol}^{-1}) -$$

$$(6 \text{ mol} \times 415 \text{ kJ.mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 348 \text{ kJ.mol}^{-1})$$

$$\Delta H = 3320 \text{ kJ} - 3274 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta H = -128 \text{ kJ}$$

ب) آنتالپی سوختن اتان، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با  $-1410$ ،  $-1560$  و  $-286$  کیلوژول بر مول است، حساب کنید.

**سوختن کامل این سه ماده به صورت زیر است :**



برای رسیدن به واکنش تهیه اتان از اتن باید واکنش اول و سوم بدون تغییر و واکنش دوم برعکس شوند. بنابراین  $\Delta H$  محاسبه شده از

$$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = -1410 + 1560 + (-286) = -86 \text{ kJ}$$

محاسبات نشان می‌دهد که مقدار  $\Delta H$  محاسبه شده به روش آنتالپی پیوند با مقدار اندازه‌گیری شده به روش تجربی (سوختن) تقاض دارد و با خطای بیشتری همراه است. لذا آنتالپی واکنش سوختن که خطای کمتری دارد، انتخاب می‌شود.

بادام	سیب	برگه زردآلو	برگه اخوارکی	از زش غذایی	
				ماده غذایی	۰.۰۰ g
۵۷۹	۵۲	۲۴۱			
۴۹/۹۰	۰/۱۷	۰/۵۱	چربی (گرم)		
۲۵/۹۰	۲۴/۲۰	۷۸/۷۰	کربوهیدرات(گرم)		
۲۱/۲۰	۰/۲۶	۳/۳۹	پروتئین (گرم)		

الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

**برگه زردآلو، چون مقدار کربوهیدرات موجود در آن بیشتر است و زودتر تولید انرژی می‌کند.**

ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

**بادام، چون میزان چربی موجود در آن بیشتر است و چربی‌ها در مدت زمان طولانی‌تری در سوت‌وساز شرکت می‌کنند و کمتر انرژی خود را از دست می‌دهند.**

پ) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟ آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را  $190 \text{ kcal.h}^{-1}$  در نظر بگیرید.

$$25 \text{ g} \times \frac{579 \text{ kcal}}{100 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ h}}{190 \text{ kcal}} = 0.76 \text{ h} \quad \text{or} \quad 45 / 6 \text{ min}$$

### فصل سوم: پوشش، نیازی پایان ناپذیر

**مباحثه عمده فصل:** الیاف و درشت مولکول‌ها، پلیمری شدن (پسپارش)، الکل‌ها و اسیدها، پلی استرها، واکنش استری شدن، آب کافت استرها، پلی آمیدها، پلیمرها، ماندگاری یا تغیری پذیر، پلیمر سبز

- ✓ جانوران گوناگون دارای پوشش‌هایی مانند پشم، پر، فلس و ... برای حفظ دما و مراقبت از اندام‌های داخلی خود هستند.
- ✓ انسان با بهره‌مندی از **هوش و تجربه‌های** برگرفته از طبیعت توانست نخستین پوشش خود را از پشم، مو و پوست **جانوران** تهیه کند.
- ✓ انسان با گذشت زمان علاوه بر پشم، مو و پوست جانوران از **بافت‌های گیاهی** نیز برای پوشش خود استفاده کرد.
- ✓ کم کم که جوامع بزرگ بشری تشکیل شد صنعتی به نام **پوشش** بوجود آمد.
- ✓ امروزه پوشش به **شرایط آب و هوایی، فرهنگ، آداب و رسوم، باورها** و ... در هر جامعه بستگی دارد.
- ✓ پوشش علاوه بر **پوشش بدن** در **تمدن بشری** نقش داشته است به طوری که نوع پوشش در هر **قوم**، نشان‌دهنده :
- ۱- **توانایی و مهارت دستی** - ۲- **هنر** - ۳- **تصویرگری** - ۴- **دانش** - ۵- **فناوری** - ۶- **شرایط آب و هوایی** و ۷- **آداب و رسوم آن قوم** است.
- ✓ پوشش، بدن را در برابر **عوامل محیطی** گوناگون مانند **سرما و گرمایی**، نور خورشید، **باران، تگرگ، گزند حشرات** و ... محافظت می‌کند.
- ✓ برای مثال کلاه لبه‌دار، سر و صورت را در برابر تابش نور خورشید و آفتاب سوتگی و نیز پوشیدن کفش، پاها را در برابر خاک، سنگ، اشیای سخت، سردی و داغی زمین محافظت می‌کند.
- ✓ به تازگی بشر با تکیه بر دانش و فناوری‌های نو توانسته است انواع تازه‌ای از پوشش تولید کند که از بدن در برابر **مواد شیمیایی** مانند **اسیدها، سوم، بخارهای سمی و غلیظ، پرتوها، آلودگی‌های عفونی، آتش، گلوله** و ... محافظت می‌کند. مانند **انواع کلاه ایمنی، کفش پنجه فولادی، عینک ایمنی و ...** تولید شد. پوشش‌هایی که هر کدام **ایمنی فیزیکی** بدن را در **شرایط دشوار و خطرناک** افزایش می‌دهد.

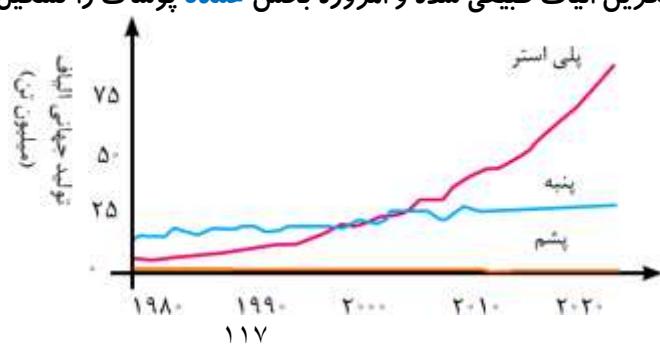


- ✓ انسان در گذشته پوشش خود را از مواد طبیعی مانند پشم گوسفند و شتر، پوست، چرم، پنبه و ... تهیه می‌کرد.
- ✓ با رشد جمعیت جهان، مصرف **پوشش** به میزان چشم‌گیری **افزایش** پیدا کرد بطوری که روش‌های سنتی تولید پوشش که مبتنی بر الیاف طبیعی بود جوابگو نبود به همین علت **صنعت نساجی** به شکل امروزی پدیدار شد. صنعتی که با بهره‌گیری از فناوری‌های نو به تولید پوشش پرداخت.

- ✓ موفقیت صنعت نساجی در گرو تأمین **الیاف** است.
- ✓ الیاف‌ها از نظر منبع ساخت به دو دسته **طبیعی و مصنوعی** (ساختگی) تقسیم می‌شوند.
- ✓ از آنجا که منابع طبیعی **محدود** بود، شیمی‌دان‌ها، انواع گوناگونی از الیاف ساختگی را بر پایه **فت** (طلای سیاه)، **شناسایی و تولید** کردند. الیافی که جایگزین الیاف طبیعی شده و امروزه بخش **عمده** پوشش را تشکیل می‌دهد.



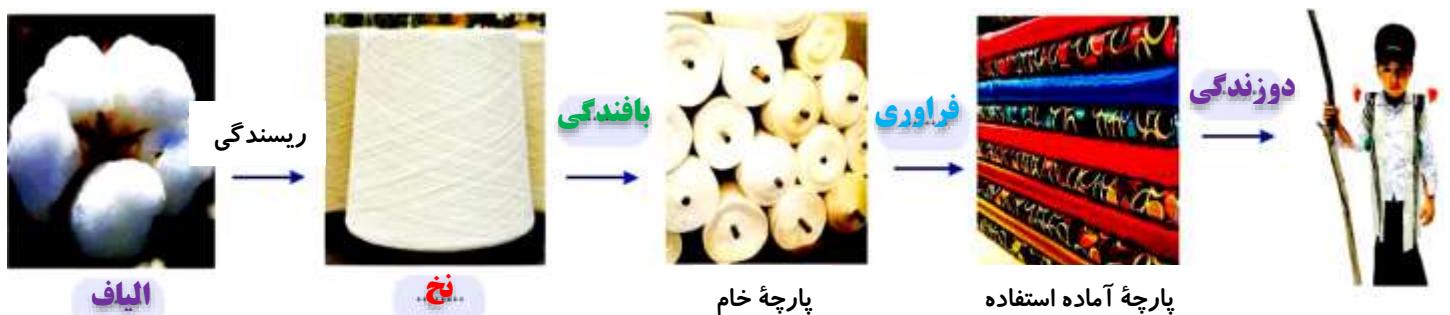
امیزان نسبی الیاف تولید شده در جهان



- ✓ در حال حاضر بخش **عمده** الیاف مصرفی را الیاف **ساختگی** مانند **پلی استرها** تشکیل می‌دهند به طوری که در سال **۲۰۱۴** نزدیک به **۱۰۰** میلیون تن الیاف در جهان تولید و مصرف شده است.
- ✓ در سال **۲۰۱۴**، الیاف مصنوعی **پلی استری** بیشتر از **نصف** کل الیاف تولید شده است.
- ✓ با توجه به نمودار، تولید **پشم** نزدیک به **صفرا** است. تولید الیاف پنبه‌ای نیز از حدود **۱۵** میلیون تن در سال **۱۹۸۰** به حدود **۲۵** میلیون تن در سال **۲۰۲۰** رسیده که رشد تقریباً **یکنواخت** و کمی دارد. اما الیاف **پلی استری** از حدود **۷** میلیون تن در سال **۱۹۸۰** به **۷۰** میلیون تن در سال **۲۰۲۰** رسیده است.
- ✓ الیاف **ساختگی** (مانند پلی استر، نایلون و ...) الیافی هستند که در طبیعت یافت **نمی‌شوند** بلکه از واکنش بین مواد **شیمیایی** در شرکت‌های **پتروشیمی** تولید می‌شوند. از این الیاف علاوه بر تهیه **پارچه و پوشاک**، به طور گسترده‌ای در تهیه انواع **پوشش‌ها، ظروف نجسب، یکار مصرف و پلاستیکی، فرش، پرده و ...** استفاده می‌شود.

### صفحه ۹۹ کتاب درسی

در هریک از جاهای خالی یکی از واژه‌های «نخ، الیاف، دوزندگی، فراوری و بافتگی» را قرار دهید.



### الیاف و درشت مولکول‌ها:

- ✓ **پنبه** یکی از الیاف **طبیعی** است که در تولید پوشاک سهم قابل توجهی دارد.
- ✓ آمارها نشان می‌دهد که حدود **نیمی** از لباس‌های تولیدی در جهان از **پنبه** تهیه می‌شود.
- ✓ از پنبه افزون بر تولید پوشاک در تولید **رویه مبل، پرده، تور ماهیگیری، گاز استریل** و ... استفاده می‌شود.
- ✓ پنبه از الیاف **سلولز** تشکیل شده، **زنگیری** بسیار بلند که از **اتصال** شمار بسیار زیادی مولکول **گلوکز** به یکدیگر ساخته می‌شود. با این توصیف شمار اتم‌های **سازنده** هر مولکول سلولز، **بسیار زیاد** بوده و اندازه مولکول آن **بزرگ** است.



✓ در ساختار **سلولز**، بین دو حلقه یک اتم **O** قرار گرفته است و در داخل هر حلقه نیز یک اتم **O** وجود دارد.

- ✓ **ماده مولکولی**، ماده‌ای است که ذره‌های سازنده آن **مولکول‌ها** هستند.
- ✓ مولکول‌ها از نظر اندازه به **دو** دسته تقسیم می‌شوند، **ریز مولکول و درشت مولکول**.
- ✓ ریز مولکول‌ها: برای مثال **گربن‌دی اکسید** ( $\text{CO}_2$ )، **بروم** ( $\text{Br}_2$ )، **متان** ( $\text{CH}_4$ )، **آب** ( $\text{H}_2\text{O}$ )، **آمونیاک** ( $\text{NH}_3$ )، **گوگرد تری اکسید** ( $\text{SO}_3$ )، **هیدروکربن‌ها** و ... نمونه‌هایی از این ترکیب‌ها هستند. این مولکول‌ها **کوچک‌اند** و شمار اتم‌های سازنده آن‌ها **کم**، در نتیجه **جرم مولی** آن‌ها **کم تا متوسط** است.

- ✓ ترکیبات سلولز، پنبه، نشاسته، انسولین، پروتئین موجود در ابیشم و پشم، نایلون، تفلون و ترکیباتی که پیشوند پلی دارند جزو درشت مولکول‌ها هستند بطوری که شمار اتم‌های آن‌ها به **۵۵ ها هزار** می‌رسد.
- ✓ هر چه مولکول‌ها **درشت‌تر** شوند، نیروی بین مولکولی آن‌ها **قوی‌تر** می‌شود، در نتیجه دمای جوش **بالاتر** می‌رود و جدا کردن مولکول‌ها از یکدیگر به انرژی **بیشتری** نیاز دارد.
- ✓ برخی از درشت مولکول‌ها مانند **پلی اتن**، **نایلون**، **تفلون** و ... که **ساختگی** هستند، از واکنش **پلیمری شدن** (**بسپارش**) تهیه می‌شوند.
- ✓ واژه **پلیمر** از واژه یونانی **polys**، به معنای «**پاره**» و **meros** به معنای «**بسپار**» گرفته شده است. به همین دلیل به پلیمر، بسپار گفته می‌شود.

### صفحه ۱۰۱ و ۱۰۲ کتاب درسی

با هم بیندیشیم :

با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(الف) جدول را کامل کنید.

نام ماده	اندازه مولکول	حجم مولی برخی از مواد (g.mol⁻¹)				شمار اتم‌ها				حجم مولی			
		کوچک یا متوسط	بسیار بزرگ	کم یا متواتر	بسیار زیاد								
آب	✓			✓									
اتانول	✓			✓									
اتن	✓			✓									
پروپان	✓			✓									
نفتالن	✓			✓									
پلی اتن	✓			✓									
نشاسته گندم	✓			✓									
انسولین	✓			✓									
سلولز	✓			✓									
نایلون	✓			✓									
روغن زیتون	✓			✓									

- ✓ خوشه گندم دارای **نشاسته** است و **نشاسته** (همانند سلولز) از مولکول‌های **گلوکز** تشکیل شده است.
- ✓ دلیل **تفاوت** خواص این دو ماده در نحوه **اتصال** متفاوت واحدهای گلوکز در دو ساختار می‌باشد به نحوی که **سلولز ساختاری خطی** و **نشاسته ساختاری مارپیچ** دارد.

ب) به دسته‌ای از ترکیب‌های موجود در جدول درشت مولکول می‌گویند. آن‌ها را در یک سطر تعریف کنید.

### مولکول‌هایی که اندازه مولکول‌های آن‌ها بزرگ، تعداد اتم‌های سازنده آن‌ها بسیار زیاد و جرم مولی آن‌ها بسیار زیاد است.

- ✓ درشت مولکول‌ها را می‌توان به **دو** دسته تقسیم کرد. در برخی از درشت مولکول‌ها مانند **روغن زیتون** واحد تکرار شونده وجود ندارد یعنی **واحد مولکولی مشابهی** در ساختار درشت مولکول‌ها وجود **ندارد**. اما در برخی از درشت مولکول‌ها مانند **نشاسته** واحدهای تکرار شونده وجود دارد یعنی **یک** یا **چند واحد** مولکولی در ساختار آن‌ها به طور **مرتب** تکرار می‌شود که به آن‌ها **پلیمر** می‌گویند.

### همه پلیمراها درشت مولکول هستند ولی همه درشت مولکول‌ها، **پلیمر** نیستند. مانند **روغن زیتون**

پ) درشت مولکول‌های بالا را با هم مقایسه کنید. چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند؟

**شاهدات**: از تعداد اتم‌های زیادی تشکیل شده‌اند، اتم‌های آن‌ها به وسیله پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل هستند، جرم مولی بسیار زیادی دارند و مولکول‌های درشتی هستند.

**تفاوت‌ها**: ساختار متفاوت دارند در نتیجه رفتار آن‌ها یعنی خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند، برخی، طبیعی و برخی ساختگی هستند.

ت) در کدام مولکول‌ها بخش‌هایی وجود دارد که در سراسر مولکول تکرار شده است؟

### درشت مولکول‌های پلی اتن، نشاسته، سلولز، انسولین و نایلون

ث) سلولز و نشاسته پلیمر (بسپار)‌اند، با توجه به ساختار آنها پلیمر را تعریف کنید.

### پلیمراها درشت مولکول‌هایی هستند که در ساختار آن‌ها، بخش‌هایی در سراسر مولکول تکرار می‌شود.

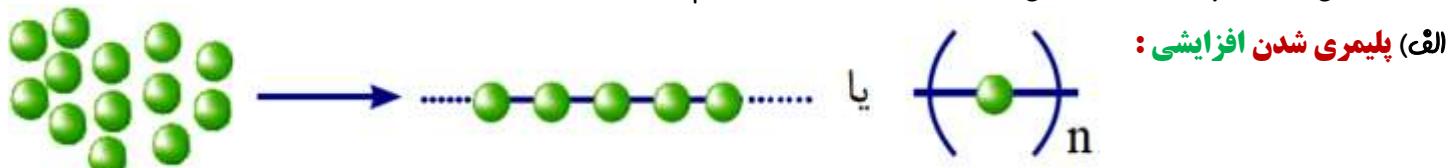
ج) پیش‌بینی کنید نیروی بین مولکولی در کدام دسته از مولکول‌ها قوی‌تر است؟ چرا؟

**درشت مولکول‌ها، چون نیروهای بین مولکولی در آنها به دلیل زیاد بودن جرم مولکولی، قوی است.**

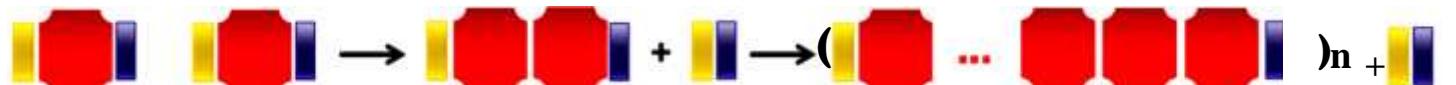
### پلیمری شدن (بسپارش):

- ✓ **پلیمری شدن** واکنشی است که در آن **مولکول‌های کوچک** در شرایط مناسب به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌هایی با **زنگیرهای بلند و جرم مولی زیاد** تولید می‌کنند.

برای بررسی آسان‌تر پلیمری شدن‌ها می‌توان آن‌ها را به **دو** دسته تقسیم کرد :



### (ب) **پلیمری شدن تراکمی** :



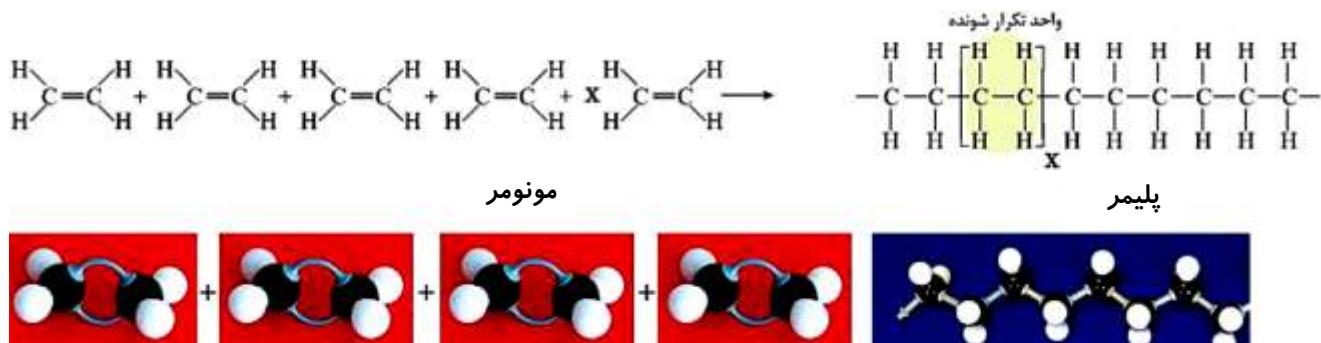
(الف) **پلیمری شدن افزایشی** : در این نوع پلیمری شدن از اتصال تعداد زیادی **مونومر** (بسته به شرایط) یک محصول به نام **پلیمر** تشکیل می‌شود. برای مثال پلیمری شدن **اتن** را بررسی می‌کنیم :

- ✓ هرگاه **گاز اتن** را در **فشار بالا گرما** دهیم، **جامد سفید رنگی** بدست می‌آید که جرم مولی **دها هزار گرم بر مول** است یعنی در ساختار هر مولکول آن **هزاران اتم کربن و هیدروژن** وجود دارد.

**معادله مقابله اکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند.**  $n \text{CH}_2 = \text{CH}_{2(g)} \xrightarrow{\text{گرم و فشار}} (\text{CH}_2 - \text{CH}_2^-)_{n(S)}$

✓ اتنیک مولکول سیرنشده است در صورتی که در پلیمر شدن فراورده واکنش (پلی‌اتن)، هیدروکربنی سیرشده است زیرا هر اتم کربن در آن با چهار پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم دیگر متصل است.

✓ در اثر پلیمرشدن، یکی از پیوندهای **دوگانه** در اتن شکسته شده و مولکولهای اتن از سوی اتم‌های **کربن** به این ساختار متصل می‌شوند؛ با ادامه این روند **زنگیر کربنی** بلندی ایجاد می‌شود.



مولکول‌های اتن، در **دما** و **فشار اتفاق**، **گازی** هستند؛ در حالی که در اثر واکنش پلیمری شدن، به پلی‌اتن با حالت فیزیکی **جامد** تبدیل می‌شوند. در واقع این واکنش با یک **کاهش شدید حجم** همراه است؛ زیرا مولکول‌های اتن گازی به مولکول جامد پلی‌اتن تبدیل می‌شود.

✓ به واکنش دهنده‌ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر** (تک‌پار) می‌گویند. در این واکنش‌ها شمار زیادی از **مونومرهای** با یکدیگر واکنش می‌دهند و **بلیمر** را می‌سازند.

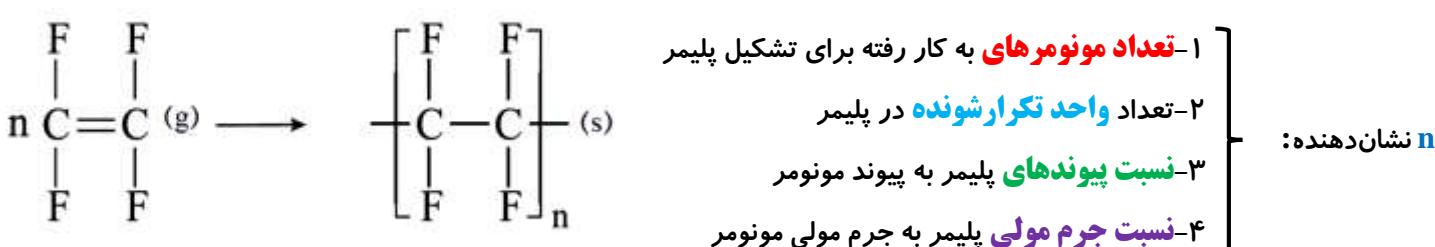
با دقت در ساختار پلی‌اتن در می‌یابیم که از تکرار مجموعه‌ای از اتم‌های گربن و هیدروژن به نام واحد تکرار شونده به وجود آمده است. شیمی‌دان‌ها برای نمایش پلیمرها، واحد تکرار شونده را درون کمانک نوشتند و زیرا آن می‌نویسند؛ زیرا تا کنون هیچ قاعده‌ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده و نمی‌توان فرمول دقیق، برای آن‌ها نوشت.

✓ واحد تکرار شونده دارای یک پیوند **دوگانه** است و برای نوشتن معادله واکنش قبل از واحد تکرار شونده  $n$  قرار می‌دهیم ولی برای نوشتن فرمول **پلیمر** به جای پیوند **دوگانه** از سه **پیوند ساده** قبل، وسط و بعد از واحد تکرار شونده درون یک پرانتز استفاده می‌کنیم و  $n$  را به صورت زیروند جلوی آن می‌نویسیم.

**جرم مولی** پلیمرهای افزایشی را می‌توان به تقریب از رابطه روبرو بدست آورد:

$$\text{جرم مولی مونومر} \times n = \text{تعداد سوند مونومر} \times n$$

**تعداد سوند** پلیمرهای افزایشی را می‌توان از رابطه روبرو بدست آورد:



✓ در همه واکنش‌های پلیمری شدن، تعداد بسیار زیادی پیوند تشکیل می‌شود از آنجا که تشکیل پیوند با آزاد شدن انرژی همراه است بنابراین واکنش پلیمری شدن گر ماده است.

مولکول پروپن هم به همین شیوه به پلی پروپن تبدیل می‌شود. ✓  
 بدیهی است براساس الگوی تشکیل پلی اتن و با تغییر ساختار مونومر ✓  
 می‌توان پلیمری جدید با خواص متفاوت تهیه کرد.

✓ **هر ترکیب آلی** که در ساختار خود پیوند دوگانه کربن-کربن ( $C=C$ ) در زنجیر کربنی داشته باشد، می‌تواند در این نوع واکنش پلیمری شدن شرکت کند. بر همین اساس، ترکیب‌های **سیر نشده** و حاوی چنین پیوندی در زنجیر کربنی می‌توانند در صنایع **پتروشیمی** با **قابلیت شرایط مناسب** واکنش داده و **پلیمرهای گوناگونی** تولید کنند.

**مثال:** اگر جرم مولی نمونه‌ای از پلیمر تفلون برابر با  $g \cdot mol^{-1} 10^6$  باشد، تعداد واحد تکرارشونده ( $n$ ) در این پلیمر، کدام است؟

$$16000 - 4 \quad 12000 - 3 \quad 10000 - 2 \quad 1000 - 1 \quad (F=19 \text{ و } C = 12: g \cdot mol^{-1})$$



$$\text{مثال: با مصرف } 800 \text{ لیتر گاز اتن در شرایط STP, چند کیلوگرم پلی‌اتن می‌توان تهیه کرد?} \\ (C = 12, H = 1:g \cdot mol^{-1}) \Rightarrow \text{جرم مولی } C_2F_4 = n \times 10^6 = \frac{10^6}{100} = 10000$$

$$\text{مثال: با مصرف } 800 \text{ لیتر گاز اتن در شرایط STP, چند کیلوگرم پلی‌اتن می‌توان تهیه کرد?} \\ (C = 12, H = 1:g \cdot mol^{-1}) \Rightarrow \text{جرم مولی } C_2F_4 = n \times 10^6 = \frac{10^6}{100} = 10000$$

پاسخ: گزینه ۱ - با توجه به واکنش تهیه پلی‌اتن خواهیم داشت:

$$\text{جرم مولی اتن} \times n = \text{جرم مولی پلی‌اتن}$$

$$800LC_2H_4 \times \frac{1\text{mol } C_2H_4}{22/4LC_2H_4} \times \frac{1\text{ mol}}{n\text{ mol } C_2H_4} \times \frac{28\text{ n g}}{1\text{ mol}} \times \frac{1\text{ kg}}{\frac{1\text{ kg}}{1000\text{ g}}} = \text{پلی‌اتن} \text{ 1kg}$$

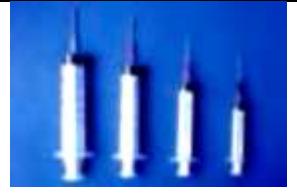
در واکنش پلیمری شدن اتن، تنها فراورده واکنش، پلی‌اتن است؛ بنابراین طبق قانون پایستگی جرم، جرم پلی‌اتن تولید شده با جرم اتن مصرف شده برابر است؛ پس کافی است جرم اتن مصرف شده را حساب کنیم:

$$800LC_2H_4 \times \frac{1\text{mol } C_2H_4}{22/4LC_2H_4} \times \frac{28\text{ n g } C_2H_4}{1\text{ mol } C_2H_4} \times \frac{1\text{ kg } C_2H_4}{1000\text{ g } C_2H_4} = \text{جرم اتن مصرف شده}$$

## صفحه ۱۰۴ کتاب درسی

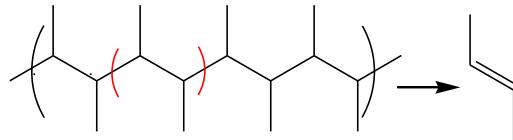
خود را بیازمایید:

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

نام مونومر	ساختار مونومر	نام پلیمر	ساختار پلیمر	کاربرد پلیمر
سیانو اتن	$\text{CH}_2 = \text{CH} \begin{matrix}   \\ \text{CN} \end{matrix}$	پلی سیانو اتن	$\left( -\text{CH}_2 - \text{CH} - \begin{matrix}   \\ \text{CN} \end{matrix} \right)_n$	 پتو
پروپن	$\text{CH}_2 = \text{CH} \begin{matrix}   \\ \text{CH}_3 \end{math>$	پلی پروپن	$\left( -\text{CH}_2 - \text{CH} - \begin{matrix}   \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \right)_n$	 سرنگ - تجهیزات آزمایشگاهی
استیرن یا وینیل بنزن	$-\text{CH}_2 = \text{CH} - \begin{matrix}   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{math}$	پلی استیرن	$\left( -\text{CH}_2 - \text{CH} - \begin{matrix}   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix} \right)_n$	 ظروف یکبار مصرف

تترافلوئورواتن	$\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	تفلون	$(-\text{CF}_2 - \text{CF}_2 -)_n$	
کلرو اتن یا وینیل کلرید	$\text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$	پلی وینیل کلرید P. V. C	$\left( -\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \right)_n$	
اتن	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	پلی اتن	$(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$	کیسه خون، نوارهای درز گیر و مواد ساختمانی بازی-قانگر-درب ظروف بسته‌بندی

✓ برای تشخیص ساختار **مونومر** در یک مولکول پلیمری، کافی است، **دو کربن پشت سرهم** را از بقیه جدا نمود و بین آنها **پیوند دوگانه** قرار داد.



✓ در ساختار **پلی‌سیانو اتن** و **پلی‌استیرن** برخلاف بقیه پلیمرهای بالا، همه پیوندهای **یگانه نیستند**. در ساختار پلی‌سیانو اتن در ( $-\text{CN}$ ) یک پیوند **سه‌گانه** بین اتم‌های کربن و نیتروژن ( $\text{C} \equiv \text{N}$ ) وجود دارد. در ساختار پلی‌استیرن هم سه پیوند **دوگانه** در حلقه بنزنی وجود دارد.

✓ در **تفلون** برخلاف بقیه این پلیمرها، اتم **هیدروژن** وجود ندارد.  
✓ از **پلی وینیل کلرید** (P. V. C) در **شیشه خودرو** نیز استفاده می‌شود؛ به این صورت که لایه نازکی از آن را بین دو صفحه شیشه‌ای قرار می‌دهند بطوری که **مانع از فرو ریختن** خرددهای آن در اثر ضربه می‌شود.

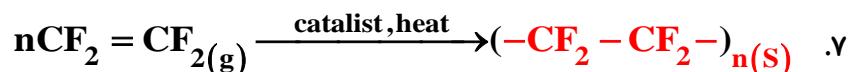
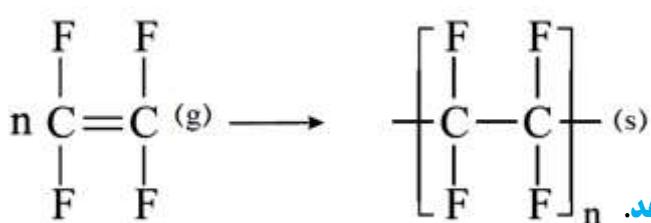
صفحه ۱۰۵ کتاب درسی

«بخت، یار ذهن‌های آماده است»

پیوند بازندگی:

### تفلون و ویژگی‌های آن

- نام آن **پلی ترا فلوئورو اتن** (با نام تجاری **تفلون**) است.
- کشف این پلیمر بصورت **اتفاقی** توسط **پلانکت** انجام گرفت و او را به شهرت و ثروت رساند؛ زمانی که او بر روی **گازهای سرد** کننده یخچال کار می‌کرد، کپسولی حاوی گاز **تترا فلوئورو اتن** را که پر بود ولی **تخلیه** نمی‌شد را برش داد و با لایه نازکی از یک **جامد** در ته کپسول مواجه شد که همان **تفلون** بود.



✓ این ویژگی‌ها سبب شده است که نفلون علاوه بر نخ دندان در ساخت نوار آب بندی، ظروف آشپزخانه و کفی اتو کاربرد پیدا کند.



### صفحه ۱۰۶ کتاب درسی

**پیوند با صنعت:**

✓ پلی اتن یکی از مهم‌ترین پلیمرهای **ساختگی** است که در ساخت وسایل گوناگونی مانند **کیسه خرید**، **لوله آب**، **بطری شیر**، **وسایل اسپاب**



**بازی، درب بطری، مخزن آب**  
و ... کاربرد دارد.



✓ در هنگام ساخت این وسایل دانه‌های **سفید** پلی اتن را **مذاب** کرده و در دستگاهی با **دمیدن هوا**، به ورقه **نازک** پلاستیکی تبدیل می‌کنند.

✓ همانطور که مشاهده می‌کنید کالاهای ساخته شده از پلی اتن ویژگی‌های **گوناگونی** دارند. برخی مانند کیسه موجود در مغازه‌ها **شفاف**

بوده و کمی **انعطاف پذیرند** در حالی که لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب یا بطری شیر، **کدر**، **سخت‌تر** و **محکم‌تر** و با **چگالی** بالاتر  
هستند. اما چگونه است که از یک مونومر یکسان پلیمرهایی با خواص گوناگون تشکیل می‌شود؟

✓ یافته‌های **تجربی** نشان می‌دهد که اتن در **شرایط گوناگون**، با انجام واکنش پلیمری شدن فراورده‌هایی با **ساختار متفاوت** پدید می‌آورد.

نوعی پلی اتن، **چگالی کمتری** داشته و **شفاف** است، از این رو به **پلی اتن سبک** معروف است در حالی که پلی اتن سنگین، **چگالی بیشتری** داشته و **کدر** است.

✓ پلی اتنی که در حال تشکیل **زنگیر اصلی**، **شاخه‌های جانبی** نیز تشکیل دهد، **پلی اتن سبک** بوده (چگالی کمتری دارد  $= \frac{92}{90}$  گرم بر سانتی‌متر مکعب) و **شفاف** است؛ در مقابل پلیمری که زنجیره جانبی **ندارد**، چگالی **بیشتری** داشته ( $= \frac{97}{90}$  گرم بر سانتی‌متر مکعب)،  
**کدر** بوده و به دلیل نیروهای **واندروالسی قوی‌تر** استحکام **بالاتری** دارد.



پلی اتن بدون شاخه



پلی اتن شاخه‌دار

### صفحه ۱۰۷ کتاب درسی

**خود را بیازمایید:**

داده‌های تجربی نشان می‌دهد که چگالی پلی اتن‌های نشان داده شده در شکل بالا برابر با  $\frac{97}{90}$  و  $\frac{92}{90}$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

(الف) کدام چگالی به کدام پلی اتن تعلق دارد؟ چرا؟ پلی اتن سنگین است زیرا در پلی اتن بدون شاخه در واحد حجم مولکول‌های بیشتری قرار می‌گیرند و جرم بیشتر خواهد بود و پلی اتن سبک است.

ب) کدام پلی اتن سبک و کدام سنگین است؟ ۹۲/۰ سبک (شاخه دار) و ۹۷/۰ سنگین (بدون شاخه) است.

پ) نیروی بین مولکولی در پلی اتن چیست؟ از نوع نیروهای واندروالس

ت) چرا استحکام پلی اتن سنگین از سبک بیشتر است؟

زیرا با افزایش تعداد شاخه مولکول‌ها به دلیل ازدحام فضایی نمی‌توانند به هم نزدیک شوند اما در پلی اتن که شاخه فرعی وجود ندارد سطح تماس مولکول‌ها بیشتر است و در نتیجه نیروی جاذبه بین مولکولی بیشتر شده و استحکام مولکولی هم بیشتر می‌شود.

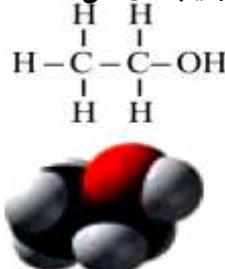
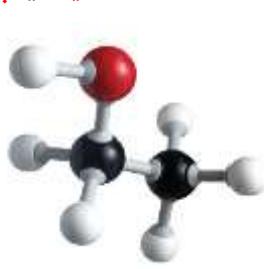
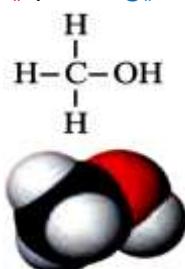
#### مقایسه پلی اتن سبک و سنگین:

پلی اتن سبک، شاخه دار، ولی پلی اتن سنگین، بدون شاخه است.	ساختار
چگالی پلی اتن سبک، کمتر از پلی اتن سنگین است.	چگالی
نیروی جاذبه هر دو، از نوع واندروالسی است، اما در پلی اتن سنگین، قوی‌تر از پلی اتن سبک است.	نیروی بین مولکولی
پلی اتن سنگین نسبت به پلی اتن سبک، سختی و استحکام بیشتری دارد.	سختی و استحکام
پلی اتن سنگین نقطه ذوب بالاتری دارد.	نقطه ذوب
پلی اتن سبک، شفاف، ولی پلی اتن سنگین، کدر است.	شفاف یا کدر بودن
پلی اتن سبک در ساخت کیسه‌های پلاستیکی شفاف و پلی اتن سنگین در ساخت لوله‌های پلاستیکی، دبه‌های آب یا بطری کدر شیر و اسباب بازی کودکان کاربرد دارد.	کاربرد

#### گروه‌های عاملی (ادامه فصل دوم)

##### الکل‌ها :

✓ **الکل‌ها**، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که در ساختار آن‌ها یک یا چند گروه هیدروکسیل (OH) با یک پیوند اشتراکی به اتم کربن متصل است.



✓ الکل‌های یک عاملی را می‌توان با فرمول ROH یا  $C_nH_{2n+2}O$  نشان داد که در آن، R یک زنجیر هیدروکربنی است؛ متانول و اتانول دو عضو خانواده الکل‌های یک عاملی هستند.

برای نامگذاری الکل‌ها به دو روش عمل می‌کنیم:

(۱) نام گروه هیدروکربنی (R) + الکل = نام الکل (نام منداوی)

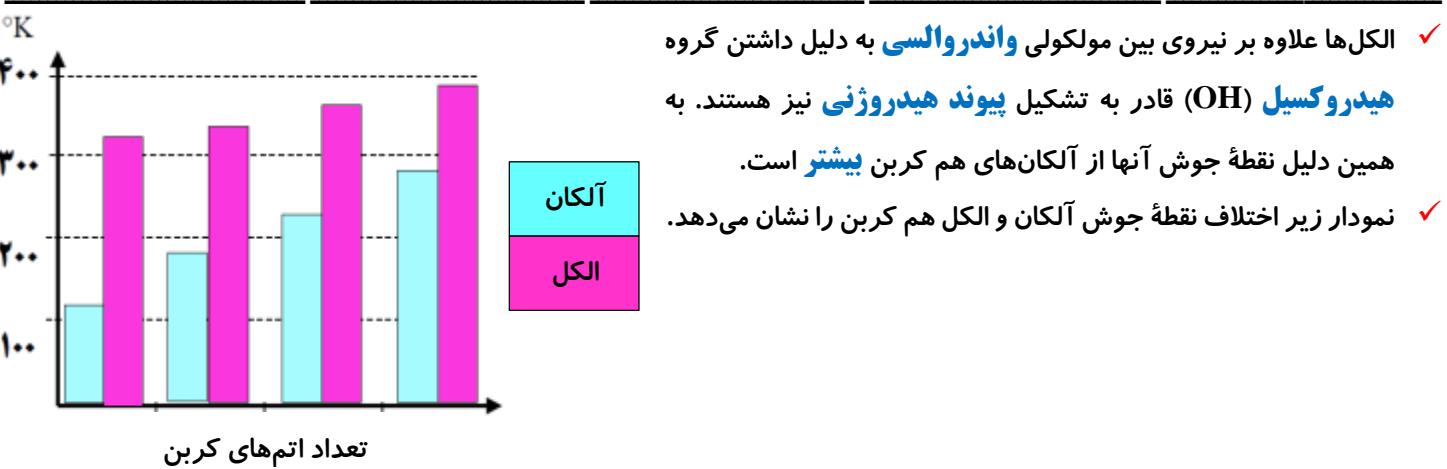
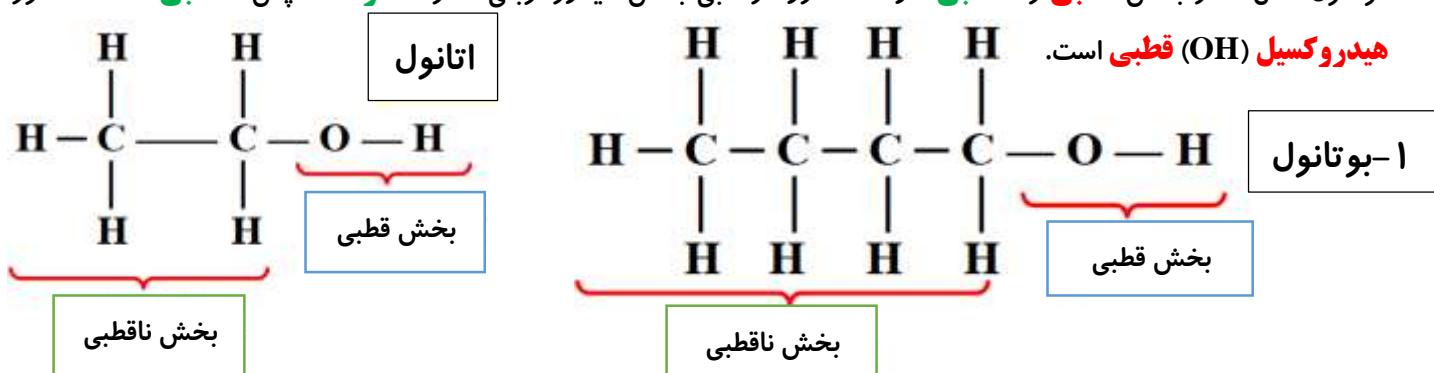
فرمول آلکان	نام آلکان	فرمول گروه هیدروکربنی	نام گروه هیدروکربنی	فرمول الکل	نام الکل
$CH_4$	متان	$CH_3 -$	متیل	$CH_3 - OH$	متیل الکل
$C_2H_6$	اتان	$C_2H_5 -$	انیل	$CH_3 - CH_2 - OH$	انیل الکل
$C_3H_8$	پروپان	$C_3H_7 -$	پروپیل	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$	پروپیل الکل
		$CH_3 - CH - CH_3$	ایزوپروپیل	$CH_3 - CH - OH$   $CH_3$	ایزوپروپیل الکل

۲) نام آلکان هم کربن + ال = نام الکل (نام آیوپاک)

آلکان	فرمول الکل	نام الکل
CH <sub>4</sub>	متان	متانول
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	اتان	اتانول
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	پروپان	۱-پروپانول ۲-پروپانول

ویژگی‌های الکل‌ها:

- مولکول الکل‌ها دو بخش **قطبی** و **ناقطبی** دارد. گشتاور دوقطبی بخش هیدروکربنی حدود صفر است پس **ناقطبی** است اما گروه **هیدروکسیل (OH)** **قطبی** است.



- الکل‌ها علاوه بر نیروی بین مولکولی **واندروالسی** به دلیل داشتن گروه **هیدروکسیل (OH)** قادر به تشکیل **پیوند هیدروژنی** نیز هستند. به همین دلیل نقطه جوش آنها از آلکان‌های هم کربن **بیشتر** است.

نمودار زیر اختلاف نقطه جوش آلکان و الکل هم کربن را نشان می‌دهد.

- الکل‌های **کوچک** به هر نسبتی در آب حل می‌شوند، زیرا :

(۱) بخش **قطبی** بر بخش **ناقطبی** الکل غلبه دارد.

(۲) **پیوند هیدروژنی** بین الکل و آب از پیوند هیدروژنی الکل-الکل و پیوند هیدروژنی آب-آب **قوی‌تر** است.

داده‌های جدول زیر انحلال‌پذیری الکل‌ها را با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی نشان می‌دهد.

انحلال‌پذیری $\left( \frac{\text{g}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \right)$	فرمول ساختاری الکل	نام الکل
به هر نسبتی در آب حل می‌شود.	CH <sub>3</sub> -OH	متانول
به هر نسبتی در آب حل می‌شود.	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	اتانول
به هر نسبتی در آب حل می‌شود.	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	۱-پروپانول
۸/۲۱	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -OH	۱-بوتanol
۲/۷	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OH	۱-پنتanol
۰/۵۹	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -OH	۱-هگزانول
۰/۰۴۶	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -OH	۱-اکتانول

- ✓ الکل‌های تا پنج کربن در آب  **محلول** هستند یعنی تا پنج کربن، بخش  **قطبی بر ناقطبی** غلبه دارد. (پیوند هیدروژنی غالب است).
- ✓ ۱-هگزانول، ۱-هپتانول و ۱-اکتانول در آب  **کم محلول** هستند.
- ✓ در صورتی که تعداد کربن‌ها در الکل  **یک عاملی** بیشتر از  **۸** باشد الکل مورد نظر  **نامحلول** خواهد بود.
- ✓ با  **افزایش** شمار اتم‌های کربن، بخش  **ناقطبی** مولکول بزرگ‌تر شده و میزان قطبیت مولکول کاهش می‌یابد. بنابراین الکل‌های  **بزرگ‌تر** در  **چربی‌ها** حل می‌شوند. از این‌رو ویژگی  **چربی‌دوستی** الکل‌ها با  **افزایش** شمار اتم‌های کربن،  **افزایش** می‌یابد. به بیان دیگر، هرچه شمار اتم‌های کربن در الکل‌ها بیشتر شود، ویژگی  **آبگریزی** آن‌ها  **افزایش** می‌یابد.
- ✓ الکل‌ها می‌توانند  **چند عاملی** باشند یعنی بیش از یک گروه  **هیدروکسیل** (ضد یخ) و  **گلیسیرین** نمونه‌ای از الکل‌های چند عاملی هستند.



✓ الکل‌های  **چند عاملی** در تهیه  **پلی استرها** نقش بسزایی دارند.

- ✓ الکل‌ها با  **اترها** (با تعداد کربن، هیدروژن و اکسیژن برابر)  **ایزومر** هستند با این تفاوت که در  **اترها** اتم  **اکسیژن** بین اتم‌های کربن قرار دارد و قادر به تشکیل پیوند  **هیدروژنی** نیست.



## صفحه ۱۱۰ کتاب درسی

با هم بیندیشیم :

(۱) با توجه به دو ساختار داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید:



آ) پیش‌بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟  **نیروی جاذبه و اندروالس و پیوند هیدروژنی**

ب) مولکول این الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی هیدروکربن‌ها حدود صفر است، این دو بخش را در هر مولکول بالا مشخص کنید.

پ) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان اتحال پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟  **اتحال پذیری اتانول در آب** بیشتر است. هنگامی که بخش ناقطبی یک مولکول، بزرگ‌تر از بخش قطبی آن باشد خواص ناقطبی مولکول بر خواص قطبی آن غلبه می‌کند. به همین جهت  **اکتانول در آب حل نمی‌شود اما اتانول با ایجاد پیوندهای هیدروژنی در آب حل می‌شود.**

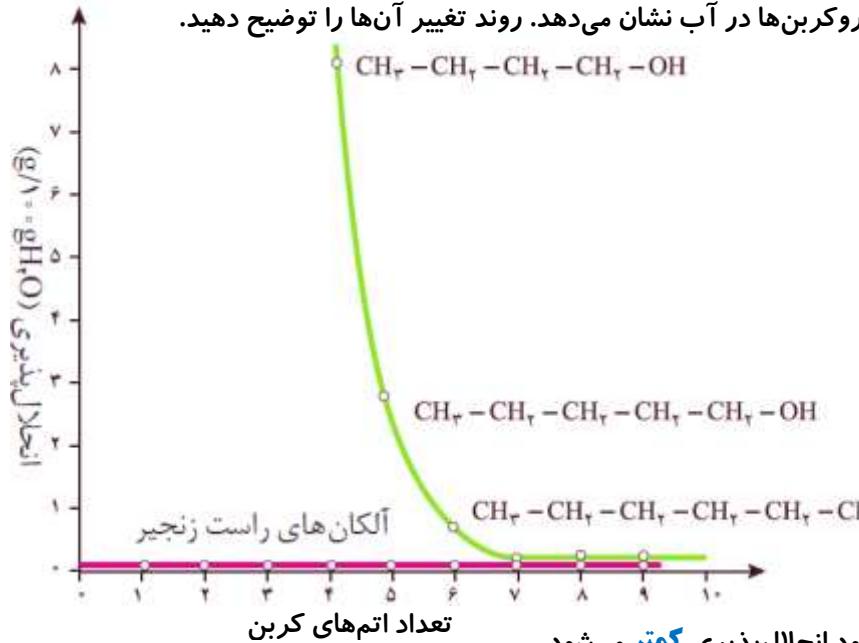
<b>انحلال پذیری</b> $\left( \frac{\text{g}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \right)$	<b>فرمول ساختاری الکل</b>
به هر نسبتی در آب حل می‌شود.	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
۰/۰۴۶	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{OH}$

ت) درستی پیش‌بینی خود را با توجه به داده‌های جدول زیر بررسی کنید.  
همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، اتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شود اما  **۱- اکتانول اتحال پذیری کمی در آب دارد.**

ث) درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.  
« **با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، نیروی واندروالس بر هیدروژنی غلبه می‌کند و ویژگی‌های ناقطبی الکل افزایش می‌یابد. »**

جمله درست است زیرا در الکل‌ها دو نوع نیروی بین مولکولی وجود دارد: پیوند هیدروژنی در یک سر مولکول به دلیل پیوند بین اتم اکسیژن و هیدروژن وجود دارد و نیروی واندروالس که از سمت زنجیره کربنی وجود دارد. هرچه زنجیره کربنی بزرگ‌تر باشد نیروی واندروالسی قوی‌تر شده و بر پیوند هیدروژنی غلبه می‌کند و ویژگی ناقطبی الکل زیاد می‌شود.

ج) نمودار زیر اتحال پذیری الکل‌ها را در مقایسه با هیدروکربن‌ها در آب نشان می‌دهد. روند تغییر آن‌ها را توضیح دهید.



هرچه بخش ناقطبی یا هیدروکربنی بزرگ‌تر می‌شود اتحال پذیری کمتر می‌شود. ✓

الکل‌های تا پنج کربن در آب محلول هستند یعنی تا پنج کربن، بخش قطبی بر ناقطبی غلبه دارد. (پیوند هیدروژنی غالباً است). ✓

۱-هگزانول، ۱-هپتانول و ۱-اکتانول در آب کم محلول هستند. ✓

در صورتی که تعداد کربن‌ها در الکل یک عاملی بیشتر از ۸ باشد الکل مورد نظر نامحلول خواهد بود. ✓

#### جمع‌بندی:

$$\text{کربن الکل‌ها} = \downarrow \text{تحلیل پذیری در آب} (\uparrow \text{افزايش آب‌گريزي}) = \uparrow \text{تحلیل پذیری در چربی} (\uparrow \text{افزايش چربی دوستی})$$

#### کربوکسیلیک اسیدها:

دسته‌ای از ترکیب‌های آلی که در ساختار خود حداقل یک گروه عاملی کربوکسیل (COOH) دارند. ✓

ساختار عمومی کربوکسیلیک اسیدهای تک عاملی را در شکل مقابل مشاهده می‌کنید. ✓

(گروه R که در شکل وجود دارد، می‌تواند هیدروژن یا یک زنجیر هیدروکربنی باشد).

  
اسیدهای یک عاملی دارای فرمول RCOOH یا  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$  و فرمول عمومی  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  هستند. ✓

این ترکیبات مزه ترش دارند به طوری که مزه ترش میوه‌هایی مانند ریواس، انگور، لیمو ترش، کیوی، گوجه سبز و ... ناشی از وجود چنین مولکول‌هایی در آن‌هاست. ✓

متانوئیک اسید HCOOH (فورمیک اسید) که اولین و ساده‌ترین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها و اتانوئیک اسید (استیک اسید) دومین عضو خانواده اسیدهای آلی است. ✓

فورمیک اسید که بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می‌شود و استیک اسید که آشنازترین عضو خانواده کربوکسیلیک اسیدها است در سرکه یافت می‌شود. ✓

مولکول‌های کربوکسیلیک اسید نیز مانند الکل‌ها دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. گشتاور دوقطبی بخش هیدروکربنی حدود صفر است پس ناقطبی است اما گروه کربوکسیل (COOH)- قطبی است. ✓

با افزایش طول زنجیر کربنی از اتحال پذیری کربوکسیلیک اسیدها در آب کاسته می‌شود، زیرا با افزایش تعداد اتم‌های کربن، زنجیر هیدروکربنی که بخش ناقطبی کربوکسیلیک اسید به حساب می‌آید بزرگ‌تر شده و بر بخش قطبی آن (COOH-) غلبه می‌کند. بنابراین مولکول در مجموع خاصیت ناقطبی گرفته و اتحال پذیری آن در آب کاهش می‌یابد. ✓

پیوند هیدروژنی اسیدها از الکل‌های هم کربن قوی‌تر است، بنابراین نقطه جوش کربوکسیلیک اسید بیشتر از الکل‌های هم کربن است. ✓

- ✓ کربوکسیلیک اسیدهای تا ۵ کربن در آب  **محلول** هستند، یعنی تا ۵ کربن، بخش **قطبی** بر **ناقطبی** غلبه دارد.
- ✓ اسیدهای **چند عاملی** در تولید **پلی استر** نقش مهمی ایفا می‌کنند.

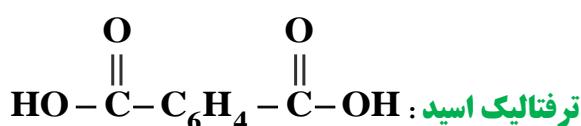
### نامگذاری کربوکسیلیک اسیدها:

برای نامگذاری کربوکسیلیک اسیدها دو روش وجود دارد:

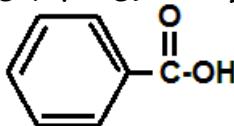
- (۱) **نام متداول**: فورمیک اسید چون از **تقطیر مورچه** که در لاتین **فورمیکا** نامیده می‌شود گرفته شده و استیک اسید از **استوم** به معنای **سرکه** گرفته شده است و ... .
- (۲) **نام آیوپاک**: نام آلکان هم کربن + **وئیک اسید** = نام اسید

نام متداول	نام آیوپاک	فرمول اسید	نام آلکان	فرمول آلکان
فرمیک اسید	متانوئیک اسید	HCOOH	متان	CH <sub>4</sub>
استیک اسید	اتانوئیک اسید	CH <sub>3</sub> COOH	اتان	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>

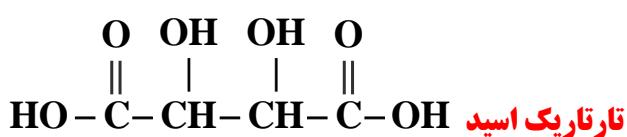
✓ اسیدها می‌توانند چند عاملی باشند مانند **اتان دی اوئیک اسید** (اگزالیک اسید):



✓ **بنزوئیک اسید** یک کربوکسیلیک اسید یک عاملی است که در فرمول ساختاری آن به جای گروه R، یک **حلقه بنزنی** قرار گرفته بنابراین یک کربوکسیلیک اسید **آروماتیک** است.



✓ برخی از ترکیبات علاوه بر عامل اسیدی دارای عامل **الکلی** نیز هستند. مانند **لاکتیک اسید**  $\text{CH}_3-\overset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{CH}}}-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{OH}$ .



✓ فرمول مولکولی عمومی **استرها** و **کربوکسیلیک اسیدهای** یک عاملی با **زنجیر هیدروکربنی سیر شده** ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ) است. اگر تعداد **کربن** کربوکسیلیک اسید و استر (زنجیر هیدروکربنی سیر شده و یک عاملی) **یکسان** باشد، این دوترکیب **ایزومر** هم خواهد بود. مثلاً ترکیبی به فرمول  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  دارای دو ساختار زیر است.  $\text{HCOOCH}_3$  و  $\text{CH}_3\text{COOH}$  که یکی ساختار **اسید** و دیگری ساختار **استر** می‌باشد.

✓ **استرها** به دلیل نداشتن هیدروژن متصل به اکسیژن قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی **نیستند**.  
گروه عاملی اسیدها، **کربوکسیلیک اسید** ولی برای استرها، **کربوکسیلات** است.

- مثال ۱ - در مورد دو ترکیب اتانول و اکتانول، کدام گزینه درست است؟
- (۱) واکنش پذیری اوتکتانول از اتانول بیشتر است.
- (۲) در هر دو ترکیب، ۲ جفت الکترون **نایپوندی** وجود دارد.
- (۳) نیروی بین مولکولی در اوتکتانول از نوع **هیدروژنی** و در اتانول از نوع **وان دروالسی** است.
- (۴) در اکتانول، ۲۵ جفت الکترون **پیوندی** و در اتانول ۷ جفت الکترون **پیوندی** وجود دارد.
- گزینه ۱: انحلال پذیری اتانول بیشتر است. گزینه ۳: عکس آن درست است. گزینه ۴: در اوتکتانول ۲۶ و در اتانول، ۸ جفت**

مثال ۲ - کدام مورد، درباره‌ی ترکیب زیر نادرست است؟

(۱) فرمول مولکولی آن،  $C_{20}H_{30}O$  می‌باشد.

(۲) نامحلول در آب است.

(۳) دارای ۳۱ پیوند کووالانسی است.

(۴) عامل هیدروکسیل در آن وجود دارد.

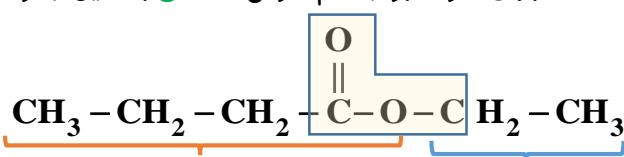
**گزینه ۳ ، تعداد پیوند کووالانسی ۵۰ می‌باشد.**

### استرها :

✓ استرها از مشتقات **کربوکسیلیک اسیدها** هستند که از جایگزین کردن **هیدروژن** گروه کربوکسیل با یک گروه **آلکیل** تشکیل شده‌اند.

✓ **استرها** دسته‌ای از مواد **آلی** هستند که در ساختار خود گروه عاملی استری ( $-COO-$ ) گروه عاملی **کربوکسیلات** دارند.

✓ **استرها** منشأ بوی خوش **شکوفه‌ها**، **گل‌ها**، **عطرها** و نیز بو و طعم **میوه‌ها** هستند. برای نمونه، بو و طعم خوش **آناناس** به دلیل وجود



آلکانوات

آلکیل

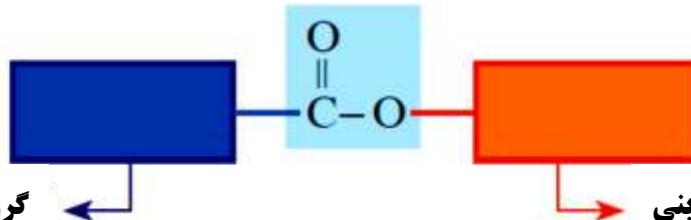


اتیل بوتانوات در آن است.

✓ ساختار کلی استرها به صورت  $\text{RCOOR}'$  است که در آن  $\text{R}$  می‌تواند **H** یا گروه **آلکیل** باشد، اما  $\text{R}'$  حتماً باید گروه **کربن دار** باشد.

با دقت در ساختار مولکول استر در می‌باییم که به گروه عاملی آن **دو بخش** یا دو زنجیر هیدروکربنی متصل است. در یک سوی آن گروه هیدروکربنی به اتم اکسیژن و در سوی دیگر آن به اتم کربن این گروه متصل است.

گروه عاملی استری از واکنش یک **الکل** با یک **کربوکسیلیک اسید** ایجاد می‌شود.



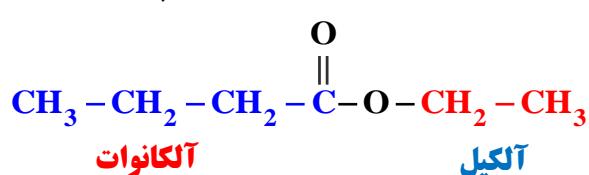
گروه هیدروکربنی یا هیدروژن

گروه هیدروکربنی

### نامگذاری استرها :



✓ برای نامگذاری استرها، آن را به **دو بخش** تقسیم می‌کنیم برای طرف گروه کربونیل ( $\text{R}-\text{C}$ ) شماره کربن را با پسوند «وات» جمع می‌بندیم (بر وزن **آلکانوات**) و طرف اکسیژن ( $\text{OR}'$ ) را بر وزن **آلکیل** (نام گروه هیدروکربنی) می‌نویسیم :

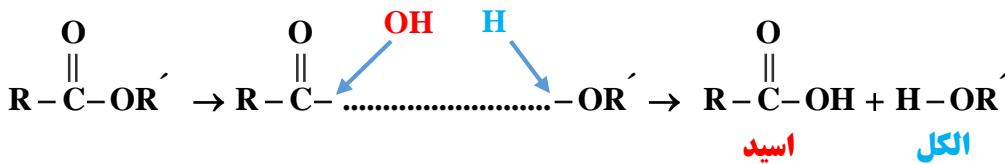


✓ بخش **آلکیل** دو کربن دارد و **اتیل** نامیده می‌شود و بخش **آلکانوات** چهار کربن دارد پس می‌شود **بوتانوات** و در مجموع نام ترکیب **اتیل بوتانوات** خواهد بود.

✓ از نام هر استر باید بتوان **الکل** و **اسید** سازنده آن را مشخص کرد. نام کلی استرها به این صورت است :

**آلکیل آلکانوات** نام **الکل** بر وزن : **آلکانول** نام **اسید** بر وزن : **آلکانوئیک اسید**

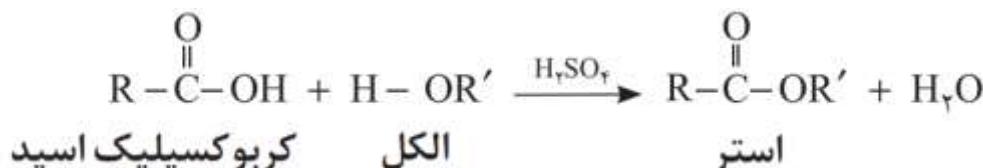
✓ برای به دست آوردن **اسید** و **الکل** سازنده یک استر کافی است بین گروه **کربونیل** و **اکسیژن**، فاصله ایجاد کنیم و گروه **هیدروکسیل** را به **کربونیل** و **هیدروژن** را به **اکسیژن** متصل نماییم.



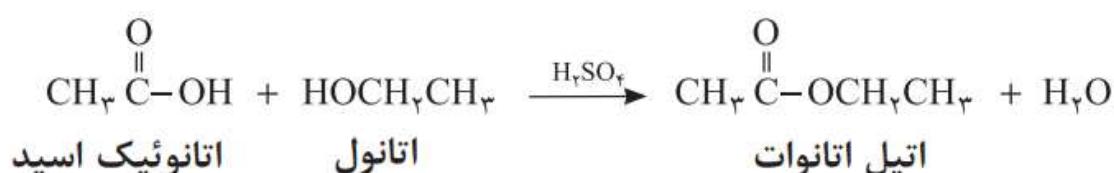
#### و اکنش استری شدن و آبکافت استرها:

- ✓ 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.

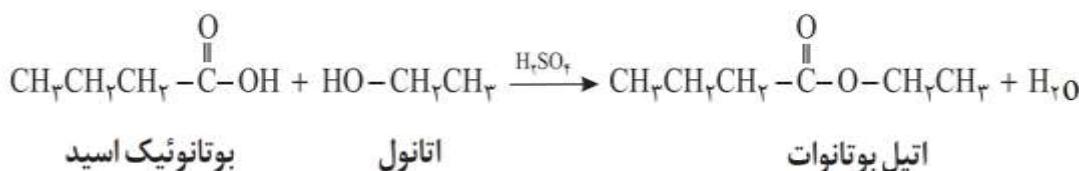
✓ در واکنش، استری شدن **OH** از اسد و **H** از الکل، **آب** تولید می‌کند و فراورده دیگر نیز **استر** است.



**منیار** (؛ از واکنش، افانوئیک اسید (استنک اسید) با اتانول، طبق معادله زیر اتيل افانووات (اتیا، استنات) بدست می‌آید.

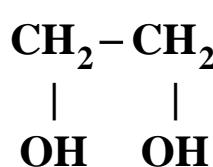


مثال ۲: می‌توان اتيل بوتانولات را در مقیاس صنعتی از واکنش بوتانوئیک اسید و اتانول، تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده کرد.

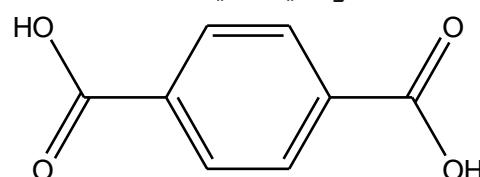


**مثال ۳:** ترفالک اسد و اتیلن گلکول برای تهیه **لی** اتیلن تر فتالات برای تولید **بطری آب** استفاده می شود (PET).

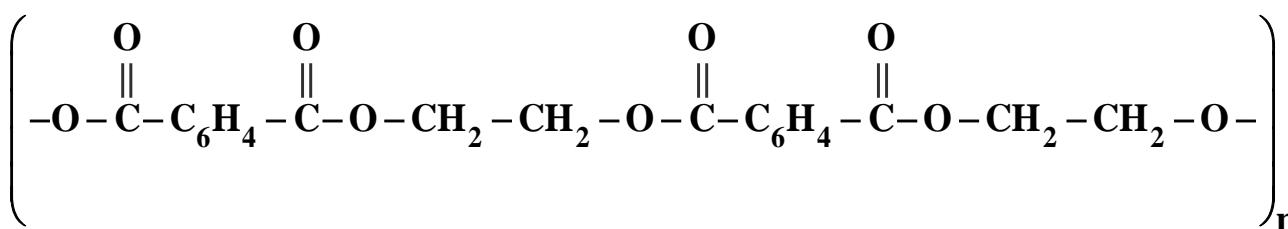
اتلس گلکھل :



فہرست فعالک اسد:



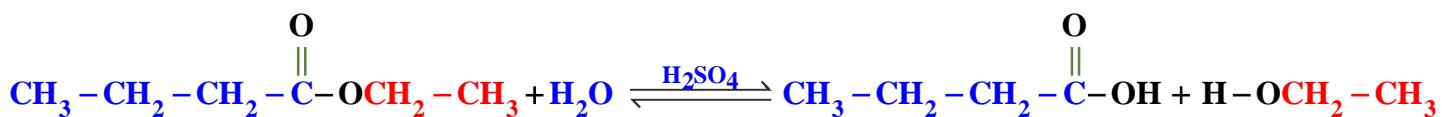
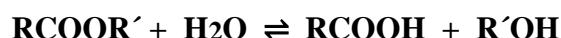
ساختار پلی اتیلن تر فتالات (PET) به صورت زیر در می‌آید:



- می توان با استفاده از **کربوکسیلیک اسیدها** و **الکل های دو عاملی** گوناگون، پلی استر هایی با ساختار متفاوت و گوناگون، تهیه کرد.

✓ آنکافت است ها : با تم جو به اینکه واکنش است ها شد: بصورت و گشت بذد انجام م شود، است ها د شایط مناسب (حضره، اسد،

**رطوبت و گرمایش**) با آب واکنش داده و به **کربوکسیلیک اسید** و **الکل** اولیه تبدیل می‌شوند این واکنش به **آبکافت استرها** معروف است.



### استرهای معروف:

نام استر	فرمول شیمیایی	ساختار استر	الکل سازنده	اسید سازنده	عامل بو در
اتیل بوتانوات	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>		C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	بوتانئیک اسید
متیل بوتانوات	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOCH <sub>3</sub>		CH <sub>3</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	بوتانئیک اسید
پنتیل اتانوات	CH <sub>3</sub> COOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub>		C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	اتانئیک اسید	ماز
اتیل هپتانوات	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>		C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> COOH	هپتانئیک اسید

رمز استرهای معروف: آ-س-م-ان «آناناس - سیب - موز - انگور»

خود را بیازماید: صفحه ۱۱۱ و ۱۱۲ کتاب درسی ویتامین‌ها

✓ قسمت‌های **هیدروکربنی** ترکیبات آلی بخش **ناقطبی** مولکول‌ها را می‌سازند و قسمت **چربی‌دوست** یا **آب‌گریز** می‌باشد.

✓ **گروه‌های عاملی** (در ویتامین‌های زیر، بخش‌های **اکسیژن‌دار**، بخش **قطبی** مولکول هستند و قسمت **آب‌دوست** را تشکیل می‌دهند.

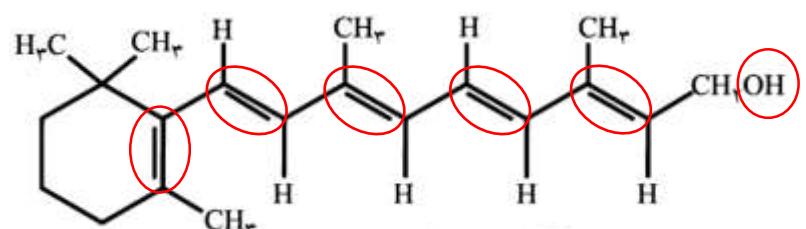
✓ اگر قسمت **قطبی** مولکول بر قسمت **ناقطبی** آن غلبه داشته باشد، ویتامین یا مولکول محلول در **آب** و اگر قسمت **ناقطبی** مولکول بر

قسمت **قطبی** آن غلبه کند، ویتامین یا مولکول محلول در **چربی** است.

✓ رمز گذاری: ویتامین‌های دکه (DAKE) محلول در **چربی** هستند.

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

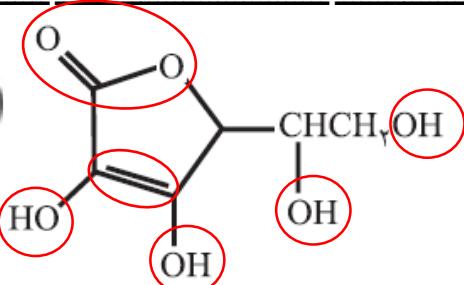
ویتامین آ (A):



✓ فرمول مولکولی آن C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O است.

✓ دارای یک گروه عاملی **هیدروکسیل** (قطبی) بوده اما قسمت عمده آن **هیدروکربنی** بوده و **ناقطبی** است، پس محلول در **چربی** است.

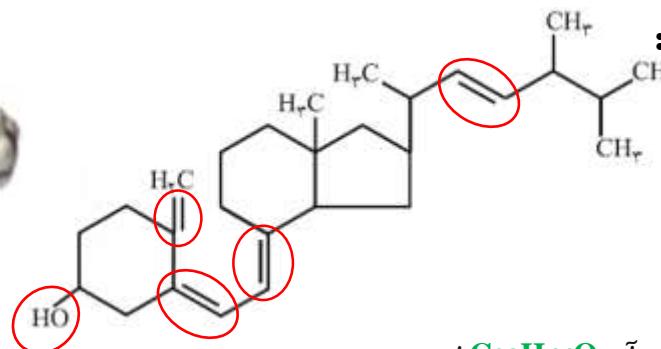
ویتامین ث (C):



✓ فرمول مولکولی آن C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> است.

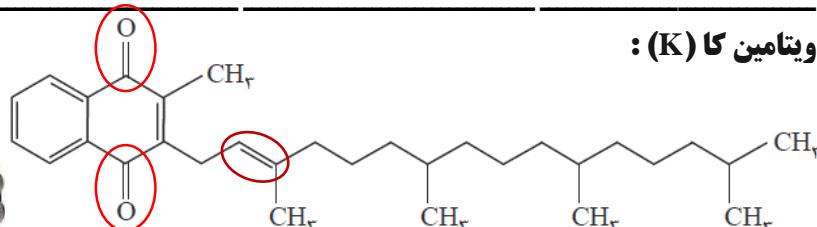
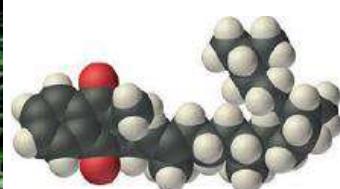
✓ این مولکول دارای ۴ گروه عاملی **هیدروکسیل** و یک گروه عاملی **استری** است (قسمت‌های **قطبی**)، در مقابل سایر قسمت‌های **هیدروکربنی ناقطبی** هستند و به دلیل غلبه قسمت‌های **قطبی بر ناقطبی**، این ویتامین محلول در **آب** است.

## ویتامین دی (D) :



✓ فرمول مولکولی آن  $C_{28}H_{44}O$  است.

✓ دارای یک گروه عاملی هیدروکسیل (قطبی) بوده اما قسمت عمده آن **هیدروکربنی** بوده و **ناقطبی** است، پس محلول در **چربی** است.



✓ فرمول مولکولی آن  $C_{31}H_{46}O_2$  است.

✓ این مولکول دارای ۲ گروه عاملی **کربونیل** (قطبی) و سایر قسمت‌های آن **ناقطبی** است؛ پس محلول در **چربی** است.

(۳) مصرف بیش از اندازه کدام دسته از ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

ویتامین‌هایی مثل ویتامین ث که بخش قطبی بزرگی داشته باشد و در نتیجه در آب محلول باشند مشکلی ایجاد نمی‌کنند زیرا مقدار اضافی این ویتامین‌ها در بدن از طریق ادرار دفع می‌شود.

(۴) گروه‌های عاملی موجود در هر یک از ترکیب‌های بالا را مشخص کنید.

(۵) عبارت زیر را با خط زدن واژه نادرست در هر مورد کامل کنید.

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

✓ فرمول و ساختار برخی از ویتامین‌ها به همراه انحلال‌پذیری آن‌ها در جدول زیر خلاصه شده است.

نام ویتامین	منبع	حلال	فرمول مولکولی	گروه عاملی
ویتامین آ	هویج	چربی	$C_{20}H_{30}O$	الکلی - آلنی
ویتامین ث	پرتوال	آب	$C_6H_8O_6$	استری - الکلی - آلنی
ویتامین دی	چربی ماهی	چربی	$C_{28}H_{44}O$	آلکنی - الکلی
ویتامین کا	انواع کلم	چربی	$C_{31}H_{46}O_2$	بنزنی - کربونیلی - آلنی

صفحه ۱۱۳ کتاب درسی

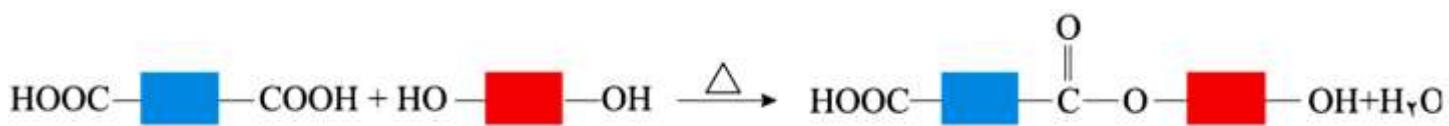
خود را بیازماید :

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

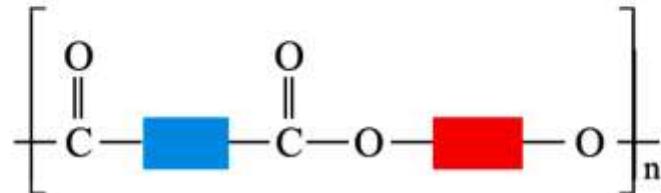
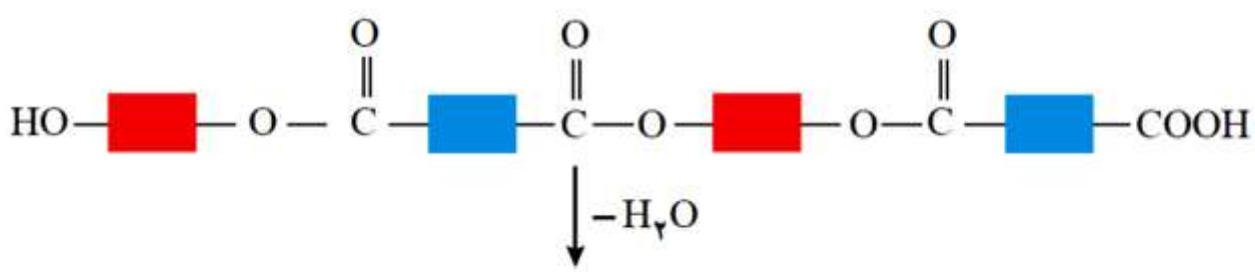
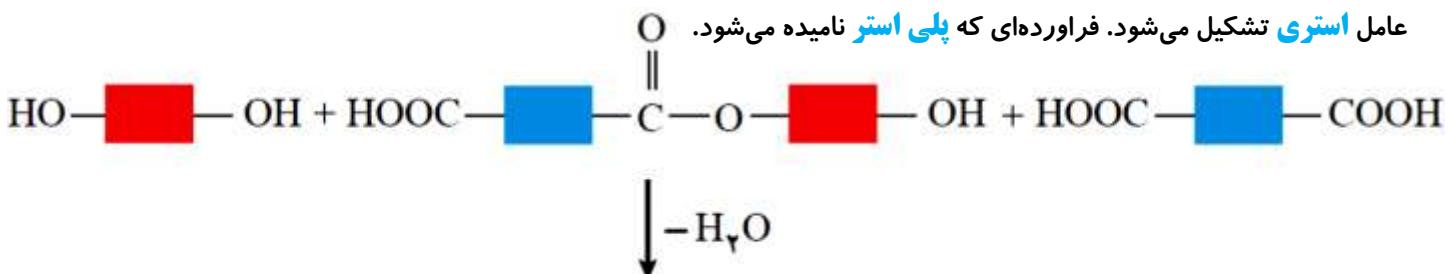
نام میوه	ساختار الکل سازنده	ساختار اسید سازنده	ساختار استر
موز			
سیب	$CH_3OH$		
انکور			

### پلی استرها :

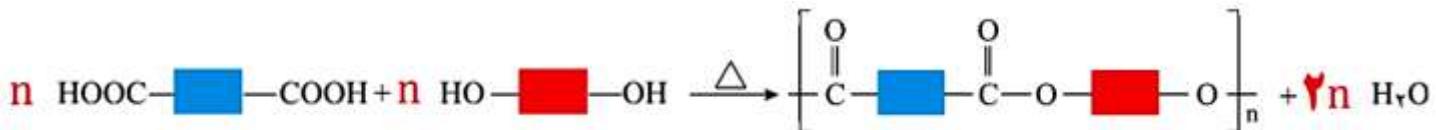
- ✓ نیاز به پوشک بیشتر و با کاربردهای **گستردگی**، شیمی دانها را برای یافتن پلیمرهای جدید تشویق کرد. در طی این تلاش پلیمرهای ساخته شد که علاوه بر **H** و **C** دارای **N** و **O** در ساختار خود بودند. **پلی آمیدها و پلی استرها** از جمله این پلیمرها هستند.
- (ب) **پلیمری شدن تراکمی** : در این نوع پلیمری شدن، با اتصال **مونومرها** به هم علاوه بر پلیمر، مولکولهای **کوچکتری** نیز تشکیل می شود. (مشابه این پلیمر شدن در سنتز آبدهی درس زیست شناسی وجود دارد.)
- ✓ پلی استرها دسته ای از پلیمرها هستند که از اتم های **H** ، **C** و **O** تشکیل شده اند. از این پلیمرها می توان **الیاف**، **فخ** و در نهایت **پارچه** تهیه نمود.
- ✓ با توجه به واکنش **استری شدن**، می توان نتیجه گرفت که از واکنش یک **کربوکسیلیک اسید دو عاملی** با یک **الکل دو عاملی** در شرایط مناسب، یک **پلی استر** تولید می شود. در مرحله **نخست** این واکنش، یکی از گروه های **هیدروکسیل** موجود در **الکل** با یکی از گروه های **کربوکسیل** موجود در **اسید** ترکیب شده و با از دست دادن **آب**، گروه عاملی **استری** را ایجاد می کند. با قیمانده **دو مونومر** نیز به هم متصل می شوند.



✓ در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی **هیدروکسیل** و یک گروه عاملی **کربوکسیل** وجود دارد. این ساختار نوید می دهد که واکنش استری شدن می تواند ادامه پیدا کند، آنچنان که از یک سو با عامل **اسیدی** و از سوی دیگر با عامل **الکلی** در واکنش شرکت می کند. با ادامه این روند مولکولهای بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می دهند و سرانجام مولکولهایی با **زنگیر بلند** و شمار زیادی عامل **استری** تشکیل می شود. فراوردهای که **پلی استر** نامیده می شود.

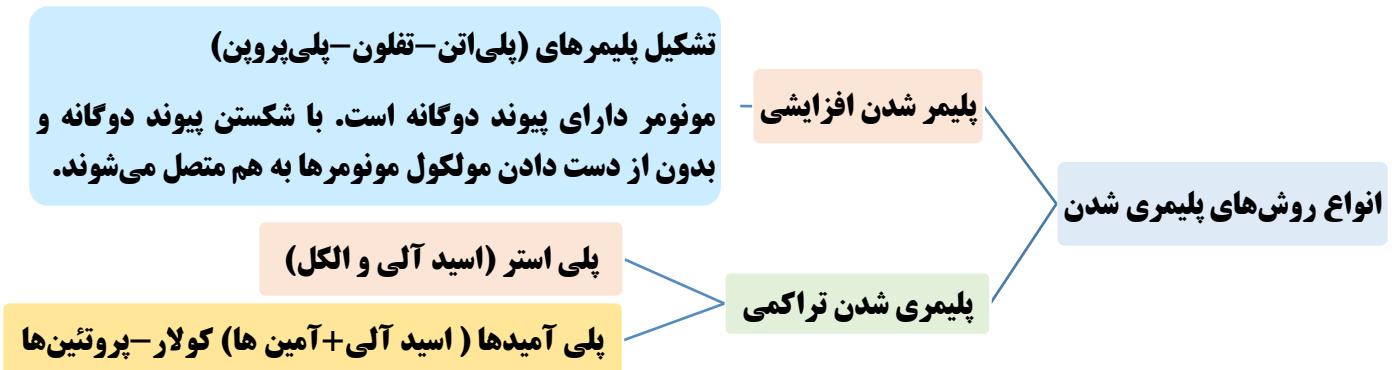


واکنش کلی تشکیل یک پلی استر در زیر آمده است :

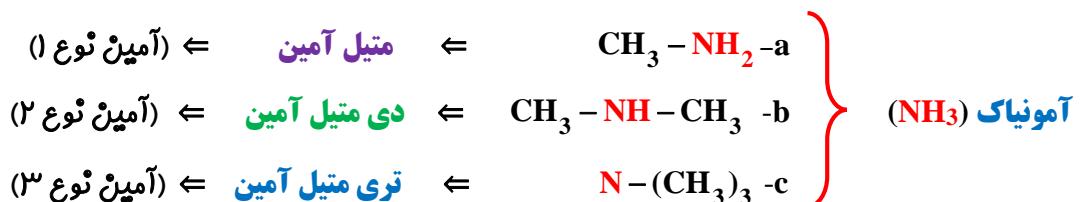


✓ از واکنش **n** مولکول دی اسید و **n** مولکول دی الکل، **2n-1** مولکول **آب** و **2n-1** گروه عاملی **استری** تولید می شود.

- ✓ **رفار و ویژگی‌های مواد به ساختار آنها بستگی دارد؛ بنابراین با کربوکسیلیک اسیدها و الکل‌های دو عاملی گوناگون، پلیاسترها یابند.**
- با ساختار متفاوت تهیه کرد.



- آمین‌ها و آمیدها :**
- ✓ **آمین‌ها** : دسته‌ای از ترکیبات آلی هستند که در ساختار آن‌ها اتم‌های C, N و H وجود دارد. به عبارتی اگر در ساختار آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) به جای اتم‌های **هیدروژن** گروه **آلکیل** (R) قرار دهیم **آمین** حاصل می‌شود.
- ✓ انواع آمین‌ها در صورتی که یک، دو یا سه هیدروژن مولکول آمونیاک با گروه آلکیل جانشین شود به صورت زیر است :



- ✓ برای نام‌گذاری آمین کافیست، نام گروه **هیدروکربنی** را به کلمه **آمین** اضافه نماییم. متیل آمین  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , اتیل آمین  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ ، اگر تعداد گروه‌های هیدروکربنی مشابه، اطراف نیتروژن بیش از یک باشد از پیشوند تعداد به صورت **رومی** استفاده می‌شود.



- ✓ اگر گروه‌های هیدروکربنی متفاوت باشند، **ابتدا** نام گروه‌های هیدروکربنی بر حسب حروف الفبای **لاتین** و سپس کلمه **آمین** آورده می‌شود. مثال : **اتیل، متیل آمین** :
- $$\text{C}_2\text{H}_5 - \underset{\text{CH}_3}{\text{NH}}$$
- ✓ **متیل آمین** ساده‌ترین 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.

#### نحوه تشکیل پلیمرهای پلی‌آمیدی :

- ✓ پلیمرهای **طبیعی** زیادی شناسایی شده است که در ساختار آن‌ها اتم‌های C, H, O و N وجود دارد.
- ✓ **مو، ناخن، پوست بدن** ما همچنین **شاخ حیوانات و پشم گوسفند** نمونه‌ای از این پلیمرهای طبیعی هستند.
- ✓ در این دسته از پلیمرها گروه عاملی **آمید** در طول زنجیر کربنی تکرار شده است.
- $$\left( \text{O} \right. \left. \begin{array}{c} || \\ \text{C} - \text{N} - \end{array} \right)$$
- ✓ به دو طرف گروه عاملی آمیدی می‌تواند گروه‌های **هیدروکربنی** و یا **هیدروژن** متصل باشد.
- ✓ عامل **آمیدی** از واکنش اسید آلی با آمین به دست می‌آید.



✓ در این واکنش، آمین بایستی حداقل یک **هیدروژن** داشته باشد که بتواند با **-OH** اسید، آب تشکیل دهد. (آمین نوع **سوم** نباشد.)

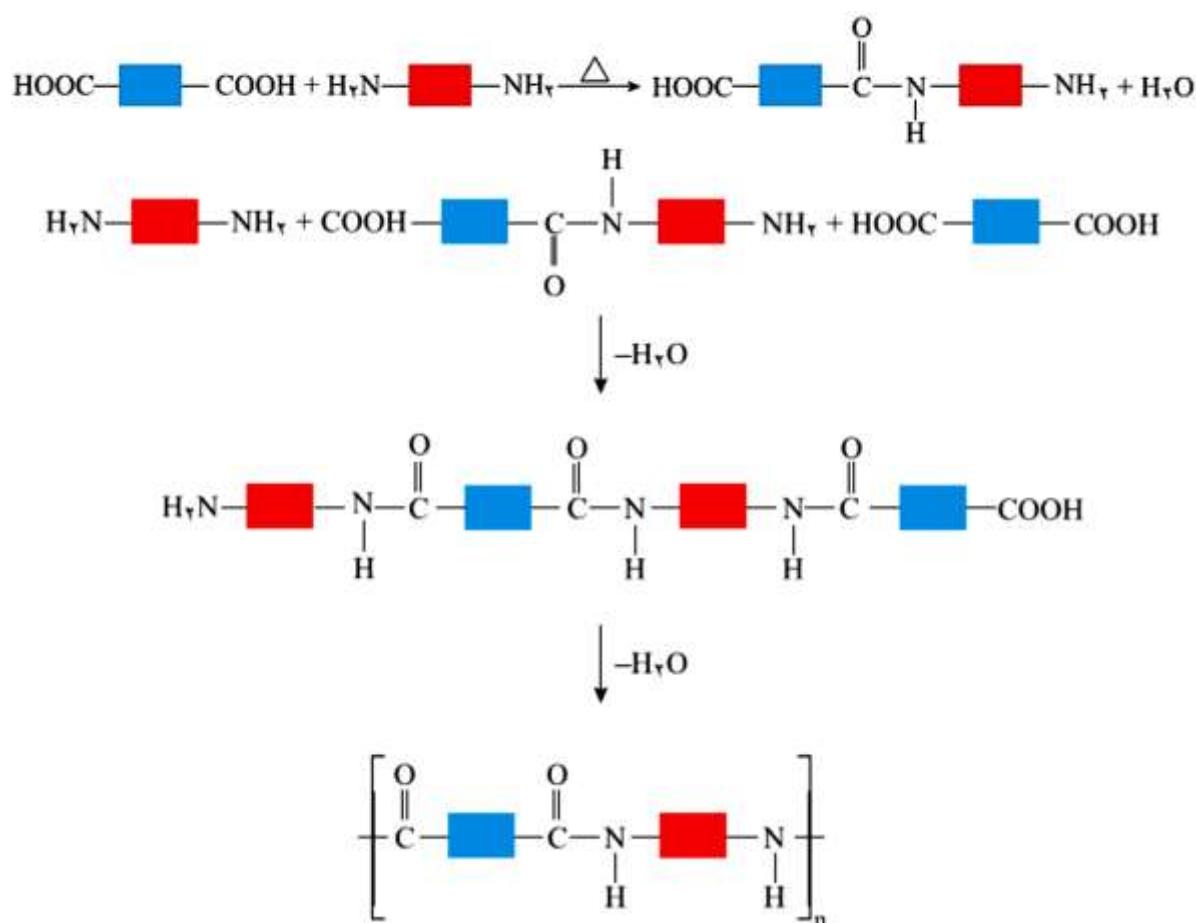


✓ واکنش تولید **پلی آمید** شبیه تولید **پلی استر** است، با این تفاوت که به جای الكل دو عاملی، **آمین دو عاملی** داریم. مانند واکنش تشکیل آمید در اینجا نیز گروه **آمینی اولیه** بایستی حداقل یک **H** متصل به **N** داشته باشد.

✓ از واکنش یک **کربوکسیلیک اسید دو عاملی** با یک آمین **دو عاملی در شرایط مناسب**، یک **پلی آمید** تولید می‌شود.

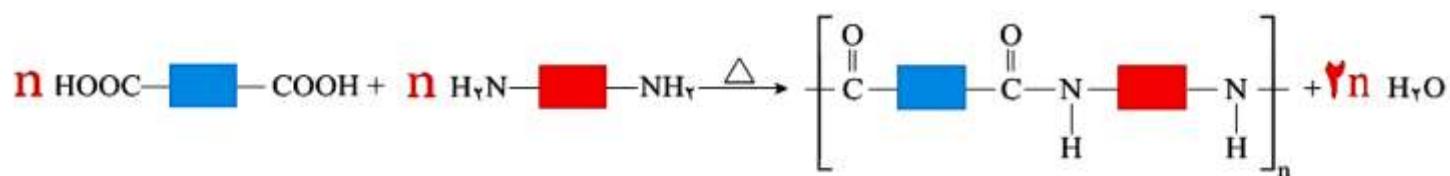
✓ در مرحله نخست این واکنش، یکی از گروههای **NH<sub>2</sub>** موجود در آمین با یکی از گروههای **کربوکسیل** موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن **آب**، گروه عاملی **آمیدی** را ایجاد می‌کند.

✓ در ساختار فراورده همچنان **یک گروه عاملی NH<sub>2</sub>** و **یک گروه عاملی کربوکسیل** وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش آمیدی شدن **ادامه** پیدا می‌کند، به این ترتیب که از یک سو با عامل **اسیدی** و از سوی دیگر با عامل **آمینی** در واکنش شرکت می‌کند.

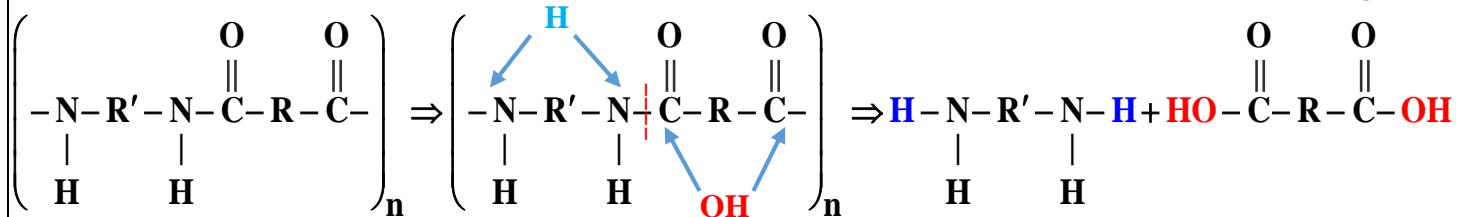


✓ با ادامه واکنش، گروههای آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام **پلی آمید** تولید می‌شود.

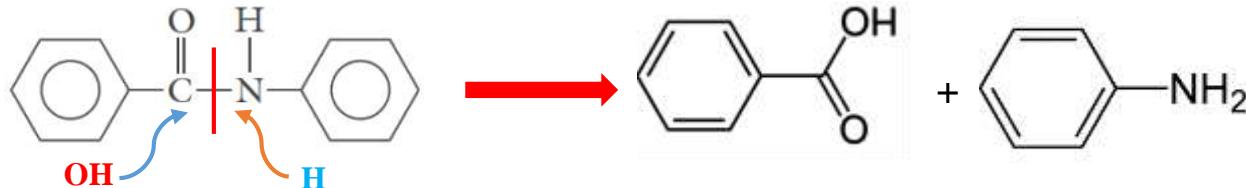
✓ از واکنش **n** مول **دی اسید** و **n** مول **دی آمین**, **2n** مول **آب** تولید می‌شود.



✓ برای بدست آوردن **دی اسید** و **دی آمین** سازنده یک **پلی آمید** کافی است پیوند **C-N** موجود در واحد تکرارشونده را بشکنیم و به نیتروژن‌ها، اتم **H** و به کربن‌ها، گروه **OH** را اضافه کنیم:

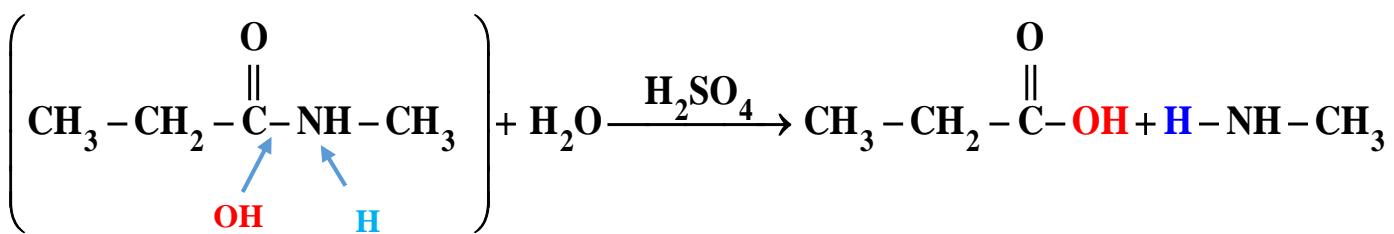


مثال: مونومرهای تشکیل دهنده آمید زیر را بنویسید.

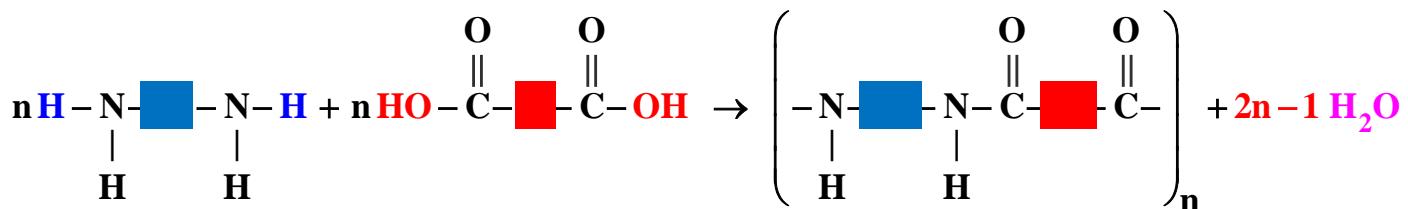


### آبکافت آمیدها:

- ✓ هنگامی که یک ماده با آب واکنش داده و تجزیه می‌شود به این واکنش آبکافت گفته می‌شود.
- ✓ پلی‌آمیدها همانند پلی‌استرها با آب واکنش داده و به مونومرهای سازنده‌شان تجزیه می‌شوند.



- ✓ برای نوشتن فرمول پلی‌آمید حاصل از واکنش دی‌آمین و دی‌اسید کافی است H را از دی‌آمین‌ها و گروه OH را از دی‌اسید‌ها حذف کرده و بقیه مولکول را به هم وصل کنیم.



- ✓ نیروی بین مولکولی در پلی‌آمیدها از نوع پیوند هیدروژنی است، چون در ساختار پلی‌آمید اتم هیدروژنی وجود دارد که به اتم N متصل است. به همین علت پلی‌آمیدها از پلی‌استرها مستحکم‌تر هستند.

پلی‌آمیدهای ساختگی را در صنایع پتروشیمی از واکنش دی‌آمین‌ها با دی‌اسید‌ها تولید می‌کنند.

کوکلار یکی از معروف‌ترین پلی‌آمیدهای است.

کوکلار از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم‌تر است.

- ✓ از کوکلار در تهیه تایر اتومبیل، قایق پاربائی، لباس‌های مخصوص مسابقه موتورسواری و چلیقه‌های ضد گلوه استفاده می‌شود.
- ✓ پوشاک ساخته شده از کوکلار سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است. از این‌رو این پلیمر تاکنون جان میلیون‌ها انسان را در حوادث گوناگون نجات داده است.

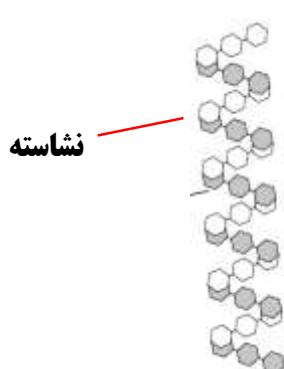


در جدول زیر خلاصه گروههای عاملی آورده شده است :

نام خانواده دارای گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام گروه عاملی	فرمول مولکولی داری بخش هیدروکربنی سیر شده
الکل	-OH	هیدروکسیل	$C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$
اتر	-O-	(اتر)	$C_nH_{2n+2}O$
آلدهید	$O$ -CHO یا $\text{C}=\text{O}-\text{H}$	آلدهیدی	$C_nH_{2n}O$
کتون	$O$ -CO- یا $\text{C}=\text{O}-$	کتونی	$C_nH_{2n}O$
اسید (کربوکسیلیک اسید)	$O$ -COOH یا $\text{C}=\text{O}-\text{OH}$	کربوکسیل	$C_nH_{2n}O_2$
استر	$O$ -COO- یا $\text{C}=\text{O}-\text{O}-$	کربوکسیلات	$C_nH_{2n}O_2$
آمین	-NH-	آمینی	$C_nH_{2n+3}N$
آمید	$O$ $\text{C}=\text{O}-\text{NH}_2$	آمیدی	$C_nH_{2n+1}ON$

### پلیمرها، ماندگار یا تخریبپذیر :

- ✓ نان و سیب زمینی غنی از **نشاسته** است.
- ✓ نشاسته، **پلیساکاریدی** (پلیمری طبیعی) است که از اتصال مولکولهای **گلوکز** به یکدیگر تشکیل شده است. حال اگر نان را برای مدت طولانی تری در دهان خود بجوئید مزه‌ای **شیرین** احساس خواهد کرد.
- ✓ پلیساکاریدها، قندهای پیچیده‌ای هستند که از اتصال مونوساکاریدها (مانند گلوکز) به هم ساخته شده‌اند. سلولز و نشاسته از مهم‌ترین پلیساکاریدها هستند. به همین دلیل ظروف یک بار مصرف را بر پایه نشاسته تولید می‌کنند.
- ✓ شیمی‌دان‌ها بصورت **تجربی** دریافته‌اند که مولکولهای **نشاسته** در محیط مناسب مانند محیط **مرطوب** با **کاتالیزگر** یا محیط **گرم** و **مرطوب** به **آرامی** به مونومرهای سازنده (گلوکز) تجزیه می‌شوند و مزه **شیرین** ایجاد می‌کنند.
- ✓ نشاسته هنگام **گوارش** (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تجزیه آن است که به کمک **آنژیم‌ها** تسريع می‌شود.
- ✓ در تصویر زیر واکنش تجزیه نشاسته و تبدیل آن به مونومرهای سازنده‌اش را مشاهده می‌کنید.



مولکولهای گلوکز

- ✓ هر نوع پوشاش تاریخ مصرفی دارد و پس از مدتی **تار و پود** آنها سست و پوسیده می‌شوند زیرا مولکول‌های پلیمر سازنده آن‌ها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آن‌ها مانند پیوند **استری** یا **آمیدی** شکسته می‌شوند. با شکستن این پیوندها، **استحکام** الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن به سادگی **گستته** می‌شود.

✓ هرچه **آهنگ** شکستن پیوندهای **استری** و **آمیدی** سریع‌تر باشد فرایند **پوسیده شدن** پارچه سریع‌تر رخ می‌دهد.

✓ مواد **زیست‌تخریب‌پذیر** موادی هستند که در **طبیعت** توسط جانداران **ذره‌بینی** به مولکول‌های **ساده** و **کوچک** مانند **کربن‌دی‌اکسید**، **متان**، **آب** و ... تبدیل می‌شوند. پلیمرهای **طبیعی** زیست‌تخریب‌پذیرند.

صفحه ۱۱۷ و ۱۱۸ کتاب درسی

پلی آمیدها و پلی استرها در محیط گرم و مرطوب با آب واکنش می‌دهند و به مونومرهای سازنده تبدیل می‌شوند. با شکستن این پیوندها، استحکام الیاف پارچه کم شده و تار و پود آن‌ها به سادگی گسسته می‌شود.

۲) جرا استفاده به رویه از شوینده‌ها در شستن لباس، ها سبب بوسیده شدن سریع تم آن‌ها می‌شود؟

اسد ها و باز های موجود در شونده ها مانند کاتالیزگر عمل نموده و باعث افزایش سرعت آنکافت می شوند.

۳) اگر لباس‌ها را برای مدت طولانی در محلول آب و شوینده قرار دهید، بوی بد و نافذی پیدا می‌کنند. توضیح دهید چه رخ می‌دهد؟  
به دلیل اتحاد شدن اسد و الكل حاصل از آنکافت بوی بد اتحاد می‌شود.

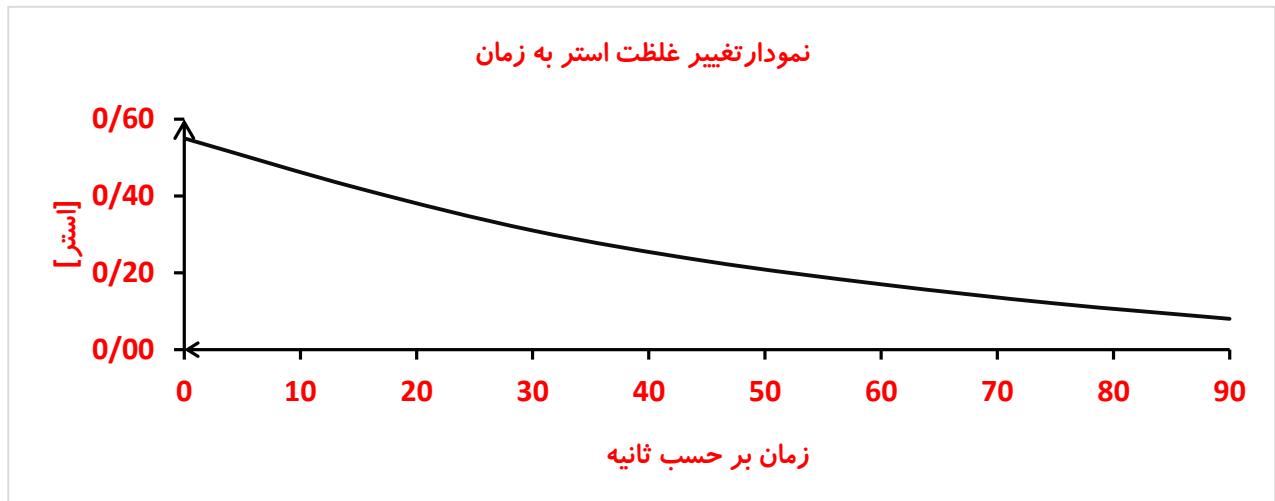
۴) برای شستن تمیزتر لباس‌ها از شوینده‌ها و سفیدکننده‌ها استفاده می‌کنند. اگر سفیدکننده‌ها را به طور مستقیم روی لباس بریزنند، رنگ لباس در محل تماس به سرعت از بین می‌رود. اما اگر سفیدکننده را در آب بریزید سپس لباس را درون محلول فرو ببرید، تغییر محسوسی در رنگ لباس، اتحاد نمی‌شود. چرا؟

**هنگامی که سفیدگننده مستقیماً روی لباس رخته می‌شود به دلیل غلظت بالا سرعت واکنش انعام شده بیشتر است.**

(۵) لباس‌های پلی استری در اثر عوامل محیطی در طول زمان پوسیده می‌شوند. این پوسیده شدن به معنی شکستن پیوندهای استری و سست شدن تار و پود لباس است. جدول زیر داده‌های مربوط به واکنش تجزیه یک نوع استر را در حضور اسید نشان می‌دهد. با توجه به آن به

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

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



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

$$\Delta n = 0 / 31 - 0 / 55 = -0 / 24 \text{ mol} \quad \Rightarrow \quad \bar{R} = -\frac{-0 / 24 \text{ mol}}{30 \text{ L} \cdot \text{s}} = 0 / 008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

پ) سرعت واکنش در کدام بازه زمانی بیشتر است؟ چرا؟ صفر تا ۲۰ ثانیه ۶۰ تا ۷۰ ثانیه

صفر تا ۲۰ ثانیه، در این بازه شب نمودار بیشتر است. در اغلب واکنش‌ها ابتدا که غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است سرعت بیشتر است و با گذشت زمان از غلظت مواد واکنش‌دهنده کاسته شده و در نتیجه سرعت واکنش کم می‌شود.

✓ آهنگ تجزیه پلی‌استر و پلی‌آمید به **ساختار مونومرهای سازنده** بستگی دارد. بنابراین بسته به **جنس لباس**، زمان استفاده از لباس‌ها متفاوت است.

✓ تجزیه پلی‌استرها و پلی‌آمیدها **بسیار کند** است. به همین دلیل لباس‌های تهیه شده از این نوع پارچه‌ها برای مدت‌های **طلانی** قابل استفاده است زیرا **استحکام** خود را حفظ می‌کنند.

✓ پلیمرهای حاصل از **هیدروکربن‌های سیرنشده** مانند پلی‌اتن سنگین و سبک، پلی‌استیرن، پلی‌وینیل کلرید، پلی‌پروپن، تفلون و پلی‌اتیلن ترفتالات تمایلی به انجام واکنش **ذدارند**، از این‌رو پوشک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه **نمی‌شوند** و برای سالیان **طلانی دست‌نخورده** باقی می‌مانند. در واقع پلیمرهای **ماندگارند**.

✓ پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های **سیرنشده** ساختاری شبیه به **آلکان‌ها** دارند و **سیرشده** هستند.

### مشکلات استفاده از پلیموهای ماندگار :

(۱) این مواد به مدت **طلانی** در طبیعت **دست‌نخورده** باقی می‌مانند.

(۲) هر چند استفاده از این پلیمرها صرفة **اقتصادی** دارد، اما از نگاه **پیشرفت پایدار، تولید و استفاده** از این پلیمرها الگوی مصرف مطلوبی نیست. **ماندگاری دراز مدت** پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های **سیرنشده** 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 ... می‌شود که هزینه‌های تحمیل شده به اقتصاد یک جامعه را خیلی بالا می‌برد.

### راهکارهای جلوگیری از کثیف شدن چهره شهرها و محیط زیست توسط پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده :

۱. بازیافت پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده  
۲. جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایه نفتی با پلیمرهای زیست تخریب پذیر

✓ بازیافت این مواد یکی از راهکارهای **عملی** است که به **حفظ و بهره‌برداری بهینه** از منابع منجر خواهد شد.

✓ به منظور **آسان‌سازی** و افزایش **کارایی** بازیافت و افزایش **کیفیت** فراورده‌های حاصل از بازیافت، برای هر پلیمر **نشانه‌ای** در نظر گرفته‌اند که بر روی کالاهای **حک** می‌شود. این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد.

نام پلیمر	پلی‌اتیلن ترفتالات	پلی‌اتن سنگین	پلی‌وینیل کلرید	پلی‌اتن سبک	پلی‌پروپن	پلی‌استیرن
نشانه پلیمر	HDPE	PVC ,or V	LDPE	PP	PS	

(a) پلیمرهای طبیعی مثل نشاسته و سلولز

۱) تخریب پذیر (زیست تخریب پذیر)

(در طبیعت تجزیه می‌شوند.)

(b) پلیمرهای ساختگی مثل پلی‌استرها و پلی‌آمیدها

انواع پلیمرها :

۲) ماندگار (زیست تخریب ناپذیر)

(در طبیعت تجزیه نمی‌شوند.)

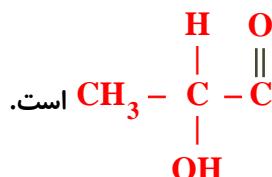
پلیمرهای ساختگی مثل پلیمرهای افزایشی که ساختار آن‌ها

شبیه آلkan‌هاست مانند پلی‌اتن، پلی‌استیرن، پلی‌پروپن و ...



### پلیمر سبز:

- ✓ پلیمرهایی که توسط جانداران **ذره‌بینی** تجزیه می‌شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاها ساخته شده از آن‌ها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند **آب** و **کربن دی اکسید** تبدیل می‌شوند.
- ✓ چنین پلیمرهایی **دوستدار محیط زیست** بوده و به **پلیمرهای سبز** معروف هستند.
- ✓ این پلیمرها را از فراورده‌های کشاورزی مانند **سیب زمینی**, **ذرت** و **نیشکر** تهیه می‌کنند.
- ✓ **پلی‌لاکتیک اسید**، پلیمری است که از فراورده‌های کشاورزی مانند **سیب زمینی**, **ذرت** و **نیشکر** تهیه می‌شود. بطوری که نخست **نشاسته** موجود در این مواد را به **لاکتیک اسید** تبدیل کرده، سپس از واکنش **پلیمری** شدن آن در **شرایط مناسب** به **پلی‌لاکتیک اسید** تبدیل می‌کنند.
- ✓ از **پلی‌لاکتیک اسید** انواع ظرف‌های پلاستیکی یکبار مصرف مانند **وسایل آشپزخانه**, **سفره**, **سطل زباله**, **کیسه پلاستیکی** و ... تولید می‌شود.
- ✓ ظرف‌های پلاستیکی تولید شده از **پلی‌لاکتیک اسید** امکان تبدیل شدن به **کود** را دارند به همین دلیل ردپای **کوچکتری** در محیط زیست بر جای می‌گذارند.



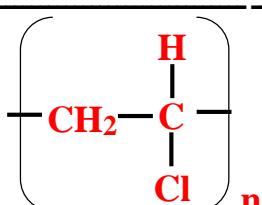
صفحه ۱۲۰ و ۱۲۱ کتاب درسی

تمرین‌های دوره‌ای:

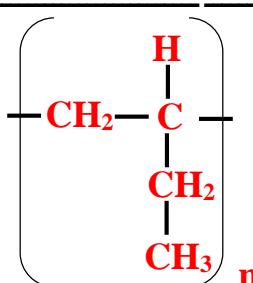
۱) در هر یک از موارد زیر ساختار پلیمر یا مونومر خواسته شده را مشخص کنید.



پلیمر است و مونومر آن پروپن است.

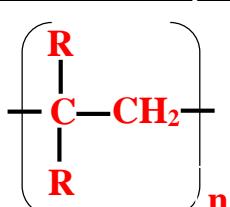


پلیمر است و مونومر آن کلرو اتن است.



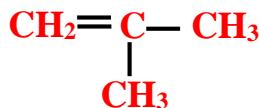
CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>

مونومر است و پلیمر آن به صورت مقابل است.

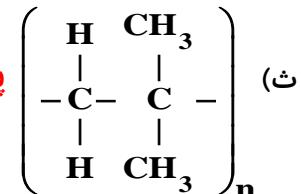


R<sub>2</sub>C=CH<sub>2</sub>

مونومر است و پلیمر آن به صورت مقابل است.



پلیمر است و مونومر آن متیل پروپن است.

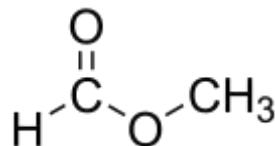


(۲) در شرایط یکسان انحلال پذیری کدام کربوکسیلیک اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟

۱)  $\text{CH}_3\text{-COOH}$

۲)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$

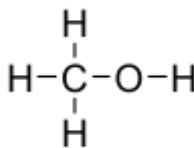
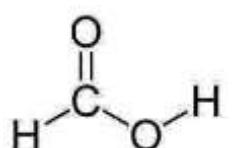
اتانوئیک اسید (ترکیب ۱). زیرا بخش ناقطبی یعنی زنجیره کربنی آن کوچک‌تر است در حالی که در هگزانوئیک اسید (ترکیب ۲) زنجیره کربنی بزرگ‌تر است و نیروهای واندروالسی بر پیوند هیدروژنی غلبه نموده و در آب که دارای پیوند هیدروژنی است حل نمی‌شود.



(۳) برای استری با فرمول  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  :

الف) ساختار آن را رسم کنید.

### متیل متانوات



متانول

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

پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید. **نیروهای بین مولکولی واندروالس از نوع دوقطبی - دوقطبی**

$$M = (2 \times 12) + (4 \times 1) + (2 \times 16) = 60 \text{ g/mol}$$

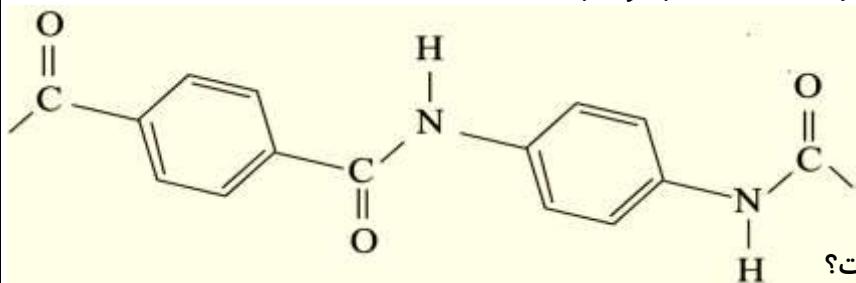
ت) جرم مولی را حساب کنید.

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

اتانوئیک اسید و متیل متانوات با هم ایزومر هستند پس جرم مولی برابری دارند اما در اتانوئیک اسید نیروهای جاذبه از نوع پیوندهای هیدروژنی است و در متیل متانوات از نوع واندروالس. لذا انتظار می‌رود اتانوئیک اسید دمای جوش بالاتری داشته باشد.

**دمای جوش اتانوئیک اسید :  $31.8^\circ\text{C}$**

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



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

**جزو دسته پلی آمیدهایست.**

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

**پیوند هیدروژنی**

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

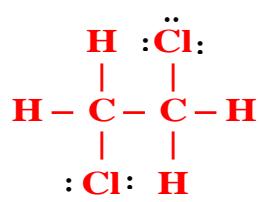
(۱) دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدها      (۲) دی‌الکل‌ها و دی‌اسیدها      (۳) آمین و اسید

**واحد سازنده آن دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدهای است.**

(۵) با توجه به معادله واکنش زیر به پرسش‌های خواسته شده پاسخ دهید :

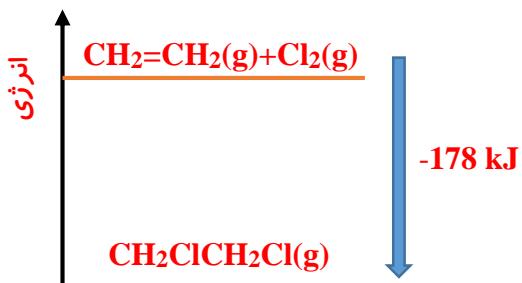


### ۲- دی کلرواتان



الف) ساختار لوویس فراورده (۱-۲- دی کلرواتان) را رسم کنید.

ب) نمودار آنتالپی واکنش را رسم کنید.



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

$$Q = 42 \text{ g C}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4}{28 \text{ g C}_2\text{H}_4} \times \frac{178 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4} = 267 \text{ kJ}$$

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

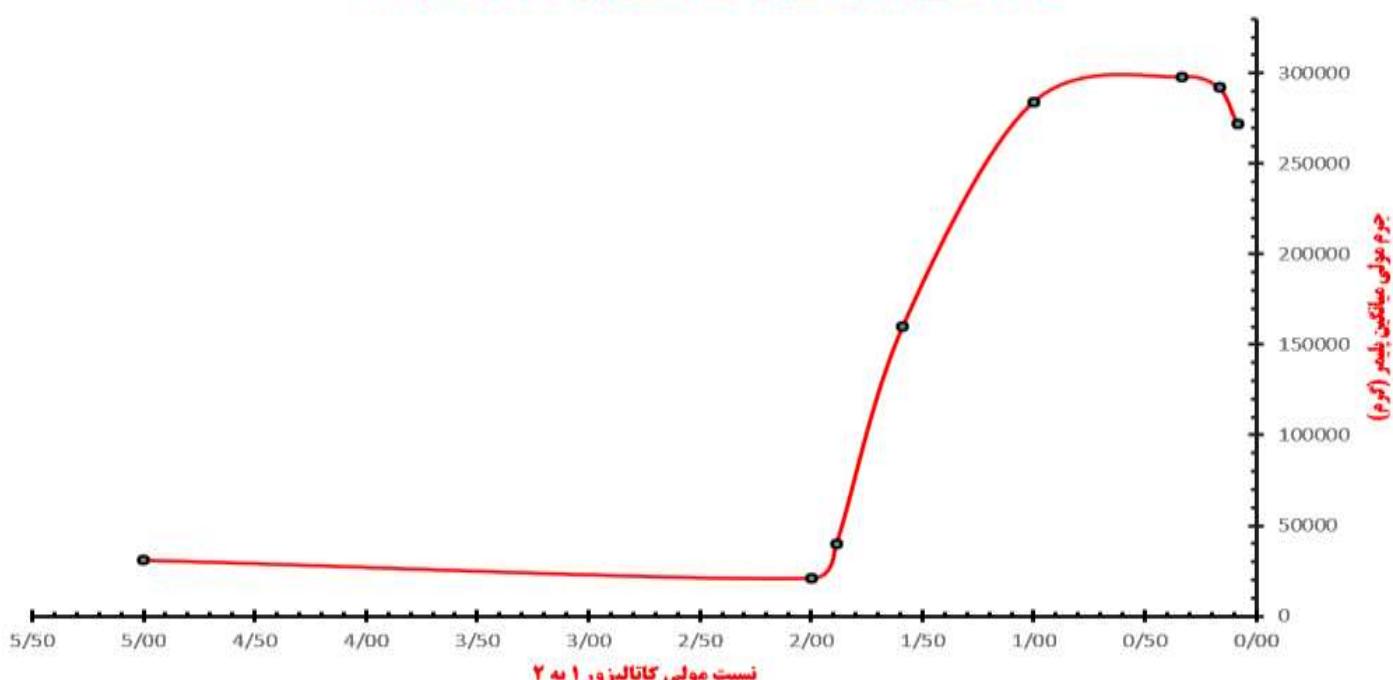
نسبت کاتالیزگر ۱ به ۲	جرم مولی میانگین پلیمر (گرم)	شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی آلومینیم (شماره ۲)	شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی تیتانیم (شماره ۱۵)
۰/۰۸	۲۷۲۰۰	۱۲	۱
۰/۱۷	۲۹۲۰۰	۶	۱
۰/۳۳	۲۹۸۰۰	۳	۱
۱	۲۸۴۰۰	۱	۱
۱/۵۹	۱۶۰۰۰	۰/۶۳	۱
۱/۸۹	۴۰۰۰	۰/۵۳	۱
۲	۲۱۰۰	۰/۵۰	۱
۵	۳۱۰۰	۰/۲۰	۱

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

**اگر نسبت مولی کاتالیزگر ۳ به ۱ برابر سه به یک باشد پلی‌اتن بیشترین جرم مولی را خواهد داشت.**

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

**نمودار تغییر جرم مولی پلیمر بر حسب نسبت مولی کاتالیزگر شماره ۱ به ۲**



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

**در محور ایکس نمودار  $\frac{1}{8} = 0 / 125 = 0.008$  برابر با ۲۸۵ کیلوگرم است.**

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

**گاهی می‌توان از مخلوط کاتالیزگرها کارایی بهتری دریافت نمود و نوع و مقدار کاتالیزگرها اهمیت دارند و باید بهترین شرایط برای تهیه پلیمر را پیدا نمود.**

1 H 1.008	2	<b>Meysam Ahmadvand Chemistry</b>										18 He 4.03						
3 Li 6.94	4 Be 9.01																	
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	13 B 10.80	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc —	44 Ru 101.1	45 Rh 102.90	46 Pd 106.40	47 Ag 107.90	48 Cd 112.40	49 In 114.80	50 Sn 118.70	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30	
55 Cs 132.91	56 Ba 137.3	71 Lu 175	72 Hf 178.5	73 Ta 180.90	74 W 183.80	75 Re 186.20	76 Os 190.2	77 Ir 192.20	78 Pt 195.1	79 Au 197.00	80 Hg 200.60	81 Tl 204.30	82 Pb 207.20	83 Bi 209.00	84 Po (209)	85 As (210)	86 Rn (222)	
87 Fr (223)	88 Ra (226)	103 Lr (262)	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (272)	108 Hs (277)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (277)	113 Nh (284)	114 Fl (289)	115 Mc (288)	116 Lv (293)	117 Ts (296)	118 Og (294)	

57 La 138.90	58 Ce 140.10	59 Pr 140.90	60 Nd 144.20	61 Pm (145)	62 Sm 150.40	63 Eu 152.00	64 Gd 157.30	65 Tb 158.90	66 Dy 162.50	67 Ho 164.90	68 Er 167.30	69 Tm 168.90	70 Yb 173.00
89 Ac (227)	90 Th 232.00	91 Pa 231.00	92 U 238.00	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)

1 $H^+$ هیدروژن $H^-$ هیدرید	2	<b>Meysam_</b> <b>Ahmadvand</b> <b>Chemistry</b>										13	14	15	16	17
$Li^+$ لیتیم												$Al^{3+}$ آلومینیم	$Sn^{2+}$ (II) قلع	$P^{3-}$ فسفید	$S^{2-}$ سولفید	$F^-$ فلوئورید
$Na^+$ سدیم	$Mg^{2+}$ منیزیم															
$K^+$ پتاسیم	$Ca^{2+}$ کلسیم	$Sc^{3+}$ اسکاندیم	$Ti^{2+}$ (II) تیتانیم	$V^{2+}$ (II) وانادیم	$Cr^{2+}$ (II) کروم	$Mn^{2+}$ (II) منگنز	$Fe^{2+}$ (II) آهن	$Co^{2+}$ (II) کالت	$Ni^{2+}$ (II) نیکل	$Cu^+$ (I) مس	$Zn^{2+}$ روی	$Ga^{3+}$ گالیم	$Sn^{4+}$ (IV) قلع	$As^{3-}$ آرسنید	$Se^{2-}$ سلنید	$Br^-$ برمید
$Rb^+$ روبیدیم	$Sr^{2+}$ استرانسیم			$Ti^{4+}$ (IV) تیتانیم	$V^{3+}$ (III) وانادیم	$Cr^{3+}$ (III) کروم	$Mn^{3+}$ (III) منگنز	$Fe^{3+}$ (III) آهن	$Co^{3+}$ (III) کالت	$Ni^{3+}$ (III) نیکل	$Cu^{2+}$ (II) مس	$Cd^{2+}$ کادمیم	$Pb^{2+}$ (II) سرب			$I^-$ یدید
$Cs^+$ سزیم	$Ba^{2+}$ باریم											$Ag^+$ نقره	$Hg^{2+}$ جیوه	$Pb^{4+}$ (IV) سرب		

**یون‌های چند اتمی مهم که باید آن‌ها را حفظ باشیم.**

فسفات	$\text{PO}_4^{3-}$	کلرات	$\text{ClO}_3^-$	نیترات	$\text{NO}_3^-$	هیدروژن فسفات	$\text{HPO}_4^{2-}$
سیانید	$\text{CN}^-$	یون آمونیوم	$\text{NH}_4^+$	نیتریت	$\text{NO}_2^-$	دی هیدروژن فسفات	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$
هیدروکسید	$\text{OH}^-$	کربنات	$\text{CO}_3^{2-}$	سیلیکات	$\text{SiO}_4^{4-}$	هیدروژن سولفات	$\text{HSO}_4^-$
سولفات	$\text{SO}_4^{2-}$	پراکسید	$\text{O}_2^{2-}$	پرمگنات	$\text{MnO}_4^-$	هیدروژن کربنات	$\text{HCO}_3^-$
اگزالات	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	استات (اتانوات)	$\text{CH}_3\text{CO}_2^-$	فرمات(متانوات)	$\text{HCO}_2^-$	بنزووات	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-$