« جزوه کامل شیمی یازدهم »

فصل اول : قدر هدایای زمینی را بدانیم

مباحث عمده فصل : نقش مواد و دانش شیمی در زندگی ، جدول دوره ای و روند تغییر برخی ویژگی 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 **سرپناهی ایمن** و **گرم** برای زندگی خود فراهم سازد.

دانش **شیمی** به ما کمک می‌کند تا :

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

رشد و گسترش تمدن بشری در گروی این موارد است :

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

میثم احمدوند

گسترش فناوری به میزان دسترسی به **مواد مناسب** وابسته است، به طوری که کشف و درک خواص یک مادهٔ جدید پرچم‌دار توسعهٔ 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 رساناها** ساخته می‌شوند و نیز پیشرفت صنعت **هواپیماسازی** ناشی از تولید آلیاژ **آلومینیم** است.

توضیحات بیشتر :

نیمه رسانا ، عنصر یا ماده‌ای است که در حالت عادی عایق باشد، ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیّت هدایت الکتریکی پیدا کند.

نیمه رساناها در لایهٔ ظرفیت خود **چهار** الکترون دارند. میزان مقاومت الکتریکی نیمه رساناها مابین رساناها و نارساناها می‌باشد. از نیمه‌رساناها برای ساخت قطعاتی مانند دیود، آی‌سی و ... استفاده می‌شود. ظهور نیمه رساناها در علم الکترونیک انقلاب عظیمی را در این علم ایجاد کرده که اختراع **رایانه** یکی از دستاوردهای این انقلاب است.

مواد طبیعی : هر ماده‌ای 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 آن‌ها را از مواد موجود در طبیعت می‌سازند. این مواد به شکلی که وجود دارند در طبیعت یافت نمی‌شوند، مانند : ورقهٔ آلومینیمی، پلاستیک، مداد، شمع، شیشه و ... .

تذکر : ساختگی با مصنوعی کمی تفاوت دارد. ساختگی کلاً از اساس در طبیعت نیست، حالت بکر، نو و جدید دارد مثل برخی از عناصر جدول دوره‌ای ولی مصنوعی با کار و تغییر در مواد طبیعی به دست می‌آید یعنی الگوبرداری از طبیعت است. مثل الکل که هم درحالت طبیعی وجود دارد هم به صورت مصنوعی ساخته می‌شود. 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 می‌تواند طبیعی (پشم و کتان) یا مصنوعی (از نفت) تهیه شود.

انسان‌های پیشین فقط از برخی مواد **طبیعی** مانند **چوب**، **سنگ**، **خاک**، **پشم** و **پوست** بهره می‌بردند ، اما با گذشت زمان توانستند موادی مانند **سفال** را تولید و برخی **فلزها** را نیز استخراج کنند که خواص مناسب‌تری داشتند.

روش‌های تغییر و بهبود خواص مواد :

۱. **گرما دادن** (تهیه سفال)

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

خود را بیازمایید ..... ص ۳ و ۴ کتاب

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

بدنه و قسمت های فلزی ← فراوری ← سنگ معدن فلز

تایر و قسمت های پلاستیکی ← فراوری و پالایش ← نفت خام

الف) دربارهٔ این فرایند گفت و گو کنید.

۱- منشاء اجزای این دوچرخه از زمین است .

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

۳- مواد اولیه آن به طور خام قابل استفاده نیستند و باید فراوری شوند.

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

بله در هنگام تولید ورقه های فولادی مواد ناخالص موجود در سنگ معدن و مقداری فلز هنگام برش کاری به پسماند تبدیل می شود و هنگام تولید تایر ، مواد اضافی جهت تمیزکاری و خوش ساخت شدن برش زده می شود که آن ها هم بعنوان پسماند در می آیند.

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

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

چرخه مواد در طبیعت :

هر وسیله مورد استفاده انسان از مواد مختلفی ساخته شده که هرکدام منبعی دارد و این منابع با استخراج و فراوری به موادی تبدیل می شوند که می‌توان از آن ها ابزار ساخت .

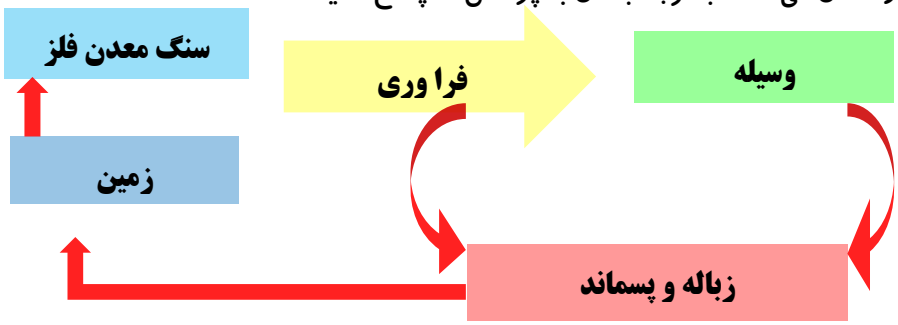
اغلب مواد مورد نیاز انسان در طبیعت به صورت ناخالص وجود دارند که هنگام تهیه آن ها این مواد از ناخالصی ها جدا می‌شوند.

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

در هرمرحله 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 چرخهٔ مواد را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید :



میثم احمدوند

الف) آیا جملهٔ « همهٔ مواد طبیعی و ساختگی از کرهٔ زمین به دست می آیند » درست است؟ توضیح دهید.

بله ، چون مواد طبیعی مانند برخی فلزات که مستقیماً از کره زمین بدست می آیند و موادی مانند الماس و.. و برخی نیز بطور غیر مستقیم از مواد طبیعی ساخته می شوند که منشا آن ها هم زمین است مانند پلاستیک و ... همگی موادی هستند که از کره زمین بدست می آیند.

ب) موادی که از طبیعت به دست می آوریم ، به چه شکلی به طبیعت بازمی گردند؟

پسماند و زباله و برخی به شکل ترکیب شده با اجزای هواکره

پ) آیا به تقریب جرم کل مواد در کرهٔ زمین ثابت می ماند ؟ چرا؟

بله ، زیرا هر چه که از آن استخراج می شود و بطور مستقیم و غیر مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد در آخر بصورت پسماند به خاک و کره زمین بر می گردد و طبق قانون پایستگی جرم مقدار آن ثابت خواهند ماند.

نکته : با وجود قانون پایستگی ، منابع معدنی تجدیدناپذیر هستند زیرا از شکل مواد در دسترس به حالت غیرقابل دسترسی با خواص جدید تبدیل می شوند. مثال : آهن به صورت اکسیدآهن (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.

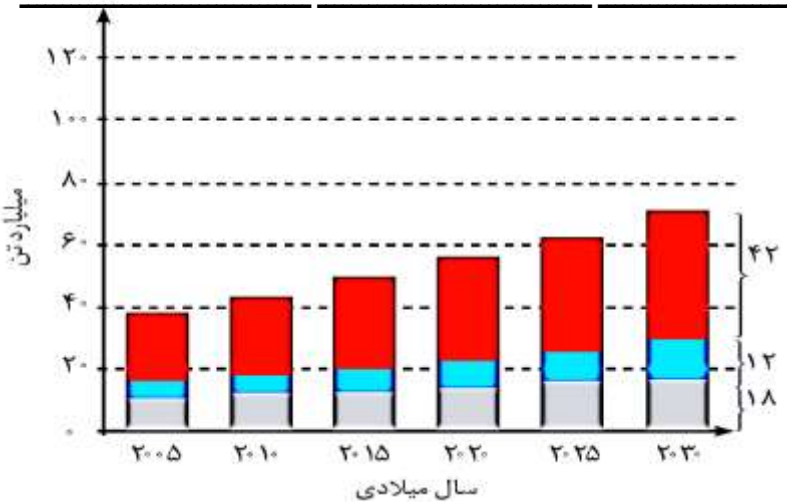
۳- امکان اقتصادی برای برداشت و بهره برداری این منابع وجود دارد.

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

میثم احمدوند

---

۳ نمودار زیر برآورد میزان تولید یا مصرف نسبی برخی مواد را در جهان نشان می دهد.



مواد معدنی

فلزها

سوخت های فسیلی

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) پیش بینی می شود که در سال ۲۰۳۰ به تقریب در مجموع چند میلیارد تن از این مواد استخراج و مصرف شوند؟

در سال **۲۰۳۰** پیش بینی می شود **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 سال های 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) دربارهٔ 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 می گیرند. همچنین با پیشرفت فن آوری و ساخت دستگاه و ابزارهای مدرن ، وابستگی به منابع بیشتر می شود.

برخی از محصولات و توضیحاتی پیرامون موادی که به تولید آن ها 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 **فولاد زنگ نزن** 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 آن ها از کودهای **پتاسیم** ، **نیتروژن** و **فسفردار** استفاده شده است
سوخت خودرو	تبدیل **نفت خام** استخراج شده از **دل زمین** به سوخت خودروها

نکته : براوردها نشان می دهد که هر ساله مصرف مواد **افزایش** می یابد که علت آن ، **پیشرفت صنعت** ، **گسترش شهرها و روستاها** ، **افزایش سطح رفاه در جامعه** و **میزان جمعیت جامعه** می باشد.

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

تأمین نیازهای روزمرهٔ 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 می شود.

نکته : پراکندگی منابع و میزان مصرف منابع شیمیایی گوناگون می تواند 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 می توانند با **بررسی دقیق اطلاعات** و **یافته های موجود دربارهٔ مواد** و **پدیده های 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 دان ها : شیمی دان ها با ① **مشاهدهٔ مواد** و انجام ② **آزمایش های گوناگون** ، آنها را **دقیق** بررسی می کنند. هدف همهٔ این بررسی ها ، **یافتن اطلاعات بیشتر** و **دقیق تر** دربارهٔ **ویژگی ها** و **خواص** مواد است.

برقراری ارتباط میان این داده ها و اطلاعات ، همچنین **یافتن الگوها** و **روندها** گامی مهم تر و مؤثرتر در **پیشرفت علم** به شمار می آید زیرا بر اساس این **روندها** ، **الگوها** و **روابط** می توان به رمز و راز هستی پی برد.

نکته : علم شیمی را می توان مطالعهٔ ① **هدف دار** ، ② **منظم** و ③ **هوشمندانهٔ** 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 جامعهٔ 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 بی نظیر از **چیدمان** عنصرها بوده و همانند یک **نقشه ی راه** برای شیمی دان هاست که به آنها کمک می کند حجم انبوهی از **مشاهدات** را **سازماندهی** و **تجزیه** و **تحلیل** کنند تا الگوهای **پنهان** در رفتار عنصرها را آشکار نمایند.

نکته : عناصر بر اساس دو اصل در جدول چیده شده اند : ① بر اساس بنیادی ترین ویژگی آنها یعنی **عدد اتمی** ، (Z) چیده شده اند. ② در این جدول ، عنصرهایی که **آرایش الکترونی** لایهٔ ظرفیت اتم آنها **مشابه** است، در یک **گروه** جای گرفته اند.

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 پیش بینی **خواص** و **رفتار** آن خواهد کرد.

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

نکته : با بررسی ① **رفتارهای شیمیایی** و ② **خواص فیزیکی** عناصر می توان ضمن ① **دسته بندی عنصرها** ، به **روندها** و ② **الگوهای** موجود در خواص آنها پی برد.

تذکر مهم : ویژگی هایی که برای **فلزات** و **نافلزات** ذکر می شود ممکن است در برخی عناصر دیده **نشود** ، مثلاً **بریلیم** تمایل چندانی به از دست دادن الکترون **ندارد** و یا **کروم** [redacted] است و یا **الماس** (**نافلز**) رسانای بسیار خوبی برای **گرماست**.

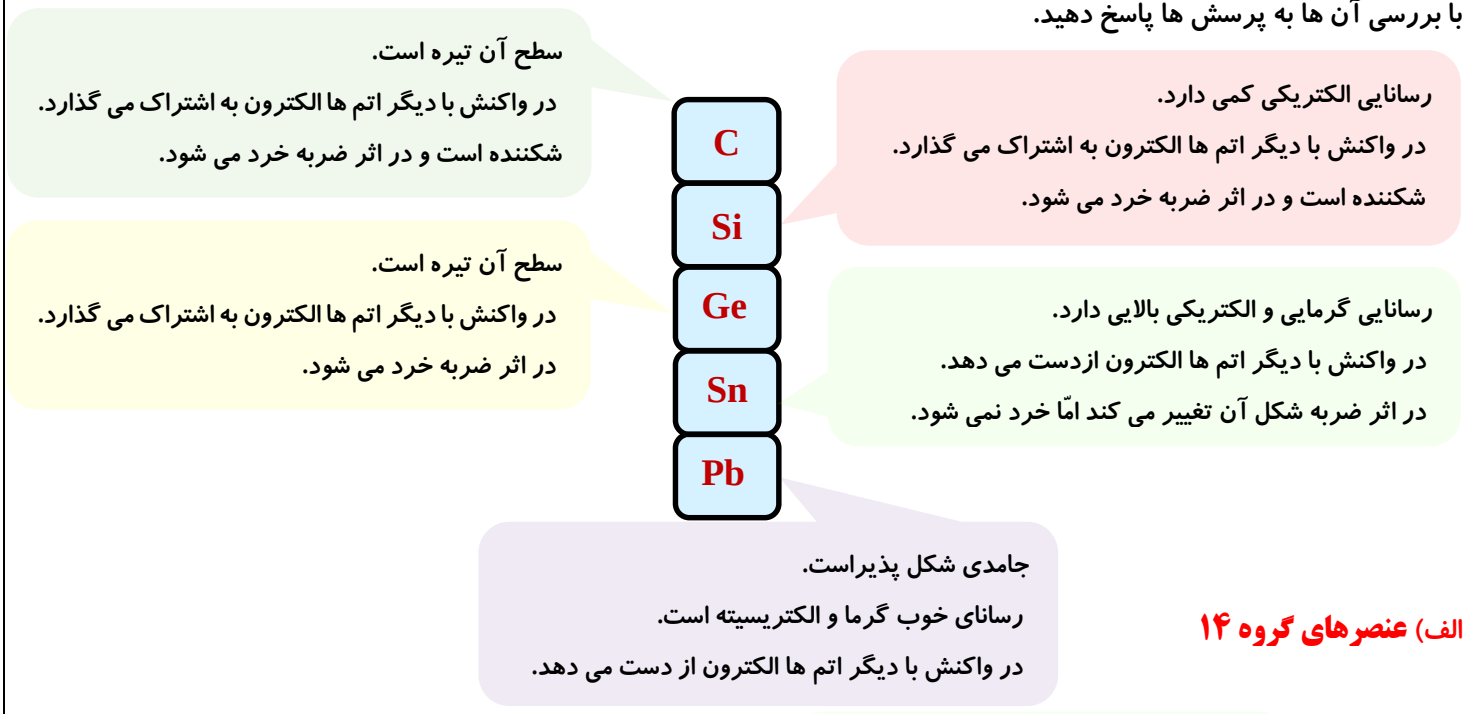
نکته : عنصرهای جدول دوره ای را بر اساس رفتار آنها می توان در سه دسته شامل **فلز** ، **نافلز** و **شبه فلز** جای داد.

میثم احمدوند

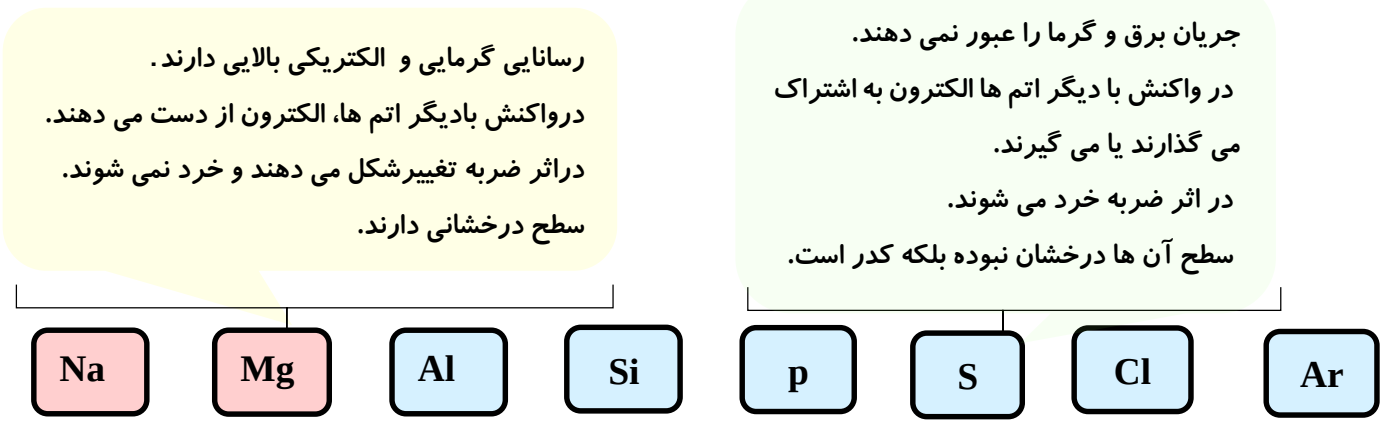
با هم بیندیشیم ص ۷ و ۸ و ۹ کتاب

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.

الف) عنصرهای گروه ۱۴



ب) عنصرهای دوره سوم



میثم احمدوند

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. نتیجهٔ مقایسهٔ 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 صفحهٔ 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.

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

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 دورهٔ 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 جدول دوره ای خصلت فلزی بیشتری دارد. **سزیم**

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

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

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

میثم احمدوند

خاصیت فلزی :

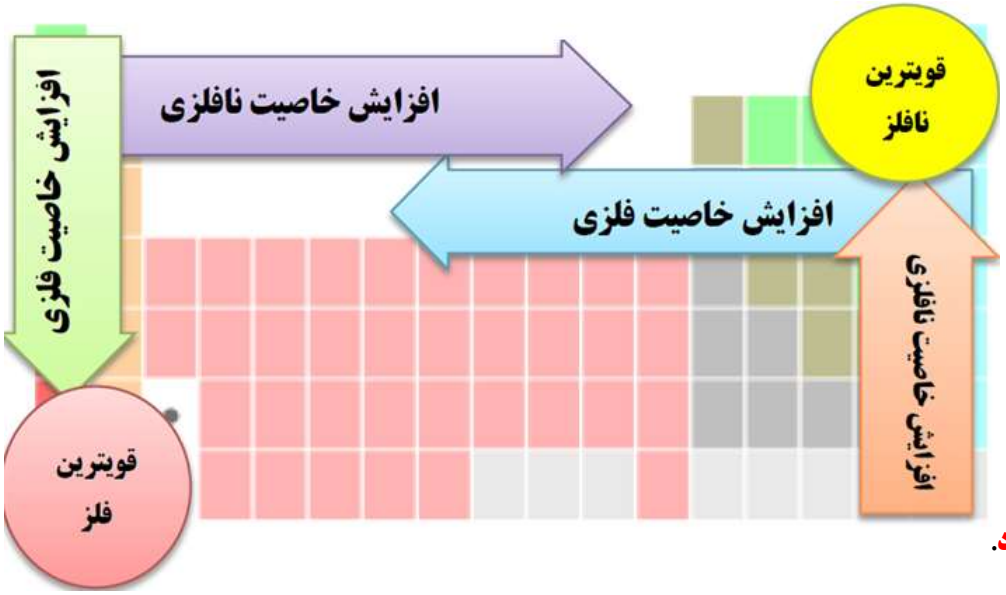
فلزات خواص فیزیکی مانند **رسانایی الکتریکی** و **گرمایی بالا** ، **چکالی زیاد** ، **درخشش فلزی** ، **جلا پذیری** ، **خاصیت مفتول** و **ورقه شدن** ، **شکل پذیری** و **چکش خواری** (پهن شدن در اثر ضربه) را دارند در واکنش های **شیمیایی** با دیگر اتم ها **الکترون از دست می دهند.**

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** می‌شود که به قانون دوره‌ای عنصرها معروف است. مثال : در یک دوره خواص **فلزی** کاهش و نافلزی **افزایش** می‌یابد و این روند در همه دوره‌های جدول دوره‌ای **تکرار** می‌شود.



همانطور که در جدول مشاهده می شود :

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

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

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

خاصیت نافلزی :

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

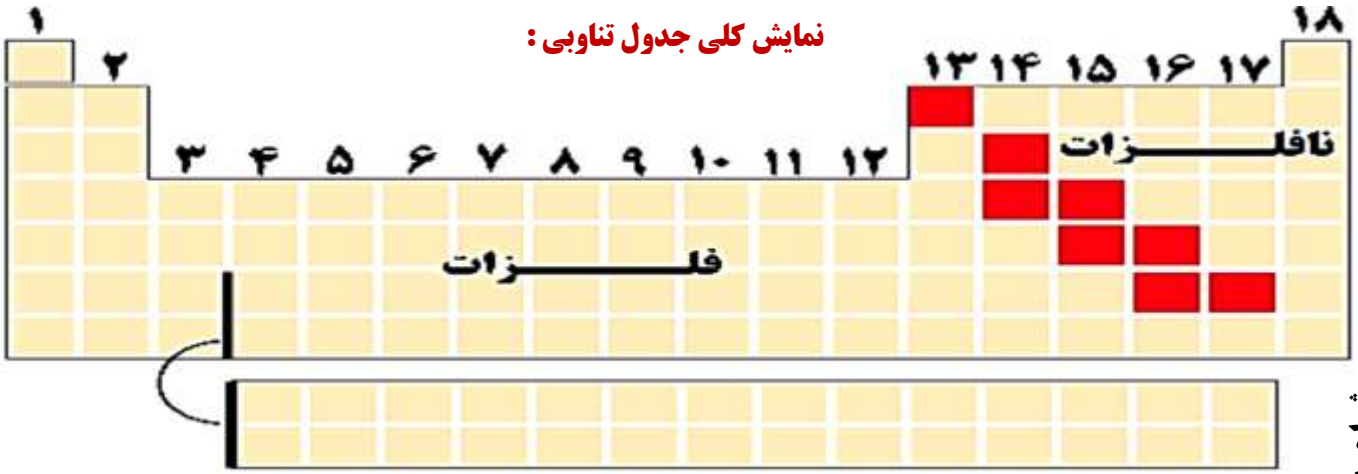
نکته : **نافلزات** بطور عمده در سمت **راست** و **بالای** جدول هستند. (**هیدروژن** در سمت **چپ** و **بالای** جدول قرار دارد.)

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 **قلیایی** و واکنش پذیرترین **نافلزات** جدول ، **هالوژن ها** و **واکنش ناپذیرترین** 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.

نمایش کلی جدول تناوبی :



خاصیت شبه فلزی :

شبه فلزها همانند **مرزی** بین **فلزها** و **نافلزها** قرار دارند. عناصری که خواص **فیزیکی** آن ها بیشتر به **فلزها** شبیه بوده درحالی که رفتار **شیمیایی** آن ها همانند **نافلزها است** و در واکنش های شیمیایی تمایل دارند الکترون به **اشتراک** بگذارند.

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

رمز شبه فلزات : « بسیجی از سربازان خوش تیپ است.»

B Si Ge As Sb Te Po At

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

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

مقایسه کلی ویژگی های فلزات ، نافلزات و شبه فلزات

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

بررسی شکل :

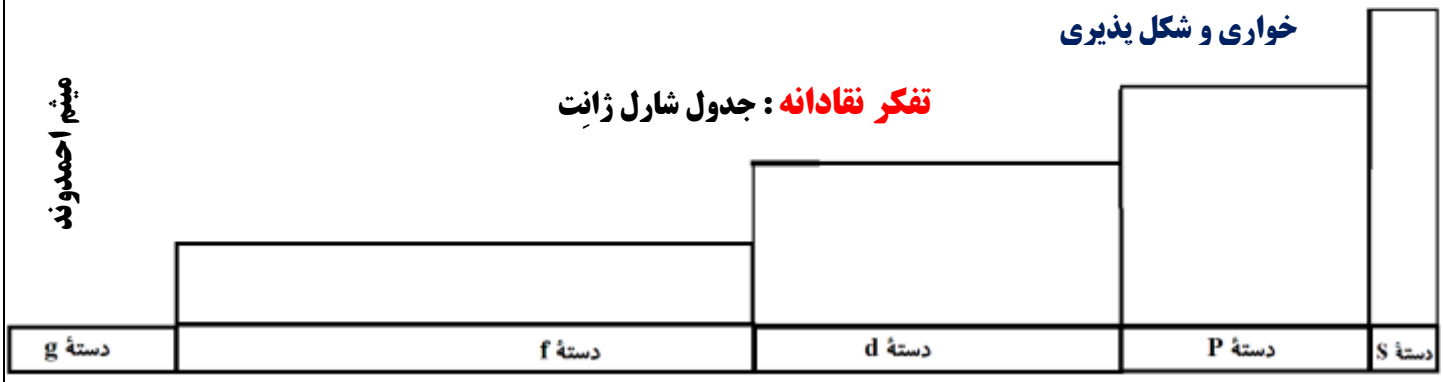
جلا و درخشندگی و چکش خواری و شکل پذیری

استحکام و مقاومت و شکل پذیری

رسانایی الکتریکی و گرمایی

تفکر نقادانه : جدول شارل ژانِت

میثم احمدوند



چند نکته در مورد جدول ژانت :

۱. در هر ردیف این جدول عناصری قرار دارند که زیرلایه هایی با اعداد کوانتومی $n + l$ 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 کوانتومی اتم همخوانی دارد.

۷. برای عناصر تا عدد اتمی ۱۲۰ شامل ۳۲ گروه و ۸ دوره است.

۸. ژانت جدول تناوبی خود را از 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 زیرلایهٔ 1S یک دوره تمام می شود و در دورهٔ بعدی زیرلایهٔ 2S پر می شود؛ در تناوب سوم زیرلایهٔ 2P به همراه 3S قرار می گیرد، در تناوب چهارم زیرلایهٔ 3P به همراه 4S قرار می گیرد (مشابه با پر شدن زیرلایه ها درآرایش 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

رفتار عنصرها و شعاع اتم :

نکته : خاصیت شیمیایی امری **کلی** و **قابل پیش بینی** است ولی **فعالیت** شیمیایی امری **جزئی** و **قابل مشاهده** است. مثلاً **همهٔ** 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 : رفتارهای **فیزیکی** فلزها شامل داشتن **جلا** ، **رسانایی الکتریکی** و **گرمایی** ، خاصیت **چکش خواری** ، **شکل پذیری** (مانند قابلیت ورقه یا مفتول شدن) و ... است. درحالی که رفتار **شیمیایی** فلزها به میزان توانایی اتم آن ها به **از دست دادن الکترون** وابسته است ، هرچه یک اتم فلزی در شرایط معیّن **آسان تر** الکترون از دست بدهد ، خصلت فلزی **بیشتری** دارد و **فعالیت** شیمیایی آن **بیشتر** 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 رسند .

نکته : عناصر گروه **اول** ، **دوم** و **سیزدهم** به ترتیب یک ، دو و سه الکترون باید ازدست بدهند بدیهی 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 ازدست بدهند که بسیار مشکل است پس پیوند **اشتراکی** می دهند.

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

نکته : روندهای تناوبی در جدول بر اساس **کمیت‌های 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 درحال حرکت اند. بنابراین می توان برای هر اتم **شعاعی** در نظر گرفت و آن را **اندازه گیری** کرد که البته تعیین اندازهٔ اتم همانند جرم آن **بسیار دشوار** است.

نکته : شعاع اتم های مختلف ، یکسان نیست و هرچه شعاع یک اتم بزرگ تر باشد ، اندازهٔ آن اتم نیز بزرگ تر است.

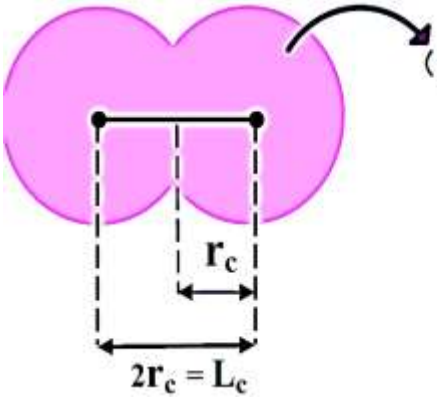
مقایسهٔ نسبی شعاع اتمی **لیتیم** (الف) و **پتاسیم** (ب).

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

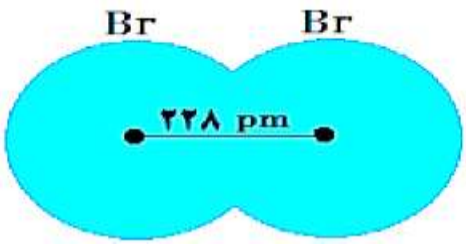
حالت اول : اندازه گیری **شعاع کووالانسی**

شعاع کووالانسی (r_c): نصف فاصلهٔ بین مراکز دو اتم یکسان (جورهسته) در یک پیوند کووالانسی را **شعاع کووالانسی** می نامند و آن را با واحد پیکومتر ($1\ pm = 10^{-12}\ m$) اندازه گیری می کنند .

توجه : به فاصلهٔ **تعادلی** میان هسته های دو اتم درگیر در پیوند ، **طول پیوند** (Lc) می گویند .



جور هسته (دو اتم یکسان)



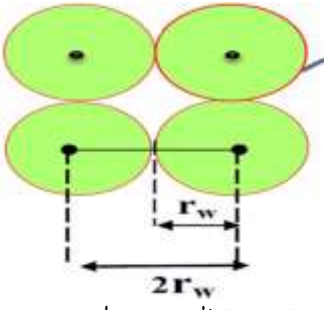
$$r_c = \frac{L_C}{2}$$

مثال : $\text{شعاع اتم برم} = \frac{228}{2} = ۱۱۴\ pm$

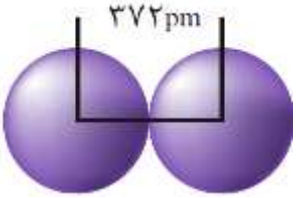
نکته : شعاع **همهٔ** اتم ها با روش گفته شده قابل اندازه گیری **نیست** ، زیرا برخی اتم ها مانند گازهای نجیب ترکیب کووالانسی تشکیل نمی دهند یا مولکول دو اتمی ندارند ؛ در نتیجه شعاع این گونه اتم ها به حالت دوم اندازه گیری می شود.

حالت دوم : اندازه گیری شعاع **واندروالسی**

شعاع واندروالسی(r_w) : نصف فاصلهٔ بین مراکز دو اتم یکسان و مماس بر هم در بلور یک عنصر را شعاع واندروالسی آن اتم می نامند.



جور هسته (دو اتم یکسان)



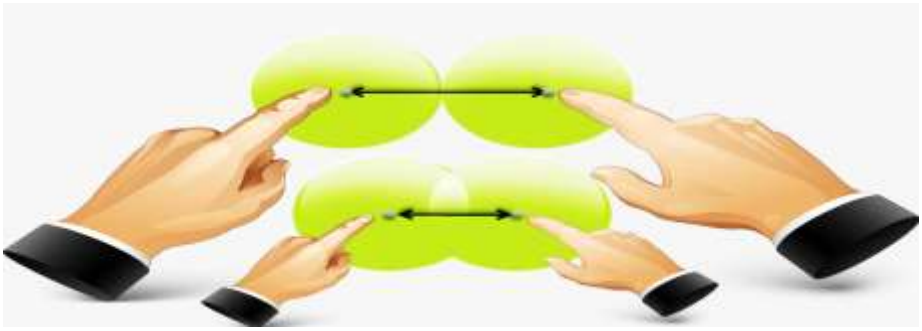
$$r_w = \frac{L_w}{2}$$

میثم احمدوند

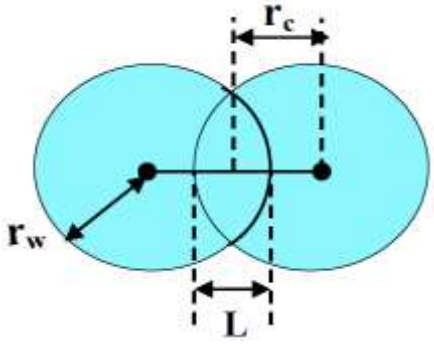
برای نمونه شعاع اتم سدیم برابر با ۱۸۶ پیکومتر است.

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

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 ($\frac{L}{2}$) ازشعاع **کووالانسی** آن ، **بزرگتر** می باشد.



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

میثم احمدوند

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

مثال : طول پیوند $H-H$ ، ۷۵ پیکومتر و $Br-Br$ ، ۲۲۹ پیکومتر است طول پیوند $Br-H$ را به دست آورید.

$$\text{طول پیوند} = \frac{75}{2} + \frac{229}{2} = \frac{304}{2} = ۱۵۲\ pm$$

با هم بیندیشیم ص ۱۲ کتاب

۱) با توجه به جایگاه عنصرهای 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.

---

۲) 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. هرچه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد ، واکنش شیمیایی سریع‌تر و شدیدتر بوده و واکنش دهنده فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

---

۳) به نظر شما آیا جملهٔ « 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.

نماد شیمیایی	آرایش الکترونی فشرده	نماد آخرین زیرلایه	تعداد لایه‌های الکترونی در اتم	شعاع اتمی (pm)
۳Li	$[_2He]\ 2S^1$	$2S^1$	۲	۱۵۲
۱۱Na	$[_{10}Ne]\ 3S^1$	$3S^1$	۳	۱۸۶
۱۹K	$[_{18}Ar]\ 4S^1$	$4S^1$	۴	۲۳۱
۳۷Rb	$[_{36}Kr]\ 5S^1$	$5S^1$	۵	۲۴۴
۵۵Cs	$[_{54}Xe]\ 6S^1$	$6S^1$	۶	۲۶۲

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

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

$_{19}K$: $[_{18}Ar]\ 4S^1$ — **چهار لایهٔ الکترونی**

$_{11}Na$: $[_{10}Ne]\ 3S^1$ — **سه لایهٔ الکترونی**

---

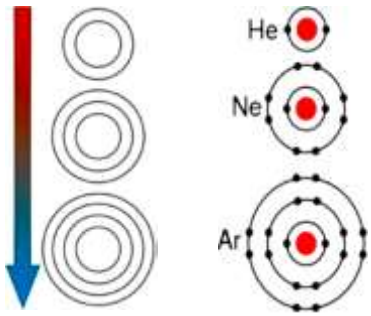
۵) با توجه به جدول زیر ، پیش بینی کنید اتم کدام یک از فلزهای گروه دوم (فلزهای قلیایی خاکی) جدول دوره ای در واکنش با نافلزها ، آسان تر به کاتیون M^{2+} تبدیل می شود. چرا؟

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

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

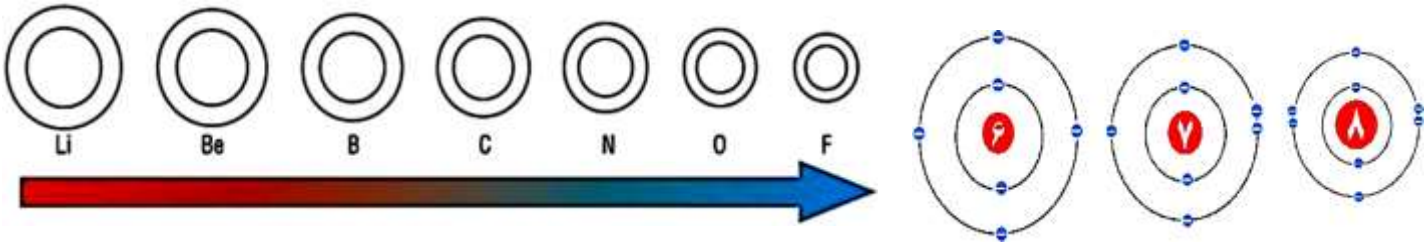
روند تغییر ات شعاع اتمی در گروه و تناوب

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



میثم احمدوند

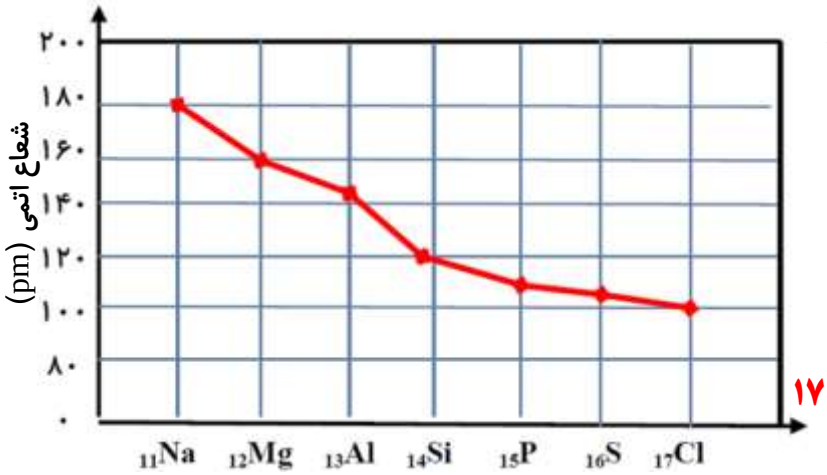
در یک **تناوب** : از چپ به راست شعاع اتمی **کاهش** می یابد ، زیرا تعداد لایه های الکترونی **ثابت** می ماند در حالی که تعداد **پروتون های هسته** **افزایش** می یابد. با افزایش تعداد پروتون ها ، نیروی جاذبه ای که هسته به الکترون ها وارد می کند ، **افزایش** یافته و بدین ترتیب شعاع **کاهش** می یابد.



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 : شیب تغییر شعاع در این نمودارها یکسان **نیست** چون از گروه دوم به بعد زیر لایهٔ p درحال پر شدن هست و اثر پوششی الکترون های زیر لایهٔ p و S یکسان نیست.

نکته : تفاوت شعاع اتمی (طبق شیب 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** **کمتر** از تفاوت شعاع اتمی بین عناصر دیگر گروه می باشد :

$$S\text{-}Cl < P\text{-}S < Si\text{-}P < Mg\text{-}Al < Al\text{-}Si < Na\text{-}Mg$$

نکته : کاهش **شـــدید** اندازه شعاع را باید به بالا بودن سطح تراز S لایهٔ 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 تر** 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 (ایزوالکترون) 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 همهٔ یون ها ۱۰ الکترون دارند) :

$$_{13}Al^{3+} < {}_{12}Mg^{2+} < {}_{11}Na^{+} < {}_{10}Ne < {}_{8}O^{2-} < {}_{7}N^{3-}$$

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

۱- با از دست دادن الکترون های لایهٔ ظرفیت یک لایهٔ الکترونی **کاهش** می یابد.

۲- تعداد پروتون ها **بیشـــتر** از الکترون ها و در مجموع بار هسته **بیشـــتر** 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.

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

۱- با کسب الکترون میان الکترون ها در لایهٔ 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 **کـم تـر** 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.

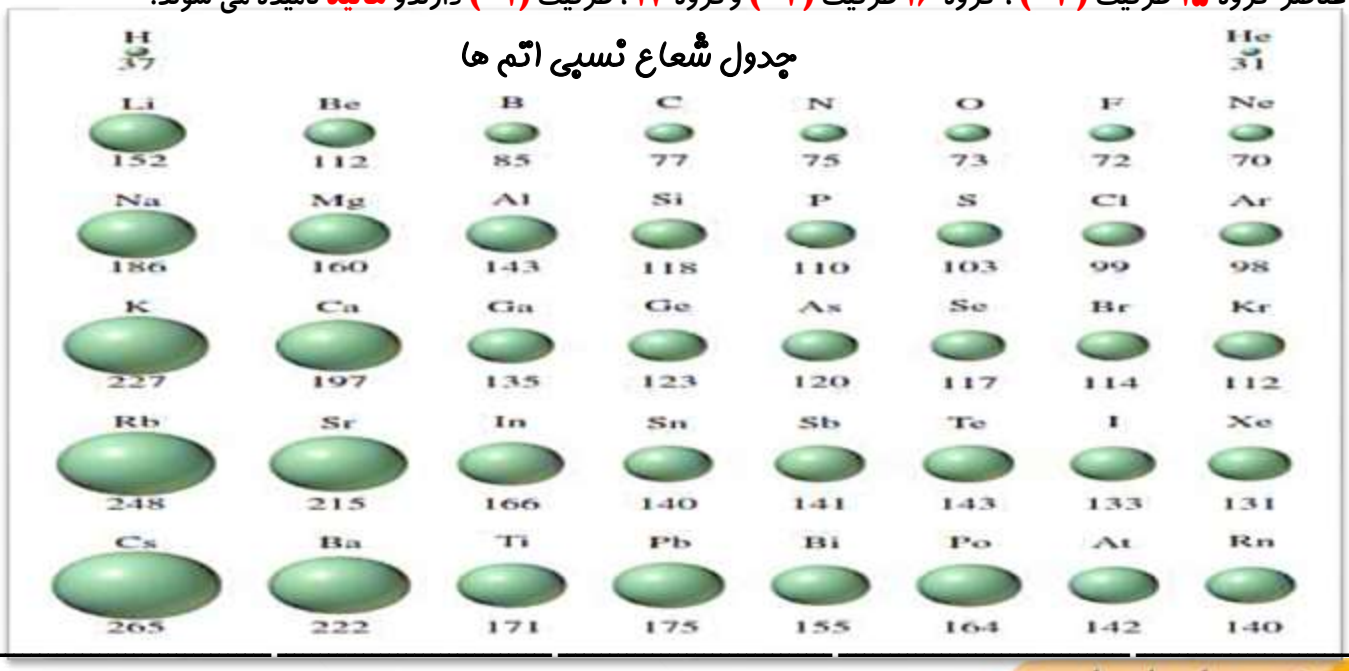
نکته : عناصر گروه اول ظرفیت **۱** ، گروه دوم ظرفیت **۲** و عناصر گروه سیزدهم ، ظرفیت **۳** دارند.

میثم احمدوند

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

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

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



میثم احمدوند

خود را بیازمایید

ص ۱۳ کتاب

الف) جدول زیر را کامل کنید.

نماد شیمیایی عنصر	۹F	۱۷Cl	۳۵Br
آرایش الکترونی فشرده	$[_2He]\ 2S^2\ 2P^5$	$[_{10}Ne]\ 3S^2\ 3P^5$	$[_{18}Ar]\ 4S^2\ 4P^5$
نماد آخرین زیرلایه	$2S^2\ 2P^5$	$3S^2\ 3P^5$	$4S^2\ 4P^5$
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 الکترون 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 °C به سرعت واکنش می‌دهد.	۷۱	$[_2He]\ 2S^2\ 2P^5$	۹F
زرد مایل به سبز	گندزدا پلاستیک	گاز	در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.	۹۹	$[_{10}Ne]\ 3S^2\ 3P^5$	۱۷Cl
قرمز	صنایع فیلم و عکاسی	مایع	در دمای 200 °C واکنش می دهد.	۱۱۴	$[_{18}Ar]\ 4S^2\ 4P^5$	۳۵Br
بنفش	تنتور ید	جامد	در دمای بالاتر از 400 °C واکنش می‌دهد.	۱۳۹	$[_{36}Kr]\ 3d^{10}\ 4S^2\ 4P^5$	۵۳I

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

رابطهٔ 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 : $X_2\,(g/l/s) + H_2\,(g) \longrightarrow 2HX\,(g)$

هالوژن ها (نمک ساز ها) :

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

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

۳- **واکنش پذیرترین** نافلز ها هستند.

مقایسه ترتیب واکنش پذیری هالوژن ها : $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

کدام واکنش انجام پذیر است؟

✓ $F_2 + 2HCl \rightarrow 2HF + Cl_2$

× $Cl_2 + 2HF \rightarrow 2HCl + F_2$

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 هااز 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 **بریده** می شود و سطح آن به سرعت در هوا **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.

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

فلزات در جدول به سه دسته تقسیم می شوند :

۱) فلزات اصلی دسته p و S

۲) فلزات واسطه (فلزات دستهٔ d)

۳) واسطه داخلی (فلزات دستهٔ f)

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

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

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

نکته : قطعات شیشه ای **مایل به سبزی** که طی کاوش های 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 زیرتعدادی از آن ها را مشاهده می کنید. امّا علت رنگ های مختلف این سنگ ها چیست؟

فیروزه (آبی)

یاقوت (سرخ)

زمرّد (سبز)

میثم احمدوند

نکته : یاقوت همان آلومینیوم اکسید Al_2O_3 است که در ساختار آن برخی از یون های **آلومینیوم** با یون های 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 دستهٔ d (فلزهای واسطه)

دسته ای از عنصرهای جدول دوره ای هستند که زیرلایهٔ d آن ها در حال پر شدن 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 دورهٔ **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 درجدول زیر آمده است.

نماد کاتیون	Cu^{2+}	Co^{2+}	Fe^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Sc^{3+}	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 می‌شوند ، **متفاوت** باشند.

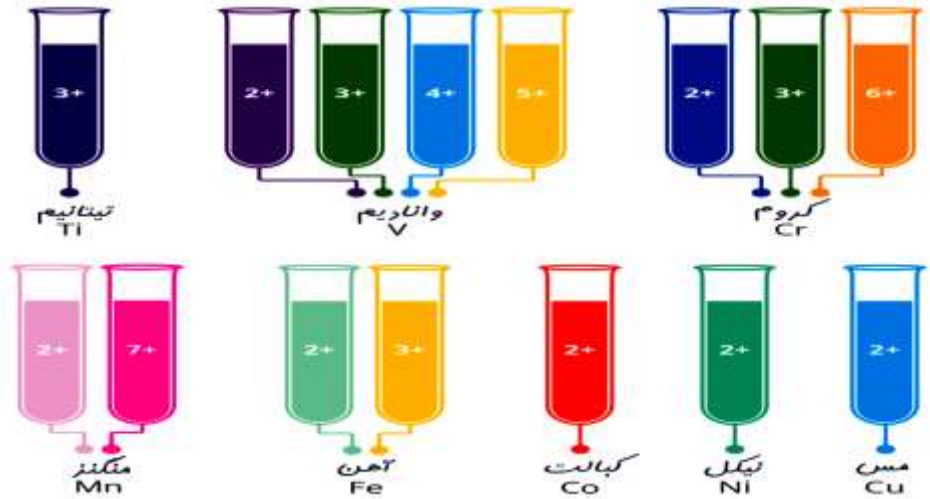
هر پنج زیرلایهٔ d هم انرژی هستند ولی تحت شرایطی سطح انرژی این زیر لایهٔ کمی تغییر کند و از هم سطحی در می آیند، یعنی شکافته می شوند. در حضور لیگاندها ، برخی زیر لایهٔ d دارای انرژی بیشتری نسبت به بقیه می شوند و برخی از آن ها دارای انرژی کمتر می شوند. الکترون ها با جذب یک فوتون از نور می توانند در میان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

نماد کاتیون	V^{2+}	V^{3+}	V^{4+}	V^{5+}
رنگ کاتیون	بنفش	سبز	آبی	زرد

نکته : کاتیون هایی که یون آنها به آرایش گاز نجیب می رسند، مواد **بی رنگی** هستند.

نکته : کاتیون **روی** به دلیل پر بودن زیر لایهٔ d ، **بی رنگ** است .

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



میثم احمدوند

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 لایهٔ S **دو** الکترون وجود دارد به جز در مواردی که آرایش الکترونی زیر لایهٔ d به $3d^4$ یا $3d^9$ می رسد که در آن صورت مطابق اصل پایداری یک الکترون از زیر لایهٔ $4S$ به زیر لایهٔ $3d$ منتقل می شود.

$_{24}Cr : [_{18}Ar]\ 3d^4\ 4S^2 \longrightarrow [_{18}Ar]\ 3d^5\ 4S^1$ $\qquad$ $_{29}Cu : [_{18}Ar]\ 3d^9\ 4S^2 \longrightarrow [_{18}Ar]\ 3d^{10}\ 4S^1$

عنصر	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$
آرایش زیرلایه 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 زیرلایهٔ **پـــر** و **نیـمـه پـر** پایدارتر از زیرلایهٔ الکترون دار **ناقص** و پایدارتر از زیر لایهٔ **خالی** است.

نکتـه : در بـین عناصـر واسـطه دوره ④ **۲** عنصـر زیـر لایـهٔ d **نیمـه پـر** و **۲** عنصـر زیـر لایـهٔ d **کامـــلاً پـر** دارنـد و در میـان کـل عناصر دورهٔ ④ **۸** عنصر زیرلایـهٔ d **کامـلاً پر** دارند.

نکتـه : اگـر چـه زیرلایـهٔ $4S$ زودتـر از زیرلایـه $3d$ از الکتـرون پـر مـی شـود امـا هنگـام تبـدیل شـدن اتـم بـه یـون مثبـت ، ابتـدا بایـد از زیرلایـهٔ $4S$ الکتـرون جـدا کنـیم و سـپس بـه ازای بـار بیشـتر ، از زیرلایـهٔ $3d$ الکتـرون جـدا مـی شـود یعنـی بـه هنگـام تشـکیل کاتیون الکترون های بیرونی ترین زیر لایهٔ خود را از دست می دهند.

نکتـه : برای رسم آرایش الکترونی کاتیون ها ، همان طور که در شیمی دهم خواندیم **ابتدا** آرایش الکترونی مرتب شده اتم را می نویسیم و سپس از **دورترین** زیرلایه نسبت به هسته به تعداد بار کاتیون ، الکترون **کم** می کنیم : مثال :

$_{23}V : [_{18}Ar]\ 3d^3\ 4S^2 \longrightarrow {}_{23}V^{2+} : [_{18}Ar]\ 3d^3$ $\qquad$ $_{20}Ca : [_{18}Ar]\ 4S^2 \longrightarrow {}_{20}Ca^{2+} : [_{18}Ar]$

نکتـه : 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 **نمی رسند** در حالی که **اغلب** فلزات اصلی به آرایش گاز نجیب **می رسند**.

$_{3}Li : [_{2}He]\ 2S^1 \longrightarrow {}_{3}Li^{+} : [_{2}He]$

$_{13}Al : [_{10}Ne]\ 3S^2\ 3p^1 \longrightarrow {}_{13}Al^{3+} : [_{10}Ne]$

$_{30}Zn : [_{18}Ar]\ 3d^{10}\ 4S^2 \longrightarrow {}_{30}Zn^{2+} : [_{18}Ar]\ 3d^{10}$

آرایش الکترونی یون روی شبیه هیچ گاز نجیبی نیست.

نکتـه : اغلب فلزات واسطه در طبیعت به شکل ترکیب های یونی همچون **اکسیدها** ، **کربنات ها** و ... یافت می شوند. مثلا **آهن** به دو صورت FeO و Fe_2O_3 در **طبیعت** یافت می شود که در FeO به صورت Fe^{2+} و در Fe_2O_3 به صورت Fe^{3+} وجود دارد.پس آرایش یون های Fe^{2+} و Fe^{3+} بصورت زیر است.

$_{26}Fe : [_{18}Ar]\ 3d^6\ 4S^2 \xrightarrow{-2\ e} {}_{26}Fe^{2+} : [_{18}Ar]\ 3d^6$

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

خود را بیازمایید ..... ص ۱۶ کتاب

اسکاندیم ($_{21}Sc$) **نخستین** فلز واسطه در جدول تناوبی است که در وسایل خانه مانند **تلویـزیـون رنـگـی** و برخی **شیشه ها** وجود دارد و جزو **معدود** فلزات واسطه است که کاتیون آن به آرایش گاز نجیب **می رسد**. (برخلاف فلزات واسطه) و ترکیبات آن **بی رنگ** هستند.

الف) آرایش الکترونی اتم آن را بنویسید. $_{21}Sc : [_{18}Ar]\ 3d^1\ 4S^2$

ب) کاتیون این فلز در ترکیب هایش، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید. $_{21}Sc^{3+} : [_{18}Ar]$

۲) جدول زیر را کامل کنید.

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

میثم احمدوند

عناصر واسطه (عناصر دستهٔ d)

① **همگی** فلز هستند.

② واکنش پذیری **کمتری** نسبت به **فلزهای قلیایی** (گروه ۱) و **قلیایی خاکی** (گروه ۲) دارند.

③ بجز **جیوه** نسبت به فلزهای گروه اول و دوم ، **سخت تر** ، **چگالتر** و **دیر ذوب تر** هستند زیرا علاوه بر پیوند **فلزی** به دلیل داشتن تک الکترون در زیرلایهٔ d پیوند **کووالانسی** نیز ایجاد می کنند.

④ بی نظمی های متعددی در **آرایش الکترونی** آن ها به چشم می خورد.

⑤ تعداد الکترون های **لایهٔ ظرفیت** آن ها متغیر می باشد.

⑥ بسیاری از آن ها **۲** و برخی **۱** الکترون در زیر لایهٔ S لایه ظرفیت دارند.

⑦ رسانایی **الکتریکی** و **گرمایی** بالایی دارند قوی ترین رساناهای الکترونی **طلا** ، **نقره** و **مس** هستند.

تیتانیم دومین عنصر واسطه که فلزی **محکم** ، **کم چگال** و **مقاوم** در برابر **خوردگی** است و از آن در **بدنه دوچرخه** استفاده می شود.

طلا ($_{79}Au$) 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 منحصربفردی هم دارد که عبارتند از:

طلا

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 ویلچرکاربرد 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 شیشهٔ کلاه فضانوردان برای بازتاب پرتوهای خطرناک خورشیدی ، ساخت جوایز و مدال ها و تولید قطعات الکترونیکی است.

عمدهٔ مصارف طلا به ترتیب مقدار در **زیورآلات** و **جواهرات** ، **الکترونیک** ، **پشتوانهٔ 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 برجای می ماند مثلاً در تولید مقدار طلای مورد نیاز برای ساخت یک حلقه 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.

میثم احمدوند

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 جملهٔ ی «طلا 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.

عنصرها به چه شکلی در طبیعت یافت می شوند؟

اغلب عنصر ها در طبیعت به شکل **ترکیب** یافت می‌شوند.

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 **طلا** به شکل **کلوخه ها** یا **رگه های زرد** لا به لای خاک یافت می‌شود.

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

کربـــن

فـــسفر قرمـــز

گـــوگـــرد

طـــلـــا

میثم احمدوند

$MnCO_3$ (S)

$NaCl$(S)

$CaCO_3$ (S)

S(S)

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

نکته : **آهـــن** فلـزی اسـت کـه در سـطح جهـان بیشـترین مصـرف سـالانه را در بـین صـنایع گونـاگون دارد. آهـن **اغلـــب** در طبیعـت بـه شـکل اکسـید یافـت مـی شـود کـه معمـولاً بـه شـکل **هماتیـــت** (Fe_2O_3 **ناخـــالص**) اسـت و **آلـــومینیم** در طبیعـت بـه شـکل **بوکســیت** (Al_2O_3 **ناخالص**) یافت می شود.

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

در دنیای امروزی از فلزهایِ بسیاری استفاده می شود ؛ به عنوان مثال می توان مقایسهٔ 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 یون های موجود در یک نمونه ، ابتدا نمونه را به صورت **محلول** در می‌آوریم. سپس به آن ماده ای اضافه می‌کنیم تا با یون مورد نظر واکنش داده و ماده ای **نامحلول** و ترجیحاً با رنگ منحصر به فرد ایجاد کند تا بتوانیم به وجود **یون ها** در نمونه پی ببریم.

یادآوری : در شیمی دهم خواندیم که برای شناسایی **یون کلرید** (Cl^-) در یک محلول ، **یون نقره** (Ag^+) را به آن اضافه کرده و رسوب **سفید** رنگ **نقره کلرید** ($AgCl$) تشکیل می شود. یکی از راه های شناسایی **یون باریم** (Ba^{2+}) در محلول ، افزودن **یون سولفات** (SO_4^{2-}) به آن و تشکیل رسوب **سفید** رنگ **باریم سولفات** ($BaSO_4$) است و یکی از راه های شناسایی **یون کلسیم** (Ca^{2+}) در محلول ، افزودن **یون فسفات** (PO_4^{3-}) به آن و تشکیل رسوب **سفید** رنگ **کلسیم فسفات** ($Ca_3(PO_4)_2$) است .

کاوش کنید ۱ : شناسایی یون Fe^{2+} ص ۱۹ کتاب

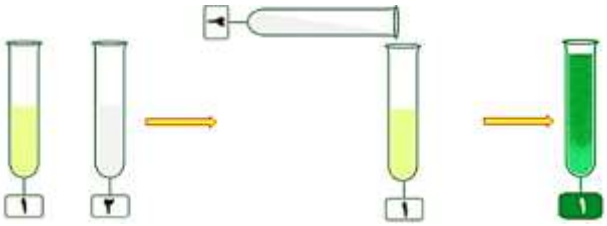
برای شناسایی یون آهن (II) می توان آزمایشی مشابه شکل زیر ترتیب داد :

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

۲) در لولهٔ 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 **بی رنگ** است.)

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

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



معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به صورت زیر است : (واکنش **جابجایی دوگانه**)

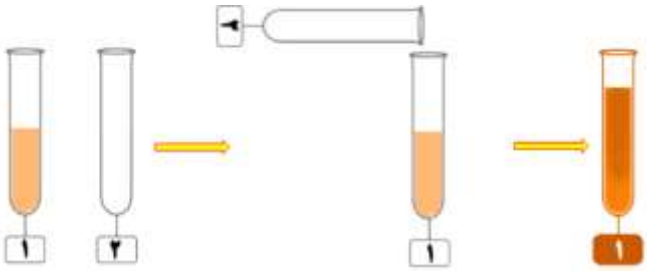
(جابجایی فلز با فلز یا جابجایی فلز با هیدروژن)

$$FeCl_2\,(aq) + 2NaOH\,(aq) \longrightarrow Fe(OH)_2\,(s) + 2NaCl\,(aq)$$

نکته : آزمایش فوق را برای هر محلولی که **احتمال** وجود یون آهن (II) در آن است می توان 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 Fe^{+2} بوده است.

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

در لولهٔ 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– قهوه ای** آهن (III) هیدروکسید تولید می شود ؛



معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مربوط به این آزمایش به صورت زیر است :

$$FeCl_3\,(aq) + 3NaOH\,(aq) \longrightarrow Fe(OH)_3\,(s) + 3NaCl\,(aq)$$

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

به عنوان مثال **زنگ آهن** (لایهٔ ترد رویِ آهنِ خورده شده) در آب **نامحلول** است اما به کمک **هیدروکلریک اسید** یا **جوهر نمک** ($HCl_{(aq)}$) می توان آن را حل و سپس برای شناسایی یون آهن آن اقدام کرد.

میثم احمدوند

شناسایی یون آهن موجود در زنگ آهن :

۱) یک میخ یا وسیلهٔ آهنی زنگ زده را خراش داده و زنگ آهن آن را درون یک لولهٔ آزمایش می ریزیم.

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

$$Fe_2O_3\ (aq) + 6HCl\ (aq) \longrightarrow 2FeCl_3\ (aq) + 3H_2O\ (l)$$

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

در انتهای کار رسوب **قرمز- قهوه ای** تولید می گردد که نشان می دهد در زنگ آهن یون Fe^{+3} وجود دارد.

$$FeCl_3\ (aq) + 3NaOH\ (aq) \longrightarrow Fe(OH)_3\ (s) + 3NaCl\ (aq)$$

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

کاتیون / آنیون	Pb^{2+}	Ag^{+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Ba^{2+}	Al^{3+}	Cu^{2+}
OH^-		سفید	قرمز – قهوه‌ای	سبزلجنی		سفید	آبی
I^-	زرد	زرد					
CrO_4^{2-}	زرد – نارنجی	نارنجی					
SO_4^{2-}	در آب جوش حل می شود	سفید			سفید		

یادآوری : طریقه نوشتن معادلهٔ واکنش شیمیایی

۱) جابجایی **ساده** (**جابجایی یگانه**)

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

$$Fe_2O_3\ (S) + 2Al\ (S) \longrightarrow Al_2O_3\ (S) + 2Fe\ (l)$$

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

$$Fe\ (S) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow FeCl_2\ (S) + H_2\ (g)$$

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

$$Cl_2\ (g) + 2KBr\ (aq) \longrightarrow 2KCl\ (aq) + Br_2\ (l)$$

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

$$3C\ (S) + 2\ Fe_2O_3\ (S) \longrightarrow 4Fe\ (S) + 3CO_2\ (g)$$

میثم احمدوند

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.

$$Fe_2O_3\ (aq) + 6HCl\ (aq) \longrightarrow 2FeCl_3\ (aq) + 3H_2O\ (l)$$

$$FeCl_3\ (aq) + 3NaOH\ (aq) \longrightarrow Fe(OH)_3\ (S) + 3NaCl\ (aq)$$

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

نکته : هر چه واکنش پذیری اتم های 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 می شود ، واکنش پذیری **واکنش دهنده ها** از فرآورده ها **بیشتر** می باشد.

نماد	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	طلا

واکنش پذیری

نکته : عنصرهای **واکنش پذیرتر** می توانند جای عنصرهای با **واکنش پذیری کمتر** را در ترکیب آن بگیرند.

نکته : هرچه فلز **فعال تر** باشد ، میل **بیشتری** به ایجاد **ترکیب** دارد و ترکیب هایش **پایدارتر** است.

نکته : هرچه واکنش پذیری **فلزی** (عنصری) **بیشتر** باشد ، **استخراج** آن فلز (عنصر) **دشوارتر** است.

نکته : برای جدا کردن یک فلز می توان ترکیب آن را با فلزی که فعالیت شیمیایی **بیشتری** 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.(Fe^{2+})

نکته : مطابق جدول ، واکنشی **انجام پذیر** است که فلز **بالاتر** با ترکیب فلز **پایین تر** 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.

میثم احمدوند

$$M_{(S)} + X(NO_3)_{Z(aq)} \rightarrow M(NO_3)_{n(aq)} + X_{(S)}$$

ص ۲۰ کتاب

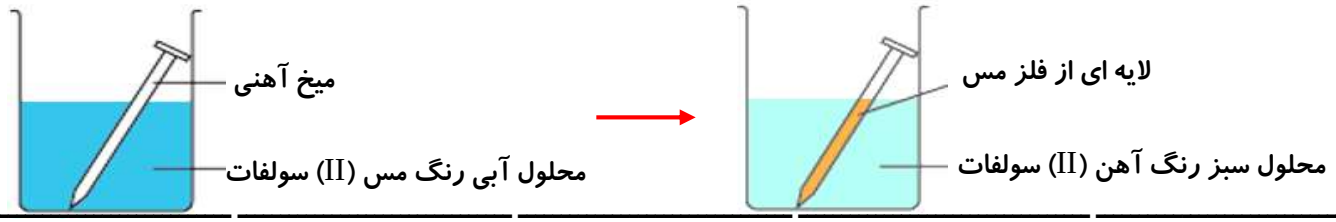
کاوش کنید ۲ :

۱) درون یک بِشِر تا یک سوم آب ریخته و به اندازهٔ نصف قاشق چای خوری **مس (II) سولفات** اضافه کرده و با هم زدن محلول یکنواختی می سازیم (محلول حاصل **آبی رنگ** است.)

۲) یک عدد میخ آهنی در بشر انداخته و صبر می کنیم.

پس از مدتی مشاهده می کنیم که رنگ محلول **کم رنگ تر** شده و به سمت **سبز شدن جزیی** پیش می رود ، و **جامد قرمز رنگی** بر روی میخ ها می نشیند ، 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** می شود و مقدار فلز **مس** نیز **بیشتر** می شود ، پس از بیرون آوردن میخ از محلول رسوب روی آن را پاک می کنیم متوجه می شویم مقداری از ضخامت میخ **کم** شده است که نشان از جدا شدن کاتیون های (Fe^{2+}) را دارد.

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



۳) معادلهٔ موازنه شدهٔ آزمایش به صورت مقابل است : $Fe\,(s) + CuSO_4\,(aq) \longrightarrow FeSO_4\,(aq) + Cu\,(s)$

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

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

با هم بیندیشیم

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.

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

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؟ Ag ☐ و Na ☑ ، Zn ☐

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

ت) دربارهٔ درستی جملهٔ زیر ، نخست گفت و گو نموده سپس بر اساس آن مشخص کنید کدام واکنش زیر(IیاII) 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 : ✓ $FeO + 2Na \rightarrow Na_2O + Fe$

واکنش نمی دهد : ✗ $FeO + Cu \rightarrow CuO + Fe$

واکنش در صورتی انجام می‌شود که واکنش‌پذیری واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها بیشتر باشد یعنی مواد با انجام واکنش‌های شیمیایی به حالت پایدارتر با واکنش‌پذیری کمتر می‌رسند.

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 : ✓ $2FeO + C \rightarrow CO_2 + 2Fe$

واکنش نمی دهد : ✗ $2Na_2O + C \rightarrow CO_2 + 4Na$

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_2O_3 می توان از واکنش Fe_2O_3 با فلز **سدیم** یا عنصر **کربن** بهره برد.

نکته : برای استخراج فلزات پایین تر از **کربن** (طبق جدول فوق) می‌توان 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 می‌توان از واکنش Fe_2O_3 با عنصر **کربن** بهره برد.

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

نکته : **فلزها** از جمله هدایای زمینی هستند که **اغلب** در طبیعت به شکل **سنگ معدن** یافت می‌شوند. در کشور ما فولاد مبارکه ، مس سرچشمه ، آلومینیم اراک و منیزیم خراسان از جمله مجتمع های صنعتی هستند که برای استخراج فلزها بنا شده‌اند.

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 کمّی** 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 معادلهٔ **موازنه** 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.

عامل تبدیل × **دادهٔ مسئله** = **خواستهٔ مسئله**

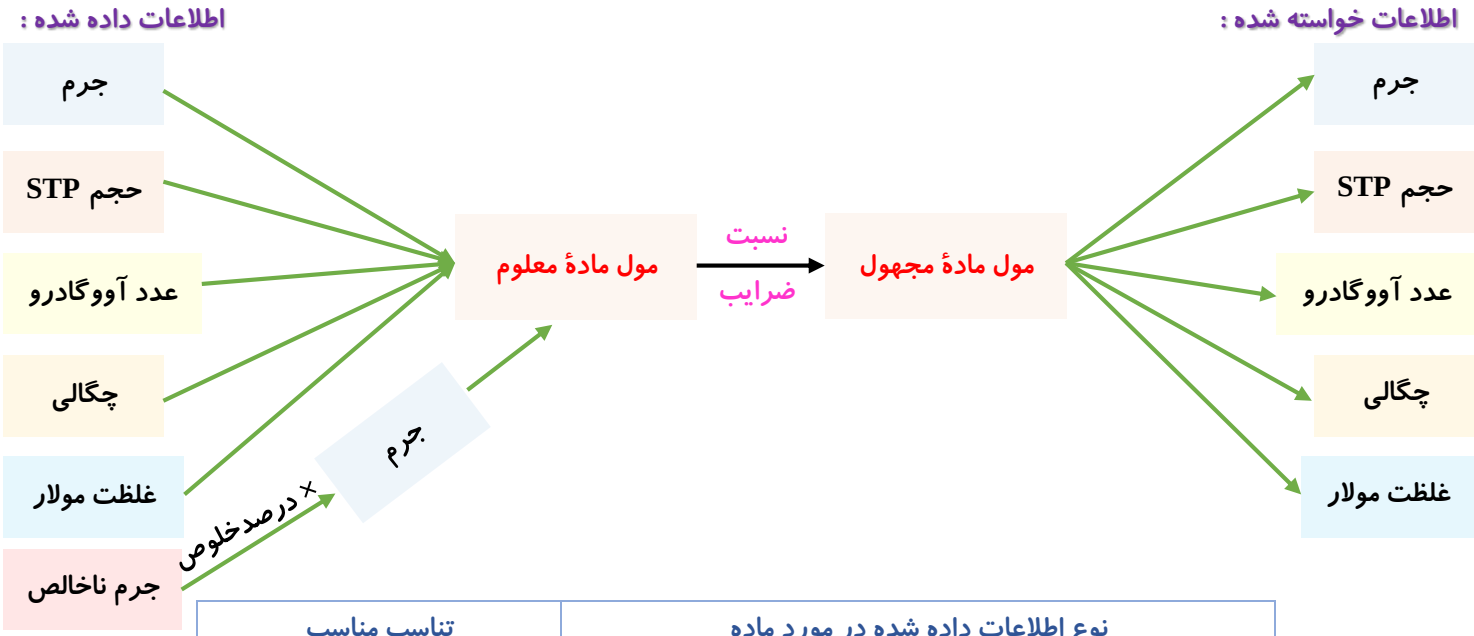
نکته : یکای **خواسته** شده در مسئله باید با یکای به دست آمده از حاصل ضرب دادهٔ مسئله در عامل تبدیل **یکسان** باشد.

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

مثال : در واکنش $2NH_3(g)+3CuO(s)\rightarrow N_2(g)+3Cu(s)+3H_2O(g)$ کسرهای تبدیل به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\frac{2molNH_3}{3molCuO},\ \frac{2molNH_3}{3molH_2O},\ \frac{2molNH_3}{3molCu},\ \frac{2molNH_3}{1molN_2},\ \frac{3molCu}{3molCuO},\ \frac{3molH_2O}{3molCuO},\ \frac{2molN_2}{3molCuO},\ \frac{3molH_2O}{molN_2},\ \frac{3molCu}{molN_2}$$

از طریق نمودارهای زیر نیز می توانیم توسط اطلاعات داده شده در مسئله استفاده و نموده و مقادیر خواسته شده را بدست می آوریم :



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

میثم احمدوند

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

درصد خلوص

در صنعت و آزمایشگاه ، **اغلب** واکنش دهنده‌ها **ناخالص هستند**. به بیان دیگر ، علاوه بر مادهٔ شیمیایی مورد نظر ، برخی ترکیب های دیگر نیز در آن ها وجود دارند.

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

در حین کار در آزمایشگاه و صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک مادهٔ خالص ، **همواره** باید مقدار **بیشتری** ازمادهٔ **ناخالص** در دسترس را به کار برد. با استفاده از رابطهٔ **درصد خلوص** و محاسبات کمّی، می توان مقادیر مورد نیاز از مادهٔ ناخالص را به‌دست آورد.

میثم احمدوند

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰$$

مثال : از واکنش یک تن Fe_2O_3 با مقدار کافی از کربن، انتظار می رود چند تن آهن تولید شود؟ ($Fe=56 \text{ ، } O=16 : g.mol^{-1}$)

$$2Fe_2O_{3(S)} + 3C_{(S)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(S)} + 3CO_{2(g)}$$

$$?\,ton\,Fe = ۱\,ton\,Fe_۲O_۳ \times \frac{۱۰۰۰\,kg}{۱\,ton} \times \frac{۱۰۰۰\,g}{۱\,kg} \times \frac{۱\,mol\,Fe_۲O_۳}{۱۶۰\,g\,Fe_۲O_۳} \times \frac{۴\,mol\,Fe}{۲\,mol\,Fe_۲O_۳} \times \frac{۵۶\,g\,Fe}{۱\,mol\,Fe} \times \frac{۱\,kg}{۱۰۰۰\,g} \times \frac{۱\,ton}{۱۰۰۰\,kg} = ۰/۷\,ton\,Fe$$

② $\frac{1\ ton}{2 \times 160} = \frac{X\ (g)}{4 \times 56} \Rightarrow X = 0/7\ ton\ Fe$

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

الف : اگر فراورده مجهول باشد :

① مقدار فراورده برحسب گرم (X) = گرم واکنش دهنده $\times \frac{\text{درصد خلوص}}{100} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}}$

② $\frac{\text{درصدخلوص} \times (g)\text{ جرم ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{X\ (g)\text{: جرم فراورده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

مثال : ۲۰۰ گرم کلسیم کربنات با درصد خلوص ۷۵٪ به طور کامل حرارت داده می شود، چند گرم مادهٔ جامد بر جای می ماند؟

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$ ($Ca=40 \text{ ، } O=16 \text{ ،} C=12 : g.mol^{-1}$)

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

① مقدار CO_2 بر حسب گرم $= 200g\ CaCO_3 \times \frac{75}{100} \times \frac{1\ mol\ CaCO_3}{100g\ CaCO_3} \times \frac{1\ mol\ CO_2}{1\ mol\ CaCO_3} \times \frac{44\ g\ CO_2}{1\ mol\ CO_2} = 66\ g\ CO_2$

مقدار جامد باقی مانده = ۲۰۰ - ۶۶ =۱۳۴g

② $\frac{200 \times 0/75}{1 \times 100} = \frac{X\ (g)}{1 \times 44} \Rightarrow X = 66\ g\ CO_2$ ⇒ جرم جامد باقی مانده : ۲۰۰ – ۶۶ = ۱۳۴ g

---

ب : اگر واکنش دهنده مجهول باشد :

① مقدار فراورده برحسب گرم $= X \times \frac{\text{درصد خلوص}}{100} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}}$

② $\frac{\text{درصدخلوص} \times X\ (g)\text{: جرم ناخالص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{جرم فراورده } (g)}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

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

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

① $112\,g\ Fe = X\ g\ Fe_2O_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{1\ mol\ Fe_2O_3}{160\,g\ Fe_2O_3} \times \frac{4\ mol\ Fe}{2\ mol\ Fe_2O_3} \times \frac{56\ g\ Fe}{1\ mol\ Fe} \Rightarrow X = 200\ g\ Fe_2O_3$

② $\frac{X\ g \times 0/8}{2 \times 160} = \frac{112\ g}{4 \times 56} \Rightarrow X = 200\ g\ Fe_2O_3$

پ : اگر درصد خلوص مجهول باشد :

① مقدار فراورده برحسب گرم = گرم واکنش دهنده $\times \frac{X}{100} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}}$

② $\frac{\text{جرم ناخالص (g)} \times \frac{X}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{حجم فراورده (L)}}{22/4 \times \text{ضریب مولی فراورده}} = \frac{\text{جرم فراورده (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

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 می‌شود، درصد خلوص پتاسیم کلرات را به دست آورید. ($K=39, O=16, Cl=35/5 : g.mol^{-1}$)

$$2KClO_{3(s)} \rightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

① $3/36\ L\ O_2 = 24/5\ g\ KClO_3 \times \frac{X}{100} \times \frac{1\ mol\ KClO_3}{122/5\ g\ KClO_3} \times \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ KClO_3} \times \frac{22/4\ L\ O_2}{1\ mol\ O_2} \Rightarrow$ درصد خلوص $= ۵۰\ ٪$

② $\frac{24/5g \times \frac{X}{100}}{2 \times 122/5} = \frac{3/36\ L}{3 \times 22/4} \Rightarrow$ درصد خلوص $= ۵۰\ ٪$

میثم احمدوند

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

① گرم فراورده $\times \frac{\text{درصد خلوص}}{100} =$ گرم واکنش دهنده $\times \frac{X}{100} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}}$

② $\frac{\text{جرم ناخالص (g)} \times \frac{X}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم فراورده (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

مثال : اگر در شرایط STP برای آزاد شدن ۲۴ گرم مس با درصد خلوص ۶۰٪ ، 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. ($Cu=64, O=16 : g.mol^{-1}$)

$$CuO_{(s)} + H_{2(g)} \rightarrow Cu_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

① $24\ g\ Cu \times \frac{60}{100} = ۴۰\ g\ CuO \times \frac{X}{100} \times \frac{1mol\ CuO}{80g\ CuO} \times \frac{1mol\ Cu}{1mol\ CuO} \times \frac{64\ g\ Cu}{1mol\ Cu} \Rightarrow X = ۴۵\ ٪$

② $\frac{40\ g \times \frac{X}{100}}{1 \times 80} = \frac{24\ g \times 0/6}{1 \times 64} \Rightarrow X = ۴۵\ ٪$

بازده درصدی واکنش :

در **بسیاری** از واکنش های شیمیایی که برای تهیه مواد شیمیایی به‌کار می‌روند، **معمولاً** 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 واکنش‌های جانبی در حین انجام واکنش شیمیایی اصلی

۲) انجام نشدن واکنش بطور کامل

۳) اشکال در جداسازی مواد از یکدیگر

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

تعریف : **به مقدار فراوردهٔ مورد انتظار در هر واکنش، (که از محاسبات استوکیومتری مورد انتظار است) مقدار نظری می‌گویند.**

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

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 در صد** است.

نکته : بازده درصدی یک واکنش با استفاده از رابطهٔ مقابل بدست می‌آید: $\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$

نکته : شیمی‌دان‌ها همواره به دنبال **افزایش** بازده درصدی واکنش‌های شیمیایی در **صنعت** و **آزمایشگاه** هستند.

نکته : در رابطهٔ 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 **جرم** ، گاهی **حجم** و گاهی **حجم مولی** با هم مقایسه می‌شود.

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

دستهٔ اول : مسائلی که در آن‌ها، مقدار عملی داده می‌شود و بازده درصدی مورد سوال است. در این‌گونه از مسائل، با توجه به مقدار واکنش‌دهنده مقدار نظری تولید فراوردهٔ مورد نظر محاسبه می شود و با توجه به رابطه فوق ، بازده درصدی واکنش بدست خواهد آمد.

① مقدار عملی فراورده = گرم واکنش دهنده $\times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{R}{100}$

② $\frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\frac{100}{R} \times \text{جرم عملی فراورده (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

مثال : هرگاه ۱۷/۱ گرم $Ba(OH)_2$ را به مقدار زیادی محلول **سدیم سولفات** اضافه نماییم ۲۰/۹۷ گرم رسوب $BaSO_4$ تولید می شود، مقدار نظری و بازده درصدی واکنش را به‌دست آورید؟ ($H=1$، $S=32$ ،$Ba=137$ ،$O=16$: $g.mol^{-1}$)

$$Ba(OH)_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow BaSO_{4(s)} + 2NaOH_{(aq)}$$

① $۲۰/۹۷\ g\ BaSO_4 = 17/1\ g\ Ba(OH)_2 \times \frac{1\ mol\ Ba(OH)_2}{171g\ Ba(OH)_2} \times \frac{1\ mol\ BaSO_4}{1\ mol\ Ba(OH)_2} \times \frac{233\ g\ BaSO_4}{1\ mol\ BaSO_4} \times \frac{R}{100} \Rightarrow R = \%۹۰$

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

دستهٔ 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 فراوردهٔ مورد نظر محاسبه می شود و با توجه به رابطهٔ بازده درصدی مقدار مجهول محاسبه می‌شود.

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

② $\frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\frac{100}{R} \times \text{مقدار عملی فراورده:X (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

میثم احمدوند

مثال: در اثر تجزیهٔ ۴۰/۴ گرم پتاسیم نیترات در دمای $500\ ^\circ C$ با بازده ٪ ۸۰ چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP آزاد می شود؟

$$4KNO_{3(s)} \xrightarrow{500\ ^\circ C} 2K_2O_{(s)} + 2N_{2(g)} + 5O_{2(g)}$$ ($K=39$، $N=14$ ،$O=16$: $g.mol^{-1}$)

① حجم عملی فراورده (X) $= 40/4\ g\ KNO_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{1\ mol\ KNO_3}{101g\ KNO_3} \times \frac{5\ mol\ O_2}{4\ mol\ KNO_3} \times \frac{22/4L}{1\ mol\ O_2} = 8/96\ L\ O_2$

② $\frac{40/4}{4 \times 101} = \frac{\frac{100}{80} \times \text{(L) حجم عملی فراورده}}{5 \times 22/4} \Rightarrow$ حجم عملی فراورده $= ۸/۹۶\ L$

دستهٔ سوم : مسائلی که در آن ها هم مقدار عملی و هم بازده درصدی داده می شود که در این صورت مقدار واکنش دهنده مورد سؤال است.

① $\text{مقدارعملی فراورده} = \text{گرم واکنش دهنده} \times \frac{\text{جرم مولی فراورده}}{\text{یک مول}} \times \frac{\text{ضریب مولی فراورده}}{\text{ضریب مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{یک مول}}{\text{جرم مولی واکنش دهنده}} \times \frac{\text{بازده درصدی}}{100} \times \frac{\text{درصد خلوص}}{100}$

② $\frac{\text{جرم واکنش دهنده : X (g)} \times \text{درصد خلوص}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی}} = \frac{\text{مقدار عملی فراورده} \times \frac{100}{R}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب مولی فراورده}}$

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؟ ($Fe=56 : g.mol^{-1}$)

$$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

① $۵/۶\ LH_2 = X\ g\ Fe \times \frac{70}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{1\ mol\ Fe}{56\ g\ Fe} \times \frac{1\ mol\ H_2}{1\ mol\ Fe} \times \frac{22/4\ L\ H_2}{1\ mol\ H_2} \Rightarrow g\ Fe = ۲۵g$

② $\frac{X\ g\ Fe \times 0/7}{56 \times 1} = \frac{\frac{100}{R} \times 5/6}{22/4 \times 1} \Rightarrow g\ Fe = ۲۵g$

میثم احمدوند

مثال : ۹۰۰ کیلوگرم از برگ درختان صنوبر که حاوی گلوکز با درصد خلوص ۰/۲ % است وارد فرایند تخمیر بی هوازی می‌شود تا ۲۳ گرم الکل تولید شود، بازده درصدی واکنش را به‌دست آورید. ($H=1 ،O=16 ،C=12 : g.mol^{-1}$)

$$C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightarrow 2C_2H_5OH_{(aq)} + 2CO_{2(g)}$$

① $۲۳\ g\ \text{الکل} = ۹۰۰kg \times \frac{1000g}{1kg} \times \frac{0/2}{100} \times \frac{R}{100} \times \frac{1mol\ C_6H_{12}O_6}{180g\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{2mol\ C_2H_5OH}{1mol\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{46\ gC_2H_5OH}{1mol\ C_2H_5OH} \Rightarrow R = 2/5\%$

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

مثال : یکی از راه های تهیهٔ سوخت سبز، استفاده از بقایای گیاهانی مانند نیشکر، سیب زمینی و ذرت است. واکنش بی هوازی تخمیر گلوکز، از جمله واکنش هایی است که در این فرایند رخ می دهد. $C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightarrow 2C_2H_5OH_{(aq)} + 2CO_{2(g)}$

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

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

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

خود را بیازمایید

ص ۲۴ کتاب

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

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)}$$

الف) مشخص کنید کدام فلز فعال‌تر 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 $g\ Al = ۲۸۰g\ Fe \times \frac{1\ mol\ Fe}{56\ g\ Fe} \times \frac{2\ mol\ Al}{2\ mol\ Fe} \times \frac{27\ g\ Al}{1\ mol\ Al} \times \frac{100\ g\ Al}{80\ g\ Al} \Rightarrow g\ Al = ۱۶۸/۷۵\ g\ Al$

② $\frac{280}{56 \times 2} = \frac{\frac{100}{80} \times X}{27 \times 2} \Rightarrow g\ Al = ۱۶۸/۷۵\ g\ \ Al$

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 می شود که در آن جوش، ازفلز مذابی که توسط یک واکنش شیمیایی به شدت گرمازا به وجود آمده است، تشکیل می شود.

برای انجام واکنش از یک پودر (باریم پراکسید)که به سرعت محترق شده به عنوان چاشنی استفاده می شود که گرمای لازم برای شروع واکنش را فراهم می آورد.

در واکنش ترمیت فلز آلومینیم با آهن (III) اکسید یا اکسید فلزات واسطه دیگر وارد واکنش می شود.

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

---

۲) آهن (III) اکسید به عنوان رنگ قرمز در نقاشی به کار می رود. از واکنش ۱۰ کیلوگرم از این ماده با گاز کربن مونوکسید طبق معادلهٔ زیر، ۵۲۰۰ گرم آهن به دست آمده است. بازده درصدی واکنش را به دست آورید.

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

میثم احمدوند

① $۵۲۰۰\,g\,Fe = ۱۰\,kg\,Fe_2O_3 \times \frac{1000\,g}{1kg} \times \frac{R}{100} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3} \times \frac{2\,mol\,Fe}{1\,mol\,Fe_2O_3} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} \Rightarrow R = ۷۴/۲۸٪$

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

---

۳) یکی از روش های بیرون کشیدن فلز از لابه لای خاک، استفاده از گیاهان است. در این روش در معدن یا خاک دارای فلز، گیاهانی را می‌کارند که می توانند آن فلز را جذب کنند. سپس گیاه را برداشت می کنند، می سوزانند و از خاکستر حاصل، فلز را جداسازی می کنند. به این گیاهان گیاه پالا می‌گویند. در جدول زیر، داده هایی دربارهٔ 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	۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۲
Ni	۸۲۰۰۰۰	۳۸	۲
Cu	۲۴۵۰۰۰	۱۴	۰/۵
Zn	۱۵۵۰۰۰	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 می شود.

$$g\,Au = ۲۰\,\text{تن گیاه} \times \frac{1000\,kg\,\text{گیاه}}{1\,ton\,\text{گیاه}} \times \frac{0/1\,g\,Au}{1\,kg\,\text{گیاه}} = ۲۰۰۰\,g\,Au$$

ب) یک کیلوگرم از گیاهی که برای پالایش نیکل به کار می رود، ۱۵۹ گرم خاکستر می دهد؛ درصد نیکل را در این خاکستر حساب کنید.

$$\text{درصد خلوص} = \frac{38}{159} \times ۱۰۰ = \%۲۳/۹$$

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

چون درصد این فلزات در کانه های 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 مقرون به صرفه نیست و سطح زیادی از زمین باید زیر کشت برود.

پیوند با صنعت : (گنج های اعماق دریا)

نیاز روز افزون جهان به منابع شیمیایی و کاهش میزان این منابع در **سنگ کره**، شیمی‌دان ها را بر آن داشت تا در جستجوی منابع تازه باشند.

بستر اقیانوس ها 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 **کلوخه ها** و **پوسته های غنی** از فلزاتی مانند **منگنز**، **کبالت**، **آهن**، **نیکل**، **مس** و ... است. غلظت **بیشتر** گونه های فلزی موجود در کف اقیانوس نسبت به **ذخایر زمینی**، امکان به صرفه بودن و بهره برداری از این منابع را نوید می دهد.

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

الف) جست وجو برای شناسایی بستر دریا ب) کلوخه های غنی از منگنز و دیگر فلزهای واسطه پ) ستون های سولفیدی

میلیون‌ها کلوخه در ناحیه‌ای از اقیانوس آرام در سطح بستر یا نیمه فرو رفته در بستر پراکنده شده است.

جریان فلز بین محیط زیست و جامعه

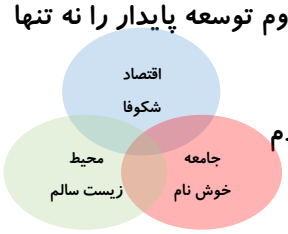
طبیعت منشأ و منبع هدایای گران بهایی است که خداوند آن را به انسان ها عطا کرده است.

انسان با بهره گیری از توانایی های وجودی خود و منبع هدایای گران بها درطبیعت، از این هدایا برای برآورده کردن نیازهای خود به شکل‌های گوناگون استفاده می کند. **استخراج فلز** از سنگ معدن آن یکی از این روش‌ها است.

بر اساس توسعهٔ پایدار باید در تولید یک ماده یا عرضه خدمات، همهٔ **هزینه ها** و ملاحظات **اقتصادی**، **اجتماعی** و **زیست محیطی** را در نظر گرفت. به طوری که اگر مجموع هزینه های بهره برداری از یک معدن با در نظر گرفتن این ملاحظه ها **کمترین** مقدار ممکن باشد، در آن صورت در مسیر **پیشرفت پایدار** حرکت می کنیم؛

هرگاه رفتارهای ما به جامعه ای 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 جامعه ای در مسیر**توسعه پایدار** است.

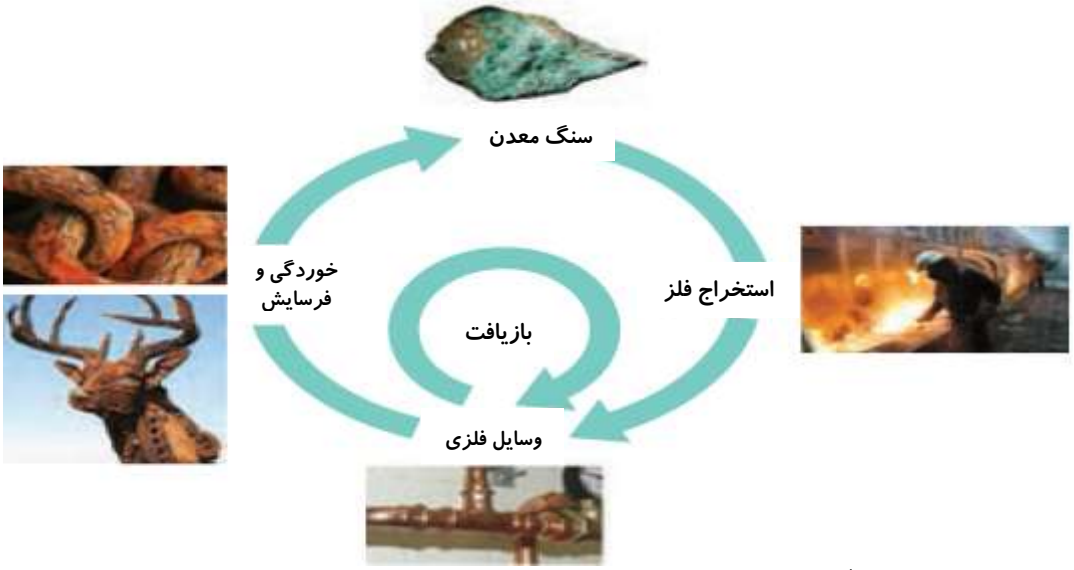
ضرب المثل «**دیگران کاشتند و ما خوردیم، ما بکاریم تا دیگران بخورند**» یک ضرب المثل کاربردی برای لزوم توسعه پایدار را نه تنها در زمان حال بلکه ضروری بودن آن برای در نظر گرفتن منابع برای آیندگان مورد تاکید قرار داده است.



جامعه پایدار جامعه ای است که اقتصاد آن **شکوفا** باشد و در عین حال به **محیط زیست** آسیب کمتری بزند و مردم به **اخلاق آراسته** و به **خوش‌نامی** معروف باشند.

با هم بیندیشیم ..... 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 دربارهٔ آن، پاسخ پرسش های 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 تر از آهنگ برگشت فلز به طبیعت است. زیرا آهنگ تبدیل فلز به زنگ فلز و خوردگی و تبدیل به سنگ معدن در شرایط معمولی بسیار آهسته رخ می دهد.

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

میثم احمدوند

بازگردانی فلز به **۲** صورت انجام می گیرد :

۱– فرایند طبیعی : فلز با گذشت زمان طی خوردگی و فرسایش به خاک برگردد 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) دربارهٔ شکل مقابل گفت و گو و مشخص کنید کدام عبارت ها درست و کدام ها نادرست اند؟ چرا؟

-بازیافت فلزها و از جمله فلز آهن :

۱- ردپای کربن دی اکسید را کاهش می دهد. **درست، زیرا به هنگام تولید اولیه فلز آهن مقدار زیادی کربن طبق واکنش مقابل مصرف می شود.** $2Fe_2O_{3(S)} + 3C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

۲- سبب کاهش سرعت گرمایش جهانی می شود. **درست، افزایش کربن دی اکسید که یک گاز گلخانه ای است، سبب افزایش دمای زمین می شود و با بازیافت فلزها از افزایش دمای زمین جلوگیری کرد.**

۳- گونه های زیستی بیشتری را از بین می برد. **نادرست، بازیافت کمک به کاهش گرمای زمین و مانع از بین رفتن معادن و کوه ها می شود.**

۴- به توسعه پایدار کشور کمک می کند. **درست،سبب کاهش هزینه های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می شود.**

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

نکته : پسماند سرانهٔ سالانه فولاد ۴۷ کیلوگرم است .

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

نفت، هدیه‌ای شگفت انگیز

در اواخر سدهٔ **۱۸** میلادی شیمی‌دان ها با ماده ای روبه رو شدند که **رفتار** آن به مواد شناخته شدهٔ آن زمان **شبیه نبود**. ماده ای که بعدها **نفت خام** نامیده شد. این ماده یکی از **سوخت های فسیلی** است که به شکل **مایع غلیظ سیاه رنگ** یا **قهوه ای** متمایل به **سبز** از دل زمین بیرون کشیده می شود. با گذشت زمانی کوتاه، **برخی** شیمی دان ها با بررسی نفت خام، موفق به شناسایی **برخی** مواد **سازندهٔ** آن، **ساختار** و **رفتار** آن‌ها شدند. این ویژگی ها و رفتارها ، چنان **جذاب** و غیرمنتظره بود که سبب افزایش چشمگیر **پژوهش ها** 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 تازه** برای درمان بیماری های گوناگون.

میثم احمدوند

نقش‌های اساسی نفت خام :

۱- **منبع تأمین انرژی و سوخت در وسایل نقلیه**

۲- **مادهٔ اولیه برای تهیهٔ بسیاری از مواد و کالاهایی است که در صنایع گوناگون از آن ها استفاده می شود.**

نکته : حدود **نیمی** از نفتی که از چاه های نفت بیرون کشیده می شود به عنوان **سوخت** در **وسایل نقلیه** استفاده می شود.

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

نکته : **کمتر** از **ده** درصد از نفت خام مصرفی در دنیا برای تولید **الیاف** و **پارچه**، **شوینده ها**، مواد **آرایشی** و **بهداشتی**، **رنگ**، **پلاستیک**، **مواد منفجره** و **لاستیک** به کار می رود.

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

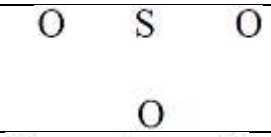
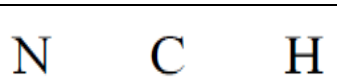
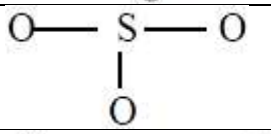
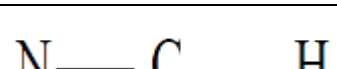
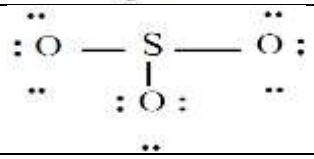
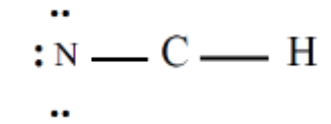
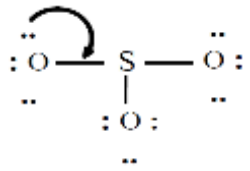
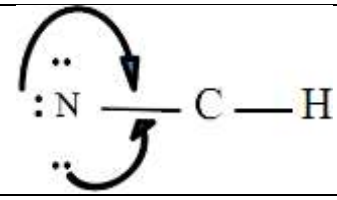
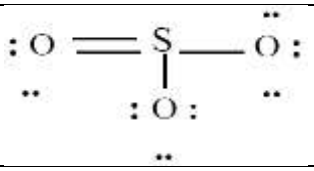
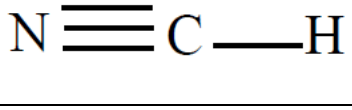
مقایسهٔ میزان مصرف نفت خام (طلای سیاه) به صورت زیر است :

سوخت وسایل نقلیه > تأمین گرما و انرژی الکتریکی > مادهٔ اولیهٔ برای تهیه مواد و کالاها در صنایع گوناگون

نکته : روزانه بیش از ۸۰/۰۰۰/۰۰۰ بشکه نفت خام در دنیا به شکل های گوناگون مصرف می شود.

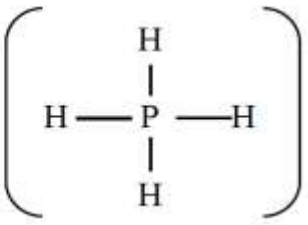
نکته : پژوهش ها و یافته های **تجربی** نشـان می دهد که نفت خام، مخلوطی از **هزاران ترکیب شـیمیایی** اسـت که بخش عمدهٔ آن را **هیدروکربن** های گوناگون تشکیل می دهند. ترکیب هایی که شامل **هیدروژن** و **کربن** هستند و عنصر اصلی سازندهٔ نفت خام **کربن** است.

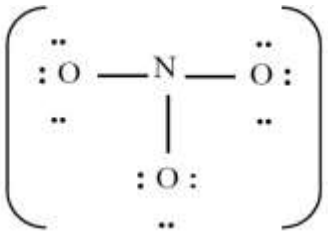
یادآوری : ساختار لوویس مولکول ها :

مولکول / گام های لازم	SO_3	HCN
مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت	۲۴ = ۶+(۶×۳)	۱۰ = ۵ + ۴ + ۱
تشخیص اتم مرکزی مطابق با جدول دوره‌ای	S	C
چیدن سایر اتم‌ها در اطراف اتم مرکزی		
اتصال اتم‌های کناری به اتم مرکزی در ابتدا با یک پیوند ساده		
چیدن بقیه الکترون‌ها به دور اتمهای کناری ودر صورت بیشتر بودن اطراف اتم مرکزی		
در صورت هشتایی نبودن اتم‌ها (بجز H) برداشتن الکترون‌های ناپیوندی اتم‌های کناری و مشارکت آن ها در پیوند با اتم مرکزی		
هشتایی شدن تمام اتم‌ها بجز H		

ساختار لوویس یون های چند اتمی :

نکته : در آنیون‌ها الکترون‌ها بیشتر از مجموع الکترون‌های ظرفیت و در کاتیون‌ها کمتر می‌شود.

PH_4^+ : 

NO_3^- : 

میثم احمدوند

کربن، اساس اسکلت بندی هیدروکربن ها :

عنصر کربن در خانهٔ شمارهٔ **۶** جدول دوره ای (گروه **۱۴**–دوره **۲**) جای دارد اتم آن در لایهٔ ظرفیت خود **چهار** الکترون 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 **متمایز** می سازد به طوری که ترکیبات شناخته شده از اتم کربن از مجموع ترکیبات شناخته شده از دیگر عنصرهای جدول دوره ای **بیشتر** است.

دلایل بیشتر بودن ترکیبات مربوط به عنصرکربن 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 **یگانه**، **دوگانه** یا **سه گانه** با سایر اتم ها تشکیل می دهد.

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

۴- کربن می تواند به صورت **راست زنجیر** (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.

خود را بیازمایید

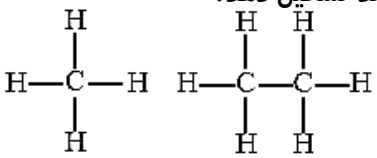
ص ۳۰ کتاب

الف) آرایش الکترونی اتم کربن را بنویسید.

$_6C$: [He] $2s^2\ 2p^2$

ب) آرایش الکترون نقطه ای اتم کربن را رسم کنید.

پ) اتم کربن برای رسیدن به آرایش هشت تایی چند پیوند اشتراکی یگانه، دوگانه یا سه گانه می تواند تشکیل دهد؟



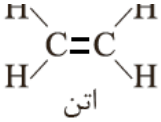
کربن چهار پیوند کووالانسی خود را می تواند به چهار صورت تشکیل دهد :

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 دوگانه مانند : کربن دی اکسید



اتن

H-C≡N:

O=C=O

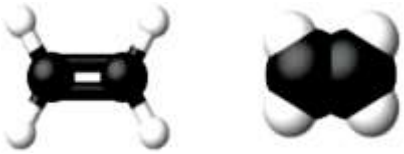
شیوه های نمایش یا رسم ساختار ترکیبات آلی :

برای نمایش اتم ها و نحوهٔ اتصال آن ها به هم از روش های مختلفی استفاده می شود، هر کدام از این روش ها معایب 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 قرارگیری پیوندها در این مدل امکان‌پذیر نیست.

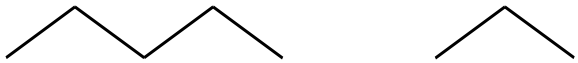
۲- **مدل گلوله – میله** : در این مدل اتم ها با گلوله و پیوندها با میله هایی که آن ها را به هم متصل می‌کند نمایش داده می شود. هر چند که این مدل نسبت به مدل فضا پرکن کمتر به مولکول واقعی شبیه است اما مرتبهٔ پیوند(ساده، دوگانه و ...) در آن مشخص است.

به مولکول اتِن (C_2H_4) 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 سریع‌تر ترکیبات آلی ، هر کربن در راس و هر پیوند بین کربن با کربن با یک خط نمایش داده می‌شود. سایر اتم ها با نماد شیمیایی خود نمایش داده می‌شوند. با توجه به ظرفیت هر اتم کربن که برابر ۴ است تعداد پیوندها از این ظرفیت کسرشده و تعداد ظرفیت باقی مانده برای اتم هیدروژن حساب شده و در نتیجه تعداد هیدروژن متصل به هر کربن قابل تشخیص است.

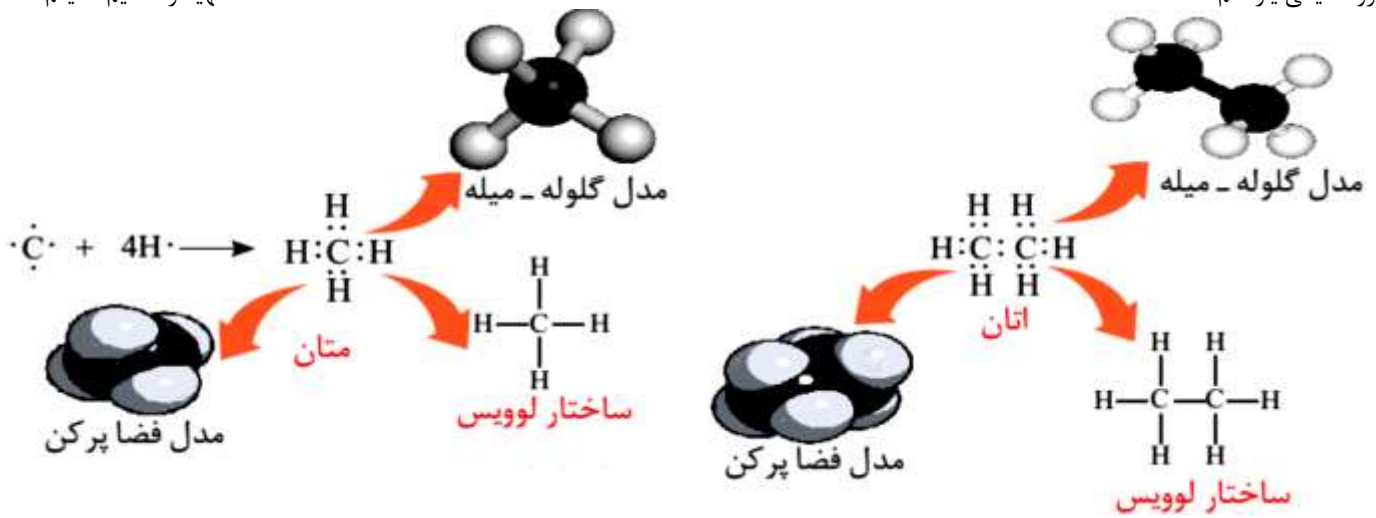


۴- **فرمول ساختاری** یا **پیوند – خط** : فرمول ساختاری همانند ساختار لوئیس است با این تفاوت که در فرمول ساختاری، الکترون‌های ناپیوندی نمایش داده نمی شود.

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$$

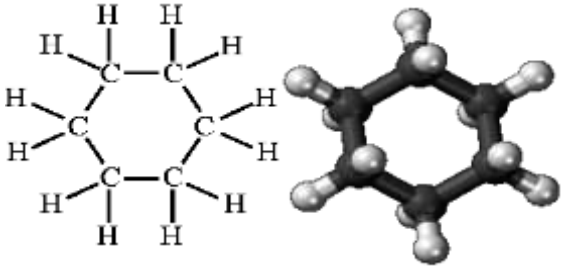
میثم احمدوند

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 ($_7N$) سه پیوند اشتراکی تشکیل می دهد تا به آرایش هشت تایی برسد. اما تعداد ترکیب های شناخته شده از آن **محدود** است.

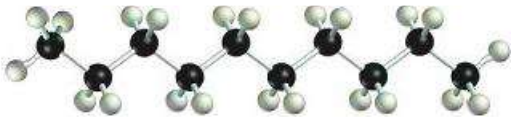


نکته : اتم کربن علاوه بر تشکیل پیوند اشتراکی یگانه، توانایی تشکیل پیوندهای اشتراکی دو و سه گانه را با خود و برخی اتم های دیگر دارد.

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.



$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$



میثم احمدوند

نکته : کربن علاوه بر تشکیل پیوند اشتراکی(کووالانسی) با خودش می تواند با نافلزات دیگر مانند **H ، N ، O ، S** و **هالوژن‌ها** 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 دوگانه** هستند.

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

انواع هیدروکربن ها :

- هیدروکربن ها :
  - آلیفاتیک :
    - سیرشده :
      - آلکان ها : C_nH_{2n+2}
        - آلکان های راست زنجیر
        - آلکان های شاخه دار
      - سیکلوآلکان ها : C_nH_{2n}
    - سیرنشده :
      - آلکن ها : C_nH_{2n}
      - آلکین ها : C_nH_{2n-2}
  - آروماتیک :
    - ترکیبات دارای حلقه بنزنی
    - ترکیبات بدون حلقه بنزنی

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 C_nH_{2n+2} و **سیرشده** هستند.

میثم احمدوند

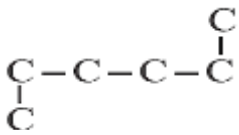
نکته : تعداد پیوند **کووالانسی** در این ترکیبات برابر ($3n+1$) و تعداد پیوند $C-C$ برابر ($n-1$) است. (به ازای هر حلقه یک پیوند کربن –کربن اضافه می شود.)

نکته : متان (CH_4) **ساده ترین** و **نخستین** عضو خانوادهٔ 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.

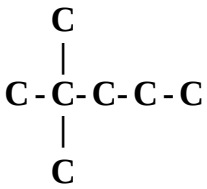
نکته : اتم های کربن در ساختار آلکان ها می توانند **پشت سرهم** و همانند یک **زنجیر** به هم متصل باشند؛ هرچند که برخی از آن ها به شکل **شاخهٔ جانبی** به زنجیر متصل می شوند. بر این اساس **دو** نوع آلکان داریم :

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

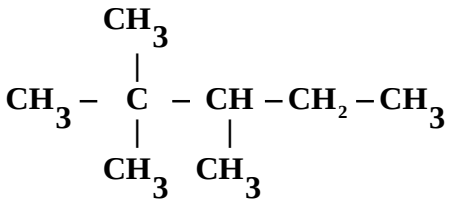


یا $CH_3-(CH_2)_3-CH_3$ یا $CH_3-CH_2-CH_3$

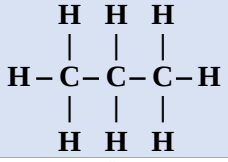
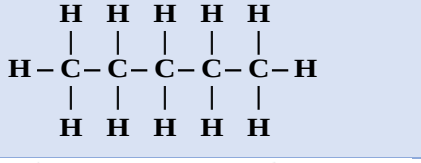
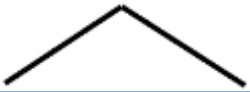
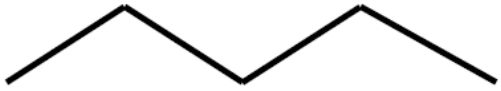
ب) آلکان شاخه دار : آلکانی که **حداقل** یک کربن متصل به **۳** یا **۴** کربن دیگر دارد.



یا

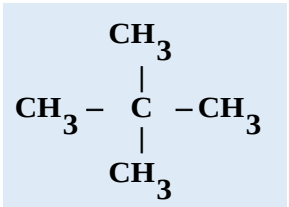


نکته : برای نمایش دادن فرمول آلکان ها (و همه ی هیدروکربن ها) از روش های زیر استفاده می شود :

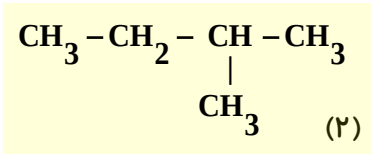
نوع فرمول	مثال ۱	مثال ۲
فرمول مولکولی بسته	C_3H_8	C_5H_{12}
فرمول نیمه گسترده	$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$
فرمول گسترده		
فرمول پیوند – خط (اسکلتی)		

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

مثلاً برای آلکان ۵ کربنه با فرمول مولکولی C_5H_{12} سه ساختار زیر را می توان رسم کرد :



(۳)



(۲)

$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$

(۱)

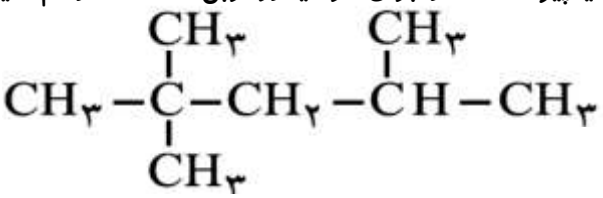
ساختار اولی را آلکان راست زنجیر و دو ساختار بعدی را آلکان شاخه دار می گویند.

خود را بیازمایید

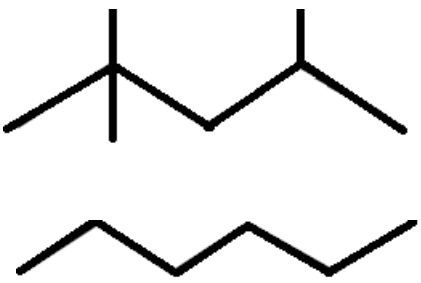
ص ۳۳ کتاب

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

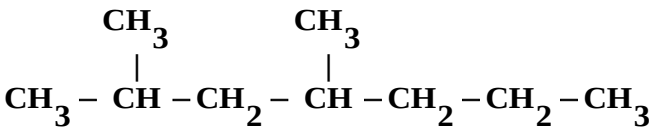
الف)



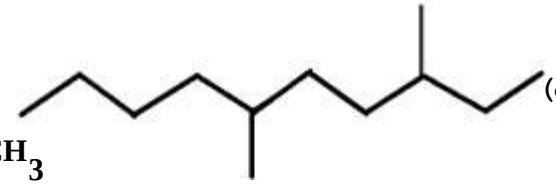
ب)

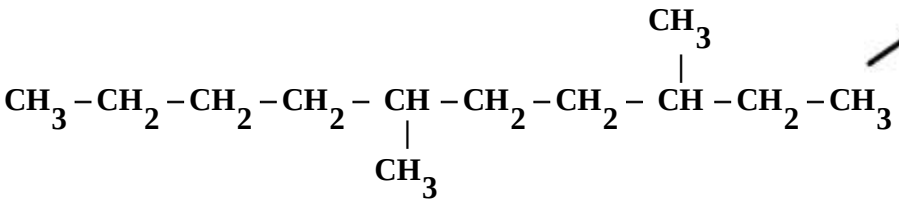


پ)



ت)

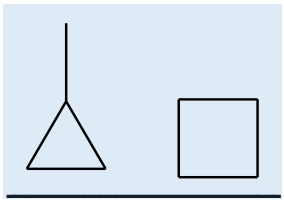




نکته : اگر در یک مولکول از هیدروکربنی مثل C_4H_8 تعداد هیدروژن دو عدد کمتر از فرمول عمومی آلکان‌ها باشد، یعنی C_nH_{2n} دو حالت وجود دارد :

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

$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ .....Or..... $CH_3-CH=CH-CH_3$ .....Or..... $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_3$



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

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

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

نکته : **دومین** و **سومین** پیوند که در اثر تشکیل پیوند **دوگانه** یا **سه گانه** به وجود می آید **پای** (π) نام دارد. در پیوند C-C فقط پیوند **سیگما**، در پیوند C=C **یکی سیگما** و **یکی پای** است و در پیوند $C \equiv C$ 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 **سه گانه** 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

میثم احمدوند

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

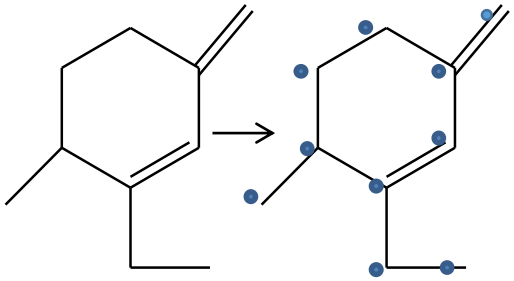
۱) تعداد کربن ها از روی ساختار **شمارش** می‌شود.

۲) با توجه به فرمول عمومی آلکان ها که به ازای n تا کربن $2n+2$ هیدروژن وجود دارد، تعداد هیدروژن را از روی فرمول بدست می آوریم.

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 می شود C_{10} سپس مطابق فرمول $C_{10}H_{2\times10+2}$ یعنی $C_{10}H_{22}$ خواهد شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر دو تا و یک حلقه ۶ تا هیدروژن کسر می شود. $C_{10}H_{22-6}=C_{10}H_{16}$

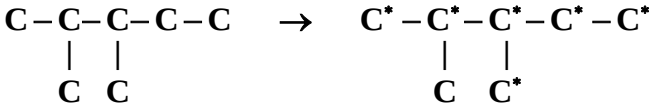


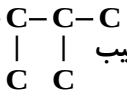
تعداد پیوند کووالانسی : $X=\frac{(C\times4)+(H\times1)}{2}$

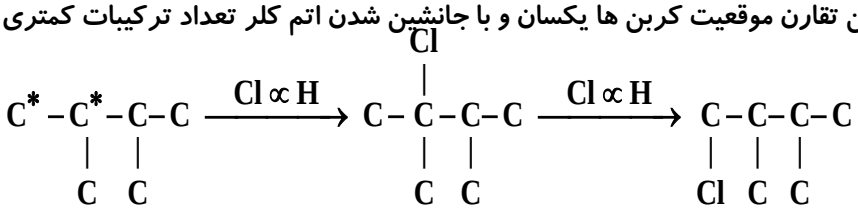
تعداد پیوند کووالانسی : $X=\frac{(10\times4)+(16\times1)}{2}=\frac{56}{2}=28$

نکته : اگر یک اتم هالوژن بخواهد جانشین یکی از هیدروژن‌های یک آلکان شود، **موقعیت** اتم های کربن در آن ترکیب بسیار مهم است،

مثال : موقعیت اتم های کربن متفاوت، در ترکیب زیر مشخص شده است، مثلاً اگر اتم کلر بخواهد جایگزین یکی از هیدروژن ها شود ۶ ساختار متفاوت می‌توان رسم نمود.



اما در ترکیب  به علت داشتن تقارن موقعیت کربن ها یکسان و با جانشین شدن اتم کلر تعداد ترکیبات کمتری به وجود می‌آید.

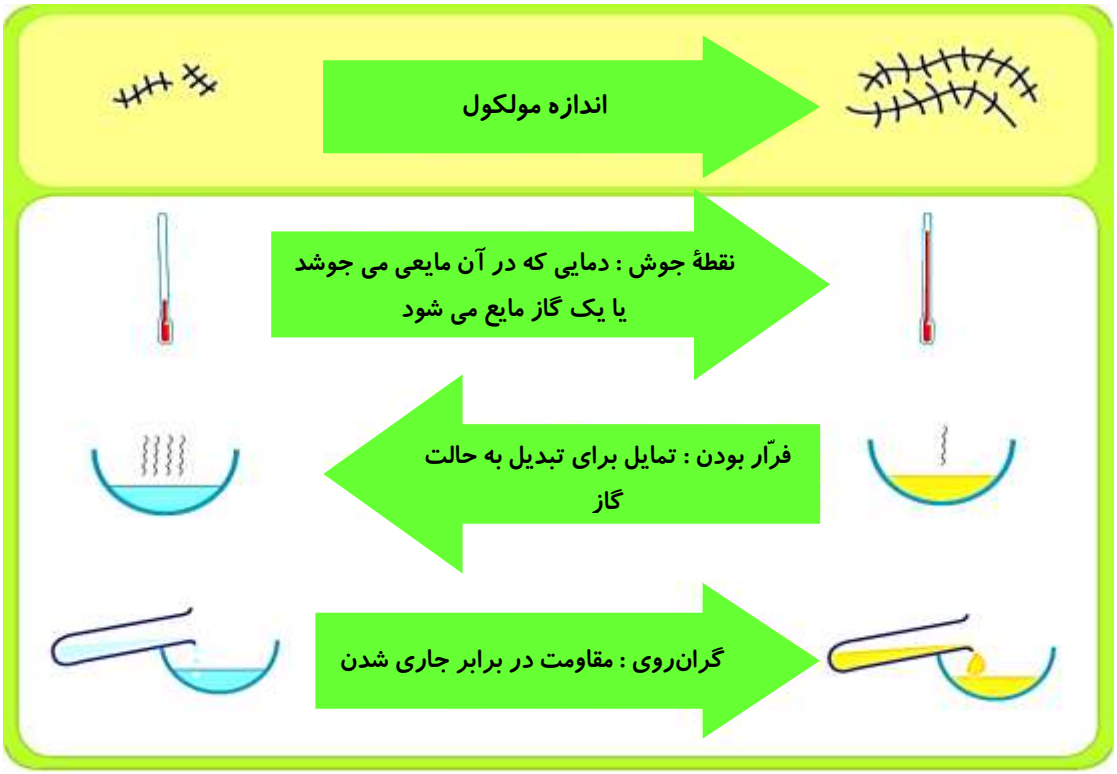


نکته : **شمار** اتم های کربن نقش مهمی در **رفتار** هیدروکربن ها دارد. به طوری که با تغییر تعداد اتم های کربن، **اندازه** و **جرم** مولکول های هیدروکربن تغییر می یابد و در پی آن **نیروی بین مولکولی**، **نقطهٔ جوش** و. . . تغییر می کنند.

با هم بیندیشیم

ص ۳۴ کتاب

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



میثم احمدوند

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

ب) پیش بینی کنید نقطهٔ جوش کدام آلکان بالاتر است؟ $C_{21}H_{44}$ ✓ $C_{12}H_{26}$

پ) در شرایط یکسان کدام آلکان فرّارتر است؟ چرا؟ C_6H_{14} ✓ $C_{10}H_{22}$

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

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

ناقطبی

ث) نیروی بین مولکولی در آلکان 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 آلکان افزایش می یابد؟

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

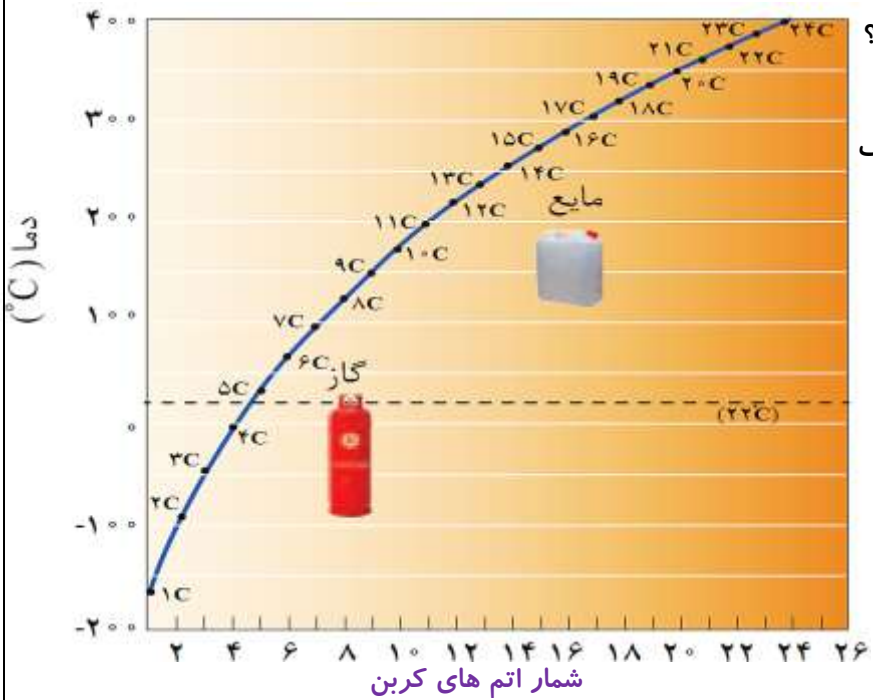
چ) پیش بینی کنید کدام ماده چسبنده تر است؟ چرا؟ گریس (با فرمول تقریبی $C_{18}H_{38}$) ✓ وازلین(با فرمول تقریبی $C_{25}H_{52}$)

وازلین ، چون تعداد کربن بیشتری دارد و جاذبخ بین مولکولی آن قوی تر است.

نکته : در گریس ۵۵ و در وازلین ۷۶ پیوند کووالانسی وجود دارد.

---

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



الف) کدام آلکان ها در دمای ۲۲ °C به حالت گاز هستند؟

تا چهارکربن (متان ، اتان ، پروپان ، بوتان)

ب) رابطه بین نقطهٔ جوش و جرم مولی آلکان ها را توصیف کنید.

با افزایش جرم مولی آلکان ها ، نقطهٔ جوش آن ها افزایش می یابد (رابطه مستقیم)

نکته : **شیب ابتدای نمودار از انتهای آن بیشتر است.**

میثم احمدوند

بررسی ویژگی های آلکان ها :

اندازه مولکول : با **افزایش** شمار کربن ها، اندازهٔ 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 دو قطبی 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.

فرّار بودن : «**تمایل برای تبدیل به حالت گاز**» با **افزایش** شمار کربن ها فرّاریت **کاهش** می یابد. هرچه شمار کربن **کمتری** داشته باشند، **فرّارتر** خواهند بود. آلکان ها تا **چهار** کربن تا دمای ۲۲ °C (و فشار اتمسفر) **گازی** شکل هستند.

نقطهٔ 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. بطورکلّی به ازای هر گروه $-CH_2-$ دمای جوش به اندازه **۲۰** تا **۳۰** درجه زیاد می شود.

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

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

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

محافظت از فلزات : قرار دادن فلزها در آلکان‌های **مایع** یا اندودکردن سطح فلزها و وسایل فلزی با آن ها ، **مانع** از رسیدن **آب** یا **اکسیژن** به **سطح** فلز می شود و از **واکنش** یا **خوردگی** فلز جلوگیری می کند.

واکنش پذیری : ویژگی مهم و برجستهٔ آلکان ها این است که در ساختار آن ها هر اتم کربن با **چهار** پیوند اشتراکی (یگانه) به **چهار** اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح **سیرشده** هستند. از این رو آلکان ها **تمایل چندانی** به انجام واکنش های شیمیایی **ندارند**.

نکته : آلکان ها در واکنش سوختن و نیز **جابجایی** هیدروژن های خود با **هالوژن‌ها** شرکت می کنند(در کتاب به آن اشاره نشده است).

سمی بودن : میزان سمی بودن آلکان ها **کم** و استنشاق آن ها بر **شش ها** و **بدن** تأثیر چندانی **ندارد** و تنها سبب **کاهش** مقدار اکسیژن در هوای **دم** می شوند.

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

نکته : سوخت بیشتر فندک ها گاز **بوتان** بوده و **تحت فشار** پر می شود.

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

در جدول زیر نام ، فرمول مولکولی و شمار اتم های کربن و هیدروژن برای برخی اعضای خانواده آلکان ها 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	-	
شمار C	۱	۲	۳	۴	۵	-	**n**
شمار H	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	-	**2n+2**
فرمول	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	-	C_nH_{2n+2}

خود را بیازمایید

ص ۳۶ کتاب

تجربه نشان می دهد که گشتاور دو قطبی مولکول های سازندهٔ چربی ها حدودصفر است. با توجه به آن :

الف) چرا افرادی که با گریس کار می کنند دستشان را با بنزین یا نفت (مخلوطی از هیدروکربن ها) می شویند؟

زیرا گریس ، بنزین و نفت از دستهٔ آلکان ها هستند و گشتاور دوقطبی صفر و مولکول های ناقطبی دارند بنابراین طبق قاعده «شبیه، شبیه را حل می کند» بنزین به عنوان حلال می تواند گریس را حل کند.

ب) توضیح دهید چرا پس از شستن دست با بنزین، پوست خشک می شود؟

چون بنزین بعنوان حلال ، علاوه بر چربی ها و موادی مانند گریس ، چربی روی پوست را نیز در خود حل می کند. پس از شستن دست با بنزین ، پوست دست خشک می شود چون به سطح پوست آبرسانی نمی شود.

پ) شستن پوست یا تماس آن با آلکان های مایع در دراز مدت به بافت های پوست آسیب می رساند. چرا؟

حل شدن چربی پوست در حلال های ناقطبی و خشک شدن مداوم پوست ، سبب ترک خوردگی پوست می شود و به بافت های پوست آسیب می رساند.

میثم احمدوند

نام‌گذاری آلکان ها :

الف) نام‌گذاری آلکان‌های راست زنجیر :

جدول زیر نام و فرمول مولکولی **ده** آلکان راست زنجیر را نشان می دهد.

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 این روش انتخاب **نشده** است.

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

میثم احمدوند

ب) نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار :

نکته : در قواعد **آیوپاک** چگونگی یافتن ① **نوع** و ② **نام** شاخه فرعی و ③ **جهت** شماره گذاری **زنجیر اصلی** مشخص می شود.

نکته : در هیدروکربن ها، شاخه‌های فرعی را گروه‌های **آلکیل** می نامند. 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 آلکان ها پسوند «**یل**» جایگزین کنیم و فرمول عمومی آن‌ها C_nH_{2n+1} است. مثال : **متان** : CH_4 ⟵ **متیل** : CH_3-

نام آلکان	متان	اتان	پروپان
نام آلکیل	**متیل** (Methyl)	**اتیل** (Ethyl)	**پروپیل** (Propyle)
فرمول مولکولی آلکیل	CH_3-	C_2H_5-	C_3H_7-
ساختار نیمه گسترده آلکیل	CH_3-	CH_3-CH_2-	$CH_3-CH_2-CH_2-$

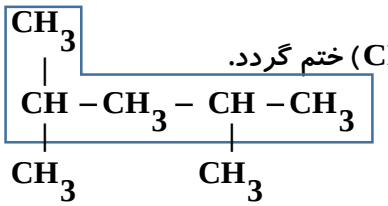
نکته : اگر **بیشتر** از یک شاخه فرعی **یکسان** وجود داشته باشد، تعداد آن‌ها با پیشوندهای **دی** ، **تری** ، **ترا** ، **پنتا** و ... مشخص می شود.

قواعد آیوپاک برای نام‌گذاری آلکان های شاخه دار :

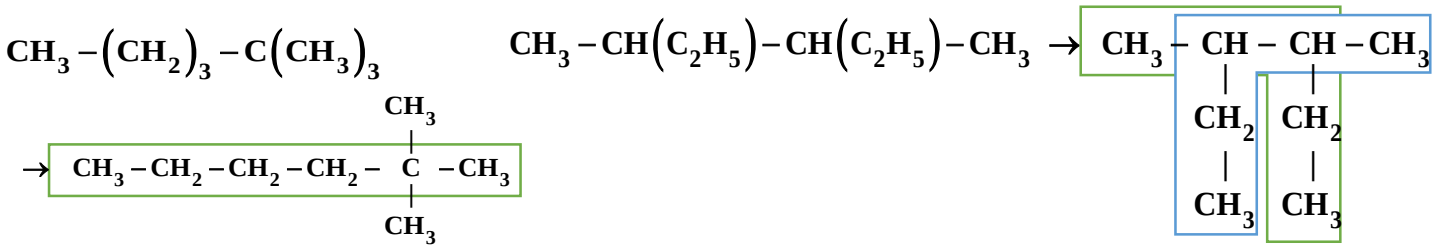
مرحله۱- بلندترین زنجیر کربنی ممکن را به عنوان **زنجیر اصلی** انتخاب می کنیم.

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 حتما بر روی خط مستقیم قرار ندارد.

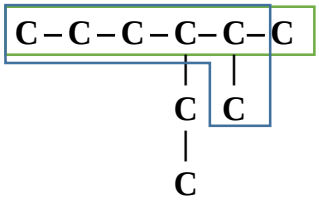


نکته : اگر ساختار ترکیب مورد نظر به صورت **نیمه گسترده** باشد، باید ساختار کاملاً گسترده‌ی ماده را رسم کنیم ، به گونه ایی که هیچ کربنی در آن ، زیروند بیشتر از یک نداشته باشد.

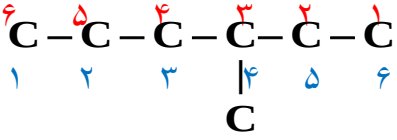


نکته : کربن‌هایی که در زنجیر اصلی قرار ندارند و با کربن‌های زنجیر اصلی اتصال دارند را به‌عنوان شاخه‌های فرعی در نظر می‌گیریم.

نکته : اگر در یک آلکان، **دو** زنجیر با بیشترین تعداد اتم کربن وجود داشته باشد، زنجیری را به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می کنیم که شاخه‌های فرعی **بیشتری** داشته باشد. در مسیر مستقیم دو شاخهٔ فرعی دیده می شود .

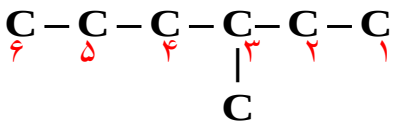


مرحله ۲ : اگر بر روی زنجیر اصلی فقط یک شاخه وجود داشته باشد ، کربن های زنجیر اصلی را از سمتی شماره گذاری می کنیم که به شاخه نزدیک تر باشد.



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

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



۳– متیل هگزان

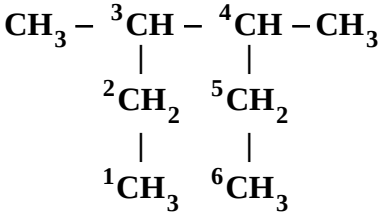
میثم احمدوند

بررسی نام درست در آلکان ها بدون رسم ساختار :

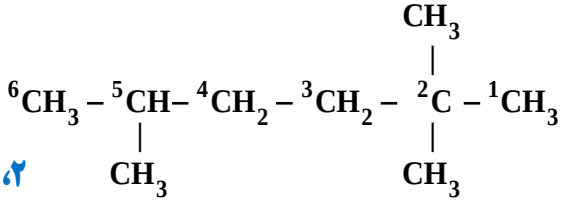
در نام‌گذاری آلکان ها، هیچگاه ۱–متیل،۱–اتیل،۲–اتیل و به طور کلی (n-1) اتیل آلکان نداریم : ۱ – متیل ، ۱– اتیل ، ۲– اتیل

اگر شماره آلکیل برابر با تعداد زنجیر انتخابی باشد ، نام‌گذاری ، نادرست است. مثال : ۲،۴– دی متیل بوتان

نکته : اگر بر روی زنجیر اصلی **دو** یا **چند** شاخه **یکسان** مشاهده شود، بعد از ذکر شماره محل‌های اتصال شاخه ها، تعداد آن‌ها را با پیشوندهای « **دی** ، **تری** ، **ترا** و . . . » معین کرده و **قبل** از نام شاخه ذکر می‌کنیم. مثال :



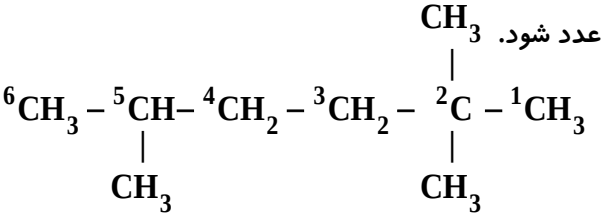
۳، ۴– دی متیل هگزان



۲، ۲، ۵– تری متیل هگزان

نکته : زنجیر اصلی را از سمت نزدیک‌تر به تراکم بیشتر شاخه‌ها شماره گذاری می‌کنیم. باید توجه کنیم که این شماره گذاری به صورتی باشد که عدد بدست آمده از نوشتن شماره‌های شاخه‌های فرعی کنار هم **کمترین** عدد شود.

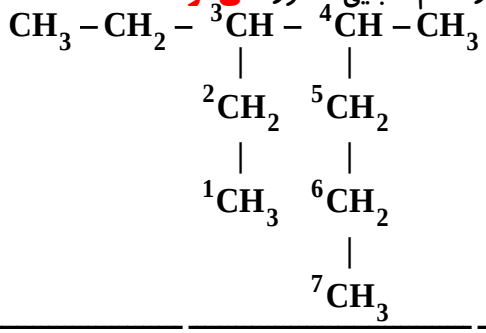
عدد بدست آمده از شماره گذاری : (**۲۲۵**)



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

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

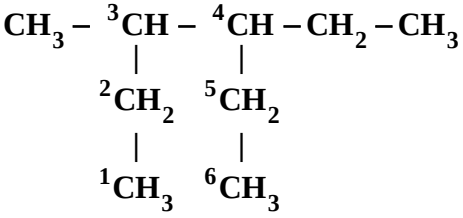
تذکر : باید توجه نماییم که تعداد شاخه‌ها با پیشوندهای « **دی** ، **تری** ، **ترا** و . . . » در تقدم الفبایی منظور **نمی‌شوند**.



۳– اتیل ۴– متیل هپتان

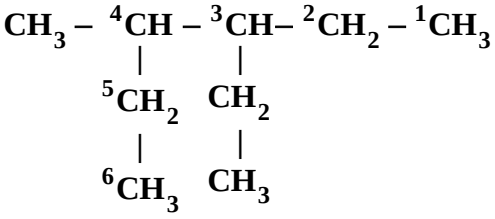
میثم احمدوند

نکته : اگر بعد از انتخاب زنجیر اصلی فاصلهٔ شاخه‌ها تا دو سر زنجیر یکسان و مجموع اعداد نیز برابر باشد، از سمت نزدیک تر به شاخه دارای تقدم الفبایی شماره گذاری را انجام می‌دهیم.



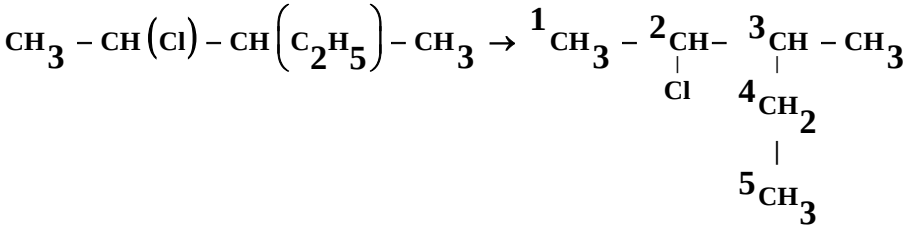
۴– اتیل ۳– متیل هگزان ×

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

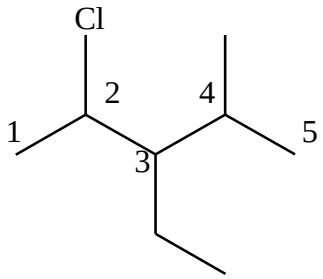


۳–اتیل ۴–متیل هگزان ✓

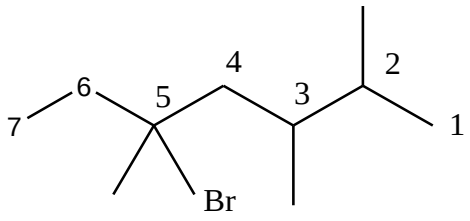
نکته : اگر آلکانی دارای کربنی باشد که به جای هیدروژن عنصر یا گروه دیگری با آن پیوند داشته باشد، آنرا **مشتق آلکان** نامیده و در نام‌گذاری ترکیب با عنصر مربوطه مانند یک شاخه رفتار می‌کنیم. فقط در انتهای نام عنصر مربوطه لفظ « **و** » اضافه می کنیم. برای تقدم نوشتن نام شاخه‌های فرعی تقدم الفبای لاتین ملاک خواهد بود. مانند : نیترو NO_2– کلرو – فلوئورو – برمو – یدو و . . . .



۲–کلرو ۳–متیل پنتان



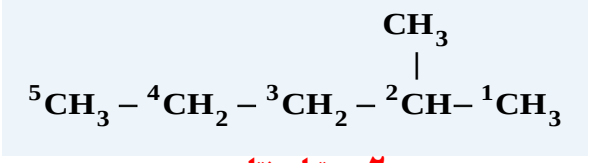
۲–کلرو ۳– اتیل ۴–متیل پنتان



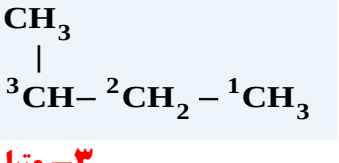
۵– برمو، ۲، ۳، ۵ –تری متیل هپتان

---

۱) نام دو آلکان زیر را در نظر بگیرید.



۲– متیل پنتان



۳– متیل پنتان

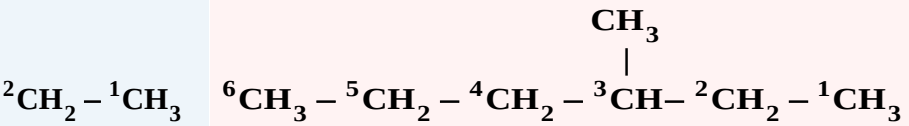
الف) هر عدد و هر واژه در نام هیدروکربن نشان دهندهٔ چیست؟

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.

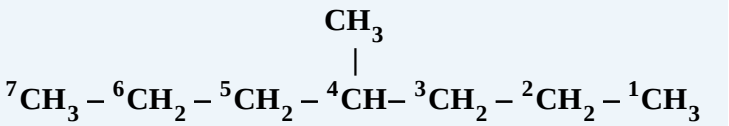
ب) تفاوت این دو ترکیب در چیست؟ موقعیت (محل اتصال) شاخه ها روی کربن زنجیر اصلی

---

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



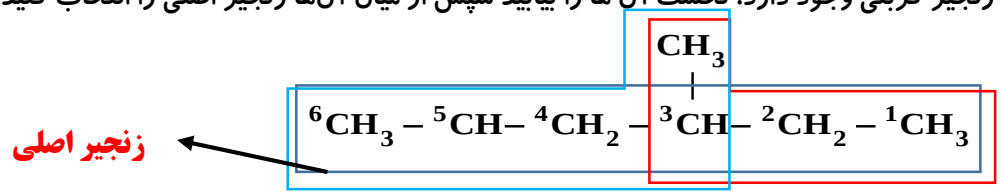
۳ -متیل هگزان



۴ -متیل هپتان

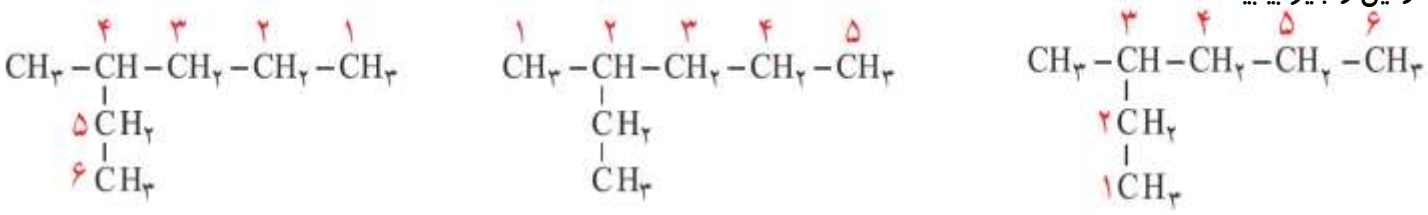
---

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



---

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



✓ ۳ـ متیل هگزان

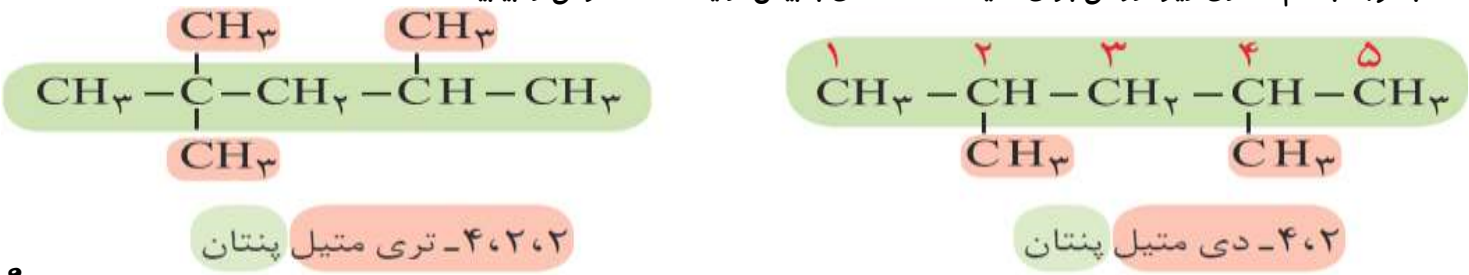
× ۲ـ اتیل پنتان، این نام‌گذاری نادرست است.

× ۴ـ متیل هگزان، این نام‌گذاری نادرست است.

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

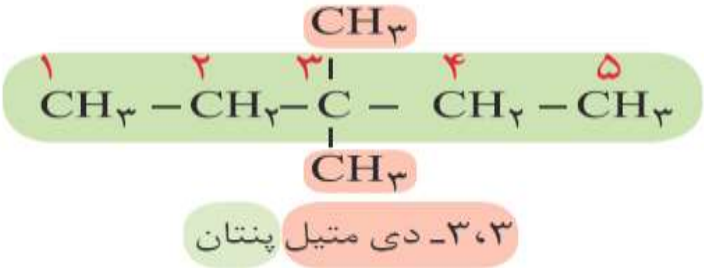
---

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



۲،۴ـ دی متیل پنتان

۲،۲،۴ـ تری متیل پنتان



۳،۳ـ دی متیل پنتان

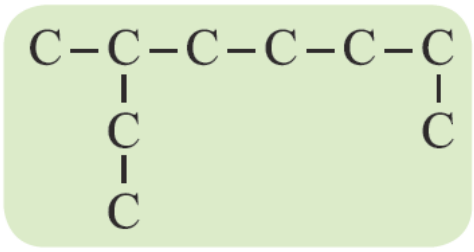
ابتدا شماره کربن هایی که شاخه فرعی به آن ها متصل هستند را نوشته ، سپس تعداد آن‌ها را با پیشوندهای مناسب بیان کرده و در نهایت نام آلکان هم کربن با زنجیر اصلی را می آوریم.

میثم احمدوند

خود را بیازمایید ص ۳۸ و ۳۹ کتاب

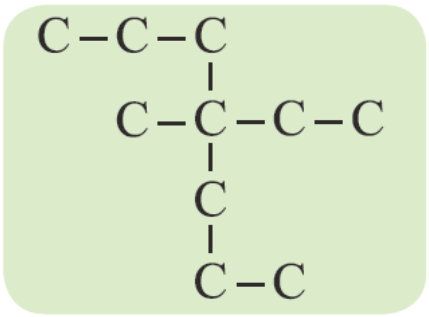
۱) آلکان های زیر را نام گذاری کنید. (راهنمایی: در نام گذاری آلکان های شاخه دار، نوشتن نام اتیل بر متیل مقدم است.)

الف)



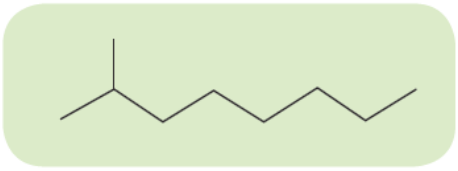
۳– متیل اکتان

ب)



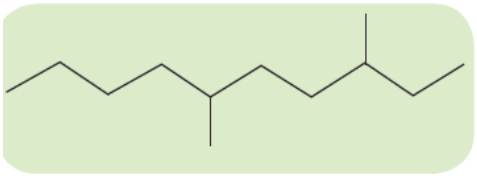
۴– اتیل ۴– متیل هپتان

پ)



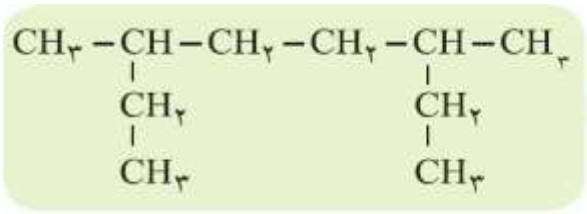
۲– متیل اکتان

ت)



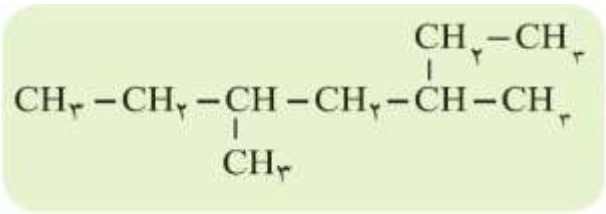
۳و۶– دی متیل دکان

ث)



۳و۶– دی متیل اکتان

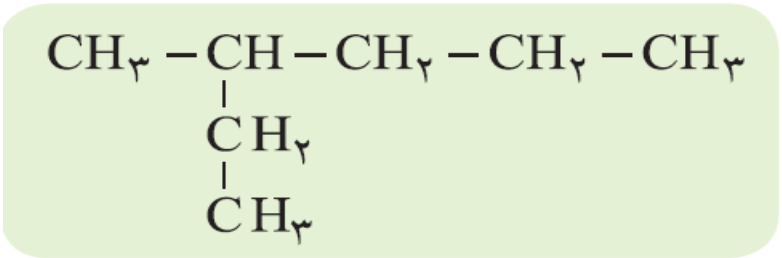
ج)



۳و۵– دی متیل هپتان

---

۲) چرا نام ۲–اتیل پنتان برای ترکیب زیر نادرست است؟



چون در واقع زنجیر اصلی شش کربنه است و نام درست آن ۳– متیل هگزان است.

آلکن ها، هیدروکربن‌هایی با یک پیوند دوگانه :

نکته : **آلکن‌ها** هیدروکربن‌هایی با فرمول عمومی C_nH_{2n} هستند که در ساختار خود یک پیوند **دوگانه** کربن=کربن $-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-$ دارند.

نکته : تعداد پیوند **کووالانسی** در آلکن‌ها برابر **۳n** است. (n : شمار کربن‌ها)

نام و ساختار چند آلکن راست زنجیر :

$CH_3-CH_2-CH=CH_2$ **۱–بوتن**

$CH_3-CH=CH_2$ **پروپن**

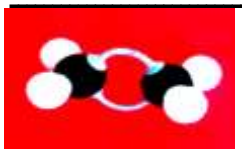
$CH_2=CH_2$ **اتن**

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH_2$ **۱–هگزن**

$CH_3-CH=CH-CH_3$ **۲–بوتن**

میثم احمدوند

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



نکته : **اتن** (**اتیلن** C_2H_4) **نخستین** و **کوچک‌ترین** عضو خانوادهٔ آلکن‌ها است. (**۲** $\geq$ n : در آلکن‌ها)

نکته : اتن در **بیشتر** گیاهان وجود دارد. **موز** و **گوجه** فرنگی **رسیده** گاز **اتن** آزاد می‌کنند. **اتن** آزاد شده از یک موز یا گوجه فرنگی رسیده به نوبه خود موجب رسیدن **سریع‌تر** میوه‌های **نارس** می‌شود. به همین دلیل در کشاورزی، از گاز **اتن** به عنوان «**عمل آورنده**» استفاده می‌شود.

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.

۱) $CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$

۲) $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3$

۳) $CH_2=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

۴) $CH_3-CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_3$

۵) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH_2$

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 «**ـِن**» قرار می‌دهیم؛ سپس محل پیوند **دوگانه** را با شماره **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** + **ـِن** »

۱- **بوتن** $C=C-C-C$

۲- **بوتن** $C-C=C-C$

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

میثم احمدوند

نکته : رفتار **آلکن‌ها** همانند **همهٔ** 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 گونه ای 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 درحالی است که اتم کربن **تمایل** دارد تا از حداکثر 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.)

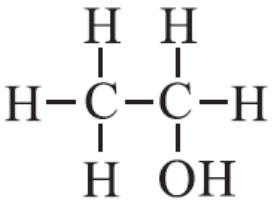
۱- افزودن آب در حضور کاتالیزگر سولفوریک اسید : با وارد کردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید در شرایط مناسب، اتانول در مقیاس صنعتی تولید می شود.

معادلهٔ زیر، واکنش شیمیایی انجام شده را نشان می‌دهد.

$$CH_2=CH_2 + HOH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

نکته : از مقایسهٔ مولکول اتانول با مولکول اتن ، در می‌یابیم که یکی از پیوندها 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 فراوردهٔ **سیرشده‌ای** 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 (C_2H_5OH) و دارای عامل **الکلی** است.
- ✓ اتانول، الکلی **دو کربنی** ، **بی رنگ** و **فرّار** است و به **هر نسبتی** در آب حل می‌شود.
- ✓ از **مهم‌ترین** حلال‌های **صنعتی** است.
- ✓ در تهیه مواد **دارویی**، **بهداشتی** و **آرایشی** به کار می‌رود.
- ✓ از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان **ضدعفونی** کننده استفاده می‌شود.
- ✓ در ساختار آن **۸** پیوند **کووالانسی** (۸ جفت الکترون پیوندی) و **۲** جفت الکترون **ناپیوندی** وجود دارد.
- ✓ توانایی تشکیل پیوند **هیدروژنی** را دارد.

میثم احمدوند

- ✓ صنعت **پتروشیمی** یکی از صنایع **مهم** جهان است.
- ✓ در صنعت پتروشیمی، **ترکیب‌ها**، **مواد** و **وسایل** گوناگون از **نفت** یا **گاز 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 هرگاه گاز **اتن** را در محلولی از **برم** وارد کنیم رنگ **قرمز** محلول **از بین می‌رود**. این تغییر نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است :

$$CH_2=CH_2(g)+Br_2(l)\longrightarrow \underset{Br}{\overset{|}{CH_2}}-\underset{Br}{\overset{|}{CH_2}}(l)$$

۲،۱ـ دی برموا‌تان

- ✓ در این واکنش ، مولکول **برم** به پیوند دوگانهٔ کربن–کربن در مولکول اتن افزوده می‌شود، و فراورده‌ای **سیرشده** پدید می‌آید.
- ✓ **همهٔ** آلکن‌ها در این واکنش شرکت می‌کنند. این واکنش یکی از روش‌های **شناسایی** آلکن‌ها از **هیدروکربن‌های سیرشده** است.
- ✓ اگر **مخلوطی** از **آلکن** و **آلکان** داشته باشیم می توانیم **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 به **آلکان** تبدیل شود :

$$-\underset{|}{C}=\underset{|}{C}-+H_{2(g)}\xrightarrow{Ni}-\underset{|}{\overset{|}{\overset{H}{C}}}-\underset{|}{\overset{|}{\overset{H}{C}}}-$$

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

$$C_nH_{2n}+\frac{3n}{2}O_2\rightarrow nCO_2+nH_2O$$

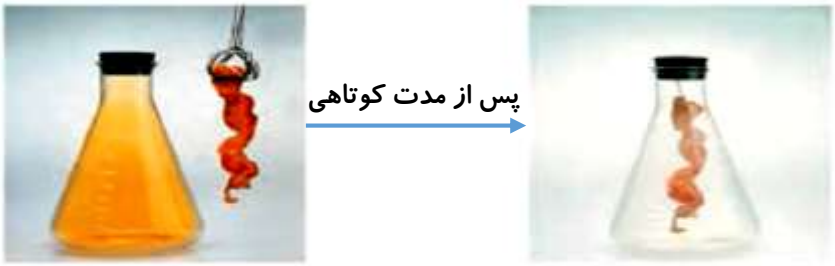
۵– واکنش پلیمری شدن : دستهٔ دیگری از واکنش آلکن‌هاست که با استفاده از آن می‌توان انواع **لاستیک‌ها** ، **پلاستیک‌ها** ، **الیاف** و **پلیمرهای سودمند** را تهیه کرد. این واکنش‌ها را در فصل سوم بررسی خواهیم کرد.

$$nCH_2=CH_{2(g)}\xrightarrow{catalist,heat}(-CH_2-CH_2-)_{n(S)}$$

خود را بیازمایید

ص ۴۱ کتاب

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



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

نکته : برای تشخیص چربی‌های سیرشده و سیرنشده به سه روش عمل می‌کنند :

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

۲- **ید** در حضور **چسب نشاسته** : چربی‌های سیرنشده محیط را **بی‌رنگ** می‌کند.

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

میثم احمدوند

آلکین‌ها، سیرنشده‌تر از آلکن‌ها :

آلکین‌ها با فرمول عمومی C_nH_{2n-2} که در ساختار خود یک پیوند **سه** گانه کربن-کربن $(-C\equiv C-)$ دارند و جزء هیدروکربن‌های **سیرنشده** هستند.

نکته : تعداد پیوند کووالانسی در آلکین‌ها برابر $3n-1$ است.

نکته : **اتین** با فرمول مولکولی C_2H_2 ، **ساده‌ترین** آلکین و **پروپین** دومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها است.

نکته : از نام **پروپین** چنین برمی‌آید 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.

مثال : در ترکیب C_5H_8 سه ساختار مختلف مشاهده می‌شود.

۱) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$

۲) $CH_3-CH_2-C\equiv C-CH_3$

۳) $CH\equiv C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

نام‌گذاری آلکین‌ها :

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

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

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

۱- بوتین $C\equiv C-C-C$

۲- بوتین $C-C\equiv C-C$

آلکین	C_nH_{2n-2}	آلکان	C_nH_{2n+2}
-	-	متان	CH_4
اتین(استیلن)	C_2H_2	اتان	C_2H_6
پروپین	C_3H_4	پروپان	C_3H_8
۱-بوتین یا ۲- بوتین	C_4H_6	بوتان	C_4H_{10}

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

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

نکته : **جوش کاربیدی** : درجوشکاری از سوختن گاز اتین، **دمای** لازم برای جوش دادن قطعه‌های فلزی **تأمین** می‌شود.

$$-C\equiv C-+2H_{2(g)} \xrightarrow{Ni} -\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-$$

هیدروکربن‌های حلقوی :

میثم احمدوند

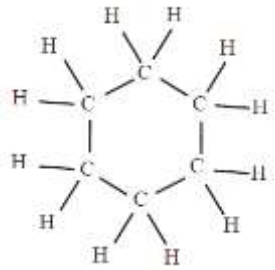
نکته : ترکیب های آلی که در آنها اتم‌های کربن طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی به وجود آورده‌اند.

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 **سیرشده** یا **سیرنشده** باشند.

نکته : ترکیبات حلقوی سیرشده (که در آنها تمام پیوندها ساده است) از فرمول عمومی C_nH_{2n} مانند (آلکِن ها) 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

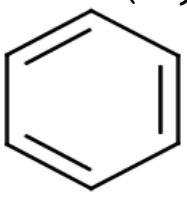
نکته : کوچک‌ترین حلقه‌ای که اتم‌های کربن با پیوندهای **یگانه** می‌توانند تشکیل دهند، حلقهٔ سه کربنی یا **سیکلوپروپان** است.

هیدروکربن‌های آروماتیک :

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

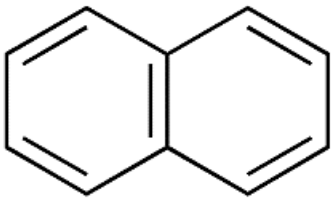
دو نوع از این دسته از ترکیبات در کتاب بررسی شده است :

الف) **بنزن** :

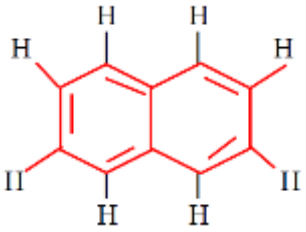


- ✓ هیدروکربنی **سیرنشده** با فرمول مولکولی C_6H_6 است.
- ✓ **هشت** اتم هیدروژن نسبت به آلکان هم کربن کم دارد. (**دو** تا برای حلقوی شدن و **شش** تا برای داشتن سه پیوند دوگانه).
- ✓ **سرگروه** خانوادهٔ مهمی از هیدروکربن‌ها به نام **آروماتیک** است.
- ✓ **۳** پیوند دوگانه دارد، پس با با **سه** مول گاز هیدروژن سیرشده و به **سیکلو هگزان** تبدیل می‌شود.
- ✓ در ساختار بنزن تعداد **۱۵** پیوند کووالانسی وجود دارد.

ب) **نفتالن** :



- ✓ هیدروکربنی آروماتیک و **سیرنشده** 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 سیرشده 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 حلقهٔ چسبیده به هم و ده تا برای داشتن پنج پیوند دوگانه).



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

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

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

میثم احمدوند

توضیحات بیشتر و کاربردی :

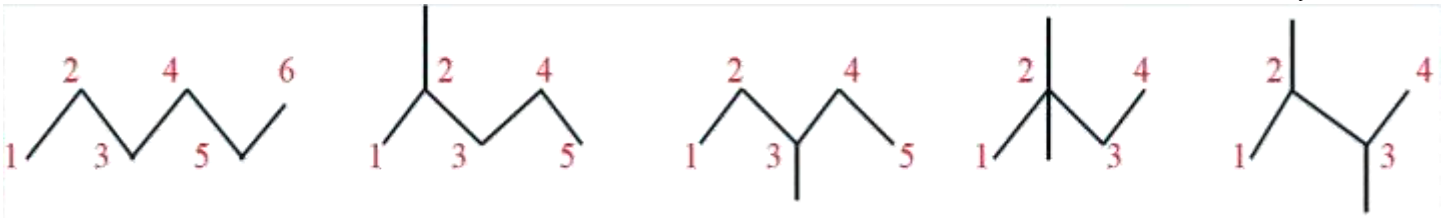
تعریف ایزومر (هم پار) : ایزومرها موادی هستند که فرمول **مولکولی یکسان** و فرمول **ساختاری متفاوتی** دارند. این مواد می‌توانند از یک **خانواده** و یا از خانواده‌های **مختلفی** باشند.

نکته : **سه** آلکان اول (متان ، اتان و پروپان) ایزومر **ندارند**، زیرا برای آن ها فقط **یک** ساختار می توان رسم کرد. از این رو در آلکان‌ها ، ایزومری از **۴** کربن به بعد و براساس وجود شاخه‌های **آلکیل** ، معنی می‌یابد.

نکته : تعداد ایزومرهای آلکان‌ها از **۴** تا **۷** کربن از رابطهٔ $2^{n-4} + 1$ 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. $2^{n-4} + 1 \Rightarrow 2^{6-4} + 1 = 5$



✓ ایزومرها می‌توانند ازیک خانواده **نباشند** مثلاً آلکن با سیکلوآلکان هم کربن بافرمول عمومی C_nH_{2n} ، باهم ایزومر هستند.

نکته : نحوه تشخیص ایزومرها از روی نام :

تعداد کربن برابر و پسوند در نام یکسان		تعداد کربن برابر و پسوند در نام غیر یکسان	
۳- اتیل هگزان	اوکتان	متیل سیکلو پنتان	۱- هگزن
متیل پروپان	بوتان	سیکلو هگزان	۱- هگزن
۲- هگزن	۳ - هگزن	سیکلو پروپان	پروپن
۳- متیل پنتان	هگزان	متیل سیکلو پروپان	۲ - بوتن
۱و۳ - دی متیل سیکلو بوتان	سیکلو هگزان	سیکلو هگزان	۳ - هگزن

نفت، ماده ای که اقتصاد جهان را دگرگون ساخت :

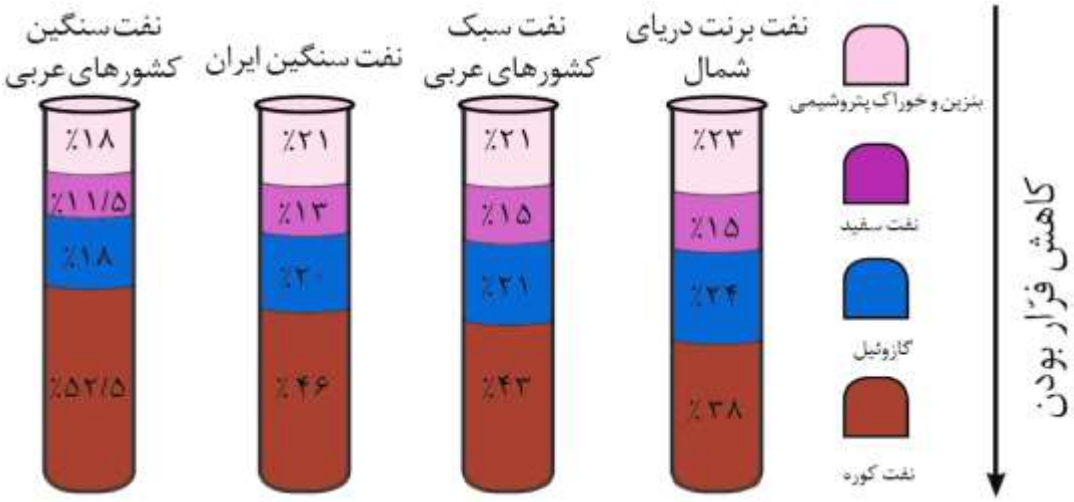
- ✓ نفت خام مخلوطی از **هیدروکربن‌های** گوناگون ، برخی **نمک‌ها** ، **اسیدها** ، **آب** و . . . با مقادیر **متغیر** در نقاط مختلف است.
- ✓ **آلکان‌ها** بخش **عمدهٔ** هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند.
- ✓ به دلیل **واکنش‌پذیری کم** آلکان‌ها **اغلب** به عنوان **سوخت** به کار می‌روند، به 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 می رود.
- ✓ از نفت خام ، هیدروکربن‌های **متفاوتی** به دست می‌آید.

میثم احمدوند

با هم بیندیشیم

ص ۴۳ کتاب

در شکل زیر چهار نوع نفت خام بر اساس درصد اجزای سازنده مقایسه شده اند. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



الف) اندازهٔ مولکول های نفت کوره با بنزین چه تفاوتی دارد؟

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

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

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

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

هرچه درصد نفت کوره در نفتی بیشتر باشد آن نفت سنگین‌تر است و هر نفتی که خوراک پتروشیمی و بنزین بیشتری داشته باشد، نفت سبک‌تر است.

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

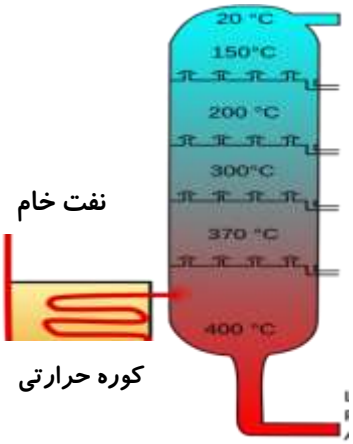
چون بنزین و خوراک پتروشیمی بیشتری دارد و مواد اولیه بیشتری برای صنایع می توان از آن بدست آورد.

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 **تقطیر جزء به جزء** ، هیدروکربن‌های آن را به صورت مخلوط‌هایی با نقطهٔ **جوش نزدیک** به هم جدا می‌کنند که به این فرایند **پالایش** می‌گویند.

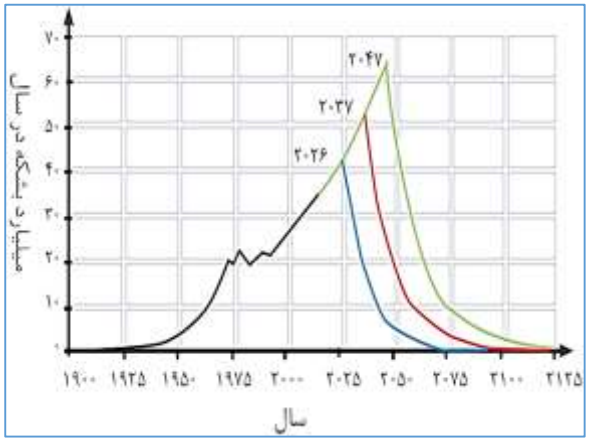
- ✓ برای تقطیر **جزء به جزء** ، نفت خام را درون محفظه‌ای بزرگ **گرما** می‌دهند و آن را به برج **تقطیر** هدایت می‌کنند.
- ✓ در برج تقطیر از **پایین** به **بالا** دما **کاهش** می‌یابد.
- ✓ نفت خام **داغ** به قسمت **پایین** برج وارد می‌شود.



- مولکول‌های **سبک‌تر** و **فرّارتر** ازجمله **مواد پتروشیمیایی** ، از مایع بیرون آمده و به سوی **بالای** برج حرکت می‌کنند.
- به تدریج که این مولکول‌ها **بالاتر** می‌روند، **سرد** شده و به **مایع** تبدیل می‌شوند.
- مایع های حاصل در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند وارد شده و از برج **خارج** می‌شوند. بدین ترتیب مخلوط‌هایی با نقطهٔجوش نزدیک به هم از نفت خام **جداسازی** می شوند.

نکته : تقطیر جزء به جزء، فرایندی است که در آن مخلوط‌هایی با نقطهٔ جوش 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 می داد و از سوی دیگر، منجر به **تولید انرژی الکتریکی ارزان** قیمت می شد.
- همهٔ این روند منجر سبب شد تا ارزش و اهمیت **طلای سیاه** روز به روز بیشتر شود تا جایی که استفاده و شناخت بیشتر آن، چهرهٔ زندگی را آشکارا تغییر داد.
- استخراج و مصرف بی رویهٔ این نعمت خدادادی سبب شده تا این اندوخته رو به **پایان** باشد. در نمودار روبه رو میزان نفت تولید شده تا اکنون را داریم و برآورد می شود این روند در حالت حداکثری 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 می دهد.



میثم احمدوند

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 هواکره و **تشدید اثر گلخانه‌ای** می‌شود.

مقایسه بنزین با زغال سنگ :

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

بنابراین باید به دنبال راه‌های بهبود کارآیی زغال سنگ باشیم.

- یکی از این راه‌ها **شست‌و 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 نیروگاه ها بوسیله **کلسیم اکسید** (**آهک**) می‌باشد. (پس از مصرف)

$$SO_2(g) + CaO(s) \longrightarrow CaSO_3(s)$$

مشکلات تولید زغال سنگ :

- یکی از مشکلات زغال سنگ ، **شرایط دشوار استخراج** آن است. به گونه‌ای که در سده اخیر بیش از **۵۰۰۰۰۰** نفر در سطح جهان در اثر **انفجار** یا **فروریختن** معدن جان خود را از دست داده اند.
- این انفجارها **اغلب** به دلیل تجمع گاز **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. بدیهی 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.

میثم احمدوند

مزایای حمل و نقل هوایی :

① **سریع‌ترین** حالت حمل و نقل ② **عدم نیاز** به جاده سازی و **تعمیرات** آن ③ مسافرت **آسان** ④ **خدمات رسانی خوب** در مواقع 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 هواپیما :

- سوخت هواپیما از **پالایش نفت خام** در برج های **تقطیر** پالایشگاه‌ها تولید می‌شود.
- سوخت هواپیما به طور عمده از **نفت سفید** که مخلوطی از **آلکان‌هاست** تهیه می‌شود.
- امروزه تولید سوخت هواپیما یکی از **صنایع مهم** و **ارزآور** است که به **دانش فنی بالایی** 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 **ده** تا **پانزده** کربن است.

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

تمرین‌های دوره ای :

۱- یون سولفات موجود در ۲/۴۵ گرم از نمونه ای کود شیمیایی را با استفاده از یون باریم، جداسازی کرده و ۲/۱۸ گرم باریم سولفات به دست آمده است. درصد خلوص کود شیمیایی را بر حسب یون سولفات حساب کنید. $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$

$$①\ ?\,g\ SO_4^{2-} = ۲/۱۸\ g\ BaSO_4 \times \frac{1\ mol\ BaSO_4}{233\ g\ BaSO_4} \times \frac{1\ mol\ SO_4^{2-}}{1\ mol\ BaSO_4} \times \frac{96\ g\ SO_4^{2-}}{1\ mol\ SO_4^{2-}} = ۰/۹\ g\ SO_4^{2-}$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{0/9\ g}{2/45\ g} \times ۱۰۰ = ۳۶/۷۳٪$$

---

۲ - از واکنش ۸/۱ گرم فلز آلومینیم با خلوص ۹۰ درصد با محلول مس(II) سولفات مطابق واکنش زیر، چند گرم فلز مس آزاد می شود؟

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \longrightarrow 3Cu(s) + Al_2(SO_4)_3(aq)$$

① $? \text{ g Cu} = ۸/۱ \text{ g Al} \times \frac{90}{100} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{63/5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = ۲۵/۷۱ \text{ g Cu}$

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

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

$$SiO_2(s) + 2C(s) \xrightarrow{3000^\circ c} Si(l) + 2CO(g)$$

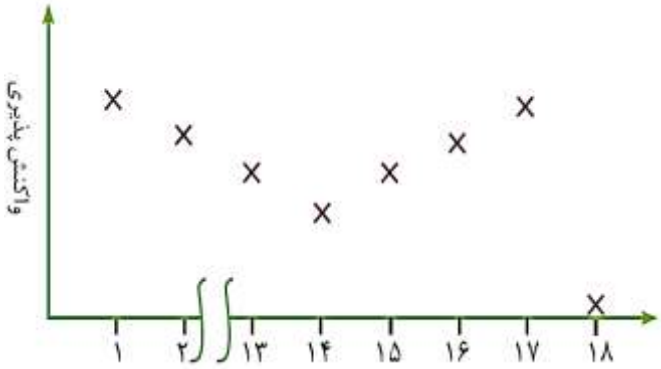
الف) واکنش پذیری کربن را با سیلیسیم مقایسه کنید.

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 ۰/۰۰۰۱ گرم است. درصد خلوص آن را حساب کنید.

$۱۰۰ - ۰/۰۰۰۱ = ۹۹/۹۹۹۹ \quad \Rightarrow \quad \text{درصد خلوص} = \frac{99/9999 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times ۱۰۰ = ۹۹/۹۹۹۹٪$

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



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

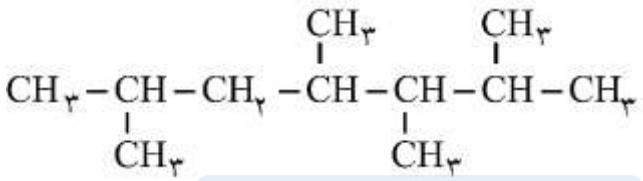
گازهای نجیب به جز هلیم در لایه ظرفیت خود دارای ۸ الکترون می‌باشند به عبارت دیگر به آرایش هشتایی رسیده اند به همین دلیل تمایل به کسب یا از دست دادن الکترون ندارند .

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 می‌یابد.

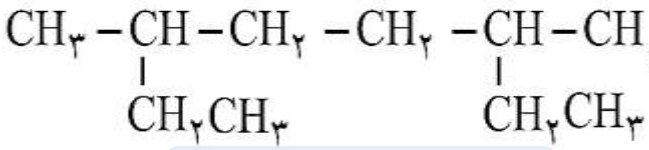
۵- هر یک از هیدروکربن‌های زیر را به روش آیوپاک نام‌گذاری کنید.

الف)



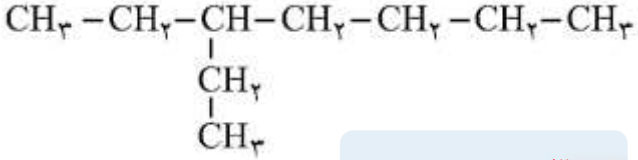
۶،۴،۳،۲- ترا متیل هپتان

ب)



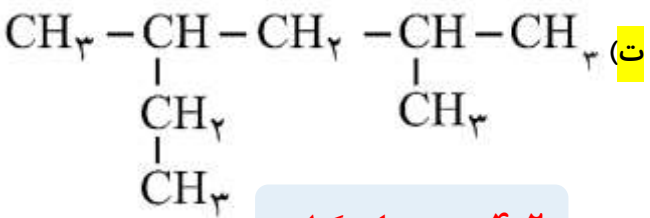
۶،۳- دی متیل اکتان

پ)



۳- اتیل هپتان

ت)

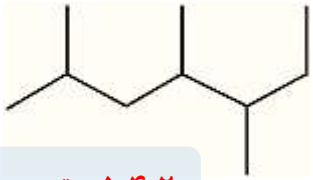


۴،۲- دی متیل هگزان

ث) $(CH_3)_2CH\ CH_2\ CH\ (CH_3)_2$

۴،۲- دی متیل پنتان

ج)



۵،۴،۲- تری متیل هپتان

۶ – با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید. الف) هر یک از آنها را موازنه کنید.

$$1)\ TiCl_4 + 2\ Mg \xrightarrow{\Delta} Ti + 2\ MgCl_2$$

$$2)\ 2\ Fe_2O_3 + 3\ Ti \xrightarrow{\Delta} 4\ Fe + 3\ TiO_2$$

ب) ترتیب واکنش پذیری عنصرهای Ti و Mg ، Fe را مشخص کنید.

$$Fe < Ti < Mg$$

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

$$3Mg + Fe_2O_3 \xrightarrow{\Delta} 3\ MgO + 2\ Fe$$

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

میثم احمدوند

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 $۳/۵۴ \times ۱۰^{۷}$ گرم تیتانیم (IV) کلرید، $۷/۹۱ \times ۱۰^{۶}$ گرم فلز تیتانیم به دست آید، بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$①\ ?\ g\ Ti = ۳/۵۴ \times ۱۰^{۷}\ g\ TiCl_4 \times \frac{1\ mol}{190\ g} \times \frac{1\ mol}{1\ mol} \times \frac{48\ g}{1\ mol} = ۸/۹۴ \times ۱۰^{۶}$$

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

۷– معدن مس سرچشمهٔ کرمان، یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان به شمار می رود و بزرگترین تولیدکنندهٔ مس است.

برای تهیهٔ مس خام از سنگ معدن آن، واکنش زیر انجام می‌شود. $Cu_2S + O_2 \rightarrow 2\ Cu + SO_2$

الف) با مصرف ۴۰۰kg مس(I) سولفید با خلوص ۸۵ ٪ حدود ۱۹۰/۵۴ kg مس خام تهیه می شود. بازده درصدی واکنش را حساب کنید.

$$①\ ?\ kg\ Cu = ۴۰۰\ kg \times \frac{85}{100} \times \frac{1000\ g}{1\ kg} \times \frac{1\ mol}{160\ g} \times \frac{2\ mol}{1\ mol} \times \frac{64\ g}{1\ mol} \times \frac{1\ kg}{1000g} = ۲۷۲\ kg\ Cu$$

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

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

یکی از فراورده‌های این واکنش گوگرد دی اکسید بوده که یک آلاینده محسوب می‌شود.

---

۸) هگزان (C_6H_{14}) و ۱– هگزن (C_6H_{12}) دو مایع بی رنگ 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 بی رنگ خواهد شد.

ب) جای خالی را در واکنش زیر پر کنید.

$$C_6H_{12}(l) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} C_6H_{14}(l)$$

پایان فصل اول

میثم احمدوند

فصل دوم : در پی غذای سالم

مباحث عمده فصل : تغذیه ، دما و انرژی گرمایی ، گرما شیمی (ترمودینامیک شیمیایی) ، گروه های عاملی ، سینتیک شیمیایی ، مسائل سرعت واکنش ها

- ✓ 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 رابطهٔ انیشتین $E=mC^2$)
- ✓ نیاز به **انرژی** برای انجام هر فعالیت با هر **آهنگی**، 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 **گرماشیمیایی** و **سرعت** انجام آنها، در استفادهٔ 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 کنندهٔ 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 پروتئینی** و...تولید شود.

نمودارتولید و مصرف جهانی غلات (میلیون تن)

۱. مطابق نمودار مقابل مقدار **تولید**، **مصرف** و **انبار شدن** با هم متناسب است.
۲. اگر مصرف بیش از تولید باشد از **ذخایر** مصرف می‌شود.
۳. روند تولید و مصرف غلات به طور **نامنظم** رو به **افزایش** است.
۴. اثر هر سال در **سال بعد** نشان داده می‌شود.

- ✓ **پیشرفت دانش** و **فناوری** موجب شده است که تولید فراورده‌های 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 **صنایع غذایی** نامیده می‌شوند.
- ✓ یکی از **مهم‌ترین** و شاید **دشوارترین** مسئولیت هر دولت، **تأمین غذای** افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با **قحطی** 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.

میثم احمدوند

خود را بیازمایید

ص ۵۱ کتاب درسی

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

منبع خوراکی	سرانهٔ مصرف (Kg)	
	جهان	ایران
نان	۲۵	۱۱۵
برنج	۲۲	۳۷
حبوبات	۲۲	۱۲
سبزیجات	۱۳۰	۱۰۰
میوه	۱۴۵	۹۵
گوشت قرمز	۳۷	۱۹
ماهی	۱۹	۹
تخم مرغ	۲۴	۹
شیر	۳۰۰	۹۰
شکر	۵	۳۰
نمک خوراکی	۳	۶
روغن	۱۴	۱۹

✓ سرانهٔ مصرف مادهٔ غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گسترهٔ زمانی معین (معمولاً یک ساله است) نشان می‌دهد.

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

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی رویهٔ کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟ **مصرف 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 برنامهٔ 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 تصمیم گیرنده در کشور باشید، چه راهکارهایی برای افزایش مصرف آنها ارائه می‌کنید؟

کاهش قیمت بر اساس پرداخت یارانه، توزیع در مدارس و محل کار کارمندان فرهنگ سازی 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 سالانهٔ **بالاتری** نسبت به سرانهٔ جهانی دارد.

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

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

استفاده از آنها همراه با مواد غذایی به صورت مستمر

محورهای مهم خود را بیازمایید :

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 **انرژی** بدن و **سلامت** خانواده در گرو رژیم غذایی **سالم** است.

میثم احمدوند

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 بدن دارد که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- **انرژی** مورد نیاز بدن 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 بدن مانند **سلول‌های خونی**، **استخوان**، **پوست**، **مو**، **ماهیچه**، **آنزیم‌ها** و ...را فراهم می‌کند.

۳- تأمین **حرارت بدن** و **تنظیم** آن

همهٔ این فرایندها وابسته به انجام واکنش‌های **شیمیایی** هستند که هر یک **آهنگ** ویژه ای دارند؛ واکنش‌هایی که **دمای** بدن را نیز **کنترل** و **تنظیم** می‌کنند.

غذا معجونی از مواد **شیمیایی** ، محتوی ذره‌های گوناگون است. منظور از **ذره‌ها** ، **اتم‌ها** ، **مولکول‌ها** و **یون‌هاست** 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.

اسفناج	عدس	تخم مرغ	گوشت ماهی	ماست
خون ساز- حاوی **آهن**	**خون ساز**- حاوی **آهن**	حاوی **آمینو اسید** و **پروتئین ساز**	حاوی **امگا ـ ۳**	منبع غنی **منیزیم** و **کلسیم**

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.

- ✓ خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل ← افزایش **قند خون**
- ✓ خوردن اسفناج و عدسی ← جبران **کمبود آهن** و **کم خونی**
- ✓ خوردن شیر و ماست منبع غنی **منیزیم** و **کلسیم** ← جلوگیری از **پوکی استخوان**
- ✓ خوردن گوشت ماهی (**امگا ـ ۳**) ← کاهش **کلسترول خون** و **کاهش** خطر ابتلا به بیماری‌های **قلبی**
- ✓ خوردن **تخم مرغ** سرشار از انواع **آمینو اسیدها** ← به ساخت **پروتئین‌ها** در بافت‌های بدن کمک می‌کند.

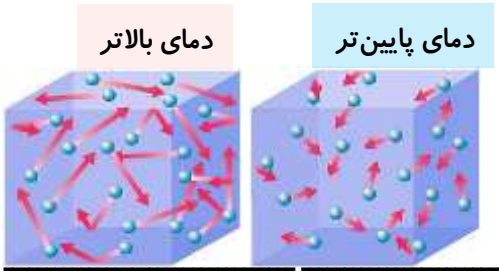
میثم احمدوند

- ✓ **یکی** از راه‌های آزادشدن انرژی مواد، **سوزاندن** آنهاست. سوخت‌هایی مانند **گاز شهری**، **بنزین**، **الکل** و **زغال** هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند و این انرژی برای **گرم کردن خانه**، **پخت و پز** و نیز به **حرکت درآوردن** 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 می کنند، اما میزان انرژی حاصل از سوختن آن ها **متفاوت** است. به طوری که انرژی آزاد شده از **۲** گرم ماده **۲** برابر انرژی آزاد شده از **یک** گرم آن است.

هنگامی که یک قطعه کاکائو را در جیب خود بگذارید 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.

دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

- ✓ در تعریف رایج گفته می‌شود که **دما** معیاری از **گرمی** و **سردی** اجسام می‌باشد و با مفهوم **گرما** متفاوت است. به عنوان مثال سردی یا گرمی هوا نشانهٔ تفاوت میان **دمای** آنهاست. از آنجا که در شیمی بررسی **ساختار مواد** و **فرایندها** از دیدگاه **ذره ای** (میکروسکوپی) اهمیت ویژه ای دارد، می‌خواهیم مفهوم دما را از این دیدگاه بررسی کنیم.
- ✓ می‌دانیم که ذرات سازندهٔ یک ماده در سه حالت فیزیکی **جامد** ، **مایع** و **گاز** پیوسته در جنب‌وجوش هستند اما میزان جنب‌وجوش ذرات با یکدیگر **متفاوت** است.
- ✓ در دمای معین، **یک ویژگی مشترک** تمام مواد با هر حالت فیزیکی، وجود **جنبش‌های نامنظم** ذرات آن است.
- ✓ جنبش‌های نامنظم ذرات در حالت **گاز** ، شدیدتر از **مایع** و در حالت **مایع** شدیدتر از حالت **جامد** است.
- ✓ هر چه دمای ماده **بیشتر** باشد، **جنبش‌های** نامنظم ذرات سازندهٔ آن **شدیدتر** و **بیشتر** است. برای نمونه این جنبش‌ها 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 :** **گاز** > **مایع** > **جامد**
- ✓ **رابطهٔ دما با میزان جنبش ذرات :** هر چه دما **بالاتر** ← جنبش ذرات **بیشتر**

تعریف دما : در واقع دمای یک ماده معیاری برای توصیف میانگین **تندی** و میانگین **انرژی جنبشی** ذرات سازندهٔ آن است.

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

با هم بیندیشیم ○ 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 واژهٔ نادرست، عبارت را کامل کنید.

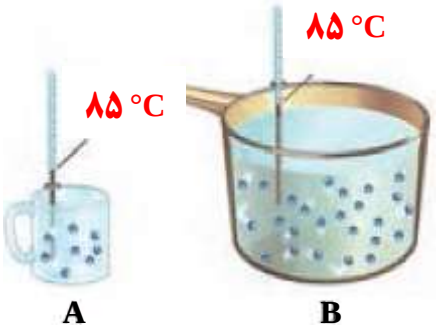
میثم احمدوند

الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در ~~ظهر~~ / شب نشان می‌دهد.

ب) شکل B، نمونه ای از هوا را در یک روز تابستانی / ~~زمستانی~~ نشان می‌دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد، انرژی گرمایی ~~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 تندی مولکول‌های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

میانگین تندی مولکول‌ها به دما بستگی دارد و چون دما در هر دو ظرف یکسان است بنابراین میانگین تندی مولکول‌ها برابر است.

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

B– زیرا مقدار 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 **دمای** 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.

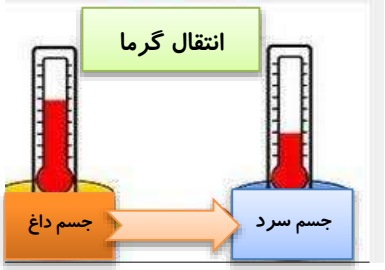
تهیهٔ غذای آب پز، تجربهٔ تفاوت دما و گرما :

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 **دمای** 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.

مقایسهٔ 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.

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

مقایسهٔ 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 **بیشتری** وجود دارد.

۵) **واکنش‌پذیری** روغن از چربی **بیشتر** است (زیرا روغن **سیرنشده تر** از چربی است.)

میثم احمدوند

انواع ظرفیت‌های گرمایی :

ظرفیت گرمایی (C) : مقدار گرمای **لازم** برای افزایش دمای **یک جسم** به اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** (یا یک کلوین) است.

$$\text{ظرفیت گرمایی} = \frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما}} \quad \text{یا} \quad C\ (J.°C^{-1}) = \frac{Q(J)}{\Delta\theta(°C)} \quad \text{یکا} \Rightarrow J.°C^{-1}$$

- 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.

میثم احمدوند

ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه (c) : مقدار گرمای **لازم** برای افزایش دمای **یک گرم** از یک جسم به اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** است.

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه} = \frac{\text{ظرفیت گرمایی}}{\text{جرم ماده}} = \frac{\text{مقدار گرما مبادله شده}}{\text{تغییرات دما} \times \text{جرم}} \quad \text{یا} \quad c = \frac{Q}{m \times \Delta\theta} \quad \text{یا} \quad Q = mc\,\Delta\theta \quad \text{یکا} \Rightarrow J.g^{-1}.°C^{-1}$$

- به دلیل اینکه $\Delta\theta = \Delta T$ است در مخرج فرمول می‌توان بجای $\Delta\theta$ از ΔT استفاده کرد.
- ظرفیت گرمایی ویژهٔ یک ماده تنها به **نوع** آن ماده بستگی دارد زیرا آن ماده هر مقدار هم باشد ما فقط گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از آن را بررسی 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 : $C = c \times m$
- ظرفیت گرمایی برای یک مادهٔ فرضی بسته به جرم آن می‌تواند بزرگتر، مساوی یا کوچک‌تر از ظرفیت گرمایی ویژه خود آن باشد. اگر جرم مادهٔ فرضی بیشتر از یک گرم باشد، ظرفیت گرمایی آن به همان نسبت بزرگتر از ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود، اگر جرم مادهٔ 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 ویژهٔ برخی مواد خالص در 1atm و 25°C

ماده	گرمای ویژه ($J.g^{-1}.°C^{-1}$)	ماده	گرمای ویژه ($J.g^{-1}.°C^{-1}$)
آب	4/184	آلومینیم	0/900
سدیم کلرید	0/850	نقره	0/236
اتانول	2/430	طلا	0/128
کربن دی اکسید	0/840	اکسیژن	0/920

میثم احمدوند

- **بیشترین** ظرفیت گرمایی ویژه مربوط به **آب** و کمترین مربوط به **طلا** می‌باشد.
- به طور کلی در این جدول **فلزات** عمدتاً **کمترین** گرمای ویژه را دارند.
- برای **محاسبهٔ** گرمای 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 اندازهٔ ۲۰ درجهٔ سلسیوس برابر است با : $Q = 10 \times 0/850 \times 20 = 170\ J$

ظرفیت گرمایی مولی (C_m): مقدار گرمای **لازم** برای افزایش دمای یک **مول** از یک جسم به اندازهٔ **یک درجهٔ سلسیوس** است.

$$\text{ظرفیت گرمایی مولی} = \frac{\text{گرمای مبادله شده}}{\text{تغییرات دما} \times \text{تعداد مول ماده}} \quad \text{یا} \quad C_m\ (J.mol^{-1}°C^{-1}) = \frac{Q(J)}{n\,\Delta\theta(°C)} \quad \text{یکا} \Rightarrow J.mol^{-1}°C^{-1}$$

- ظرفیت گرمایی مولی یک ماده تنها به **نوع** آن بستگی دارد.
- برای تبدیل ظرفیت گرمایی مولی به ظرفیت گرمایی کافی است 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 :

$$Q_1 + Q_2 = 0 \longrightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 = -(m_2c_2\Delta\theta_2)$$

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 :

$$Q_1 + Q_2 + \ldots = Q_{کل} \longrightarrow m_1c_1\Delta\theta_1 + m_2c_2\Delta\theta_2 + \ldots = Q_{کل}$$

۳) هر گاه دو جسم با دمای متفاوت داشته باشیم و با هم تماس داده شوند آن گاه گرما از جسم گرمتر به جسم سردتر انتقال می‌یابد تا هر دو جسم به تعادل برسند. در این حالت دمای تعادل برابر است با :

$$\theta_{تعادل} = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2}{m_1c_1 + m_2c_2}$$

با هم بیندیشیم ص ۵۷ کتاب

دو ظرف فلزی دارای ۲۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم روغن زیتون در دمای ۲۵ °C را در نظر بگیرید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آرامی به هریک بیفزایید؛ با دادن گرما، دمای آنها را به ۷۵ °C برسانید. با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۲۰۰g آب (75°C) $\xrightarrow{۴۱۸۰۰J}$ ۲۰۰g آب (25°C)

۲۰۰g روغن زیتون (75°C) $\xrightarrow{۱۹۷۰۰J}$ ۲۰۰g روغن زیتون (25°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 ۵۰ درجه سلسیوس، گرمای بیش تری جذب شده است پس انرژی گرمایی ظرف محتوی 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 اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$\text{ظرفیت گرمایی آب} = \frac{41800\ J}{50℃} = 836\ J.℃^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی روغن زیتون} = \frac{19700\ J}{50℃} = 394\ J.℃^{-1}$$

ظرفیت گرمایی آب بیشتر است.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟ **(ظرفیت گرمایی در دمای اتاق و فشار 1atm اندازه گیری می شود)**

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.

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه آب} = \frac{41800\ J}{200g \times 50\ ℃} = 4.18\ J.g^{-1}.\ ℃^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه روغن زیتون} = \frac{19700\ J}{200g \times 50\ ℃} = 1.97\ J.g^{-1}.℃^{-1}$$

ظرفیت گرمایی ویژه آب بیش تر است.

ث) رابطه ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیابید.

جرم × ظرفیت گرمایی ویژه = ظرفیت گرمایی

خود را بیازمایید

ص ۵۸ کتاب

۱) یک استکان چای با دمای ۹۰ °C درون اتاقی با دمای ۲۵ °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 اتاق هم دما می‌شود در نتیجه میانگین انرژی جنبشی ذرات کم و انرژی گرمایی کاهش می‌یابد.**

۲) با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرما 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 سیب زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای ۶۰°C در نظر بگیرید. اگر آنها را هم زمان در محیطی با دمای ۲۰ °C قرار دهیم کدام یک زودتر با محیط هم دما می‌شود؟ **نان و سیب زمینی هر دو از نشاسته تشکیل شده‌اند بنابراین سرعت هم دما شدن با محیط به میزان آب موجود در آن‌ها بستگی دارد از آن جا که مقدار آب در نان کمتر است زودتر با محیط هم دما می‌شود.**

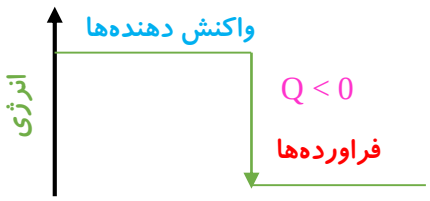
جاری شدن انرژی گرمایی :

- ✓ 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 **دیواره ای** که سامانه را از محیط **جدا** می‌کند ، **مرز** سامانه می‌گویند.
- ✓ **نکته** : مرز سامانه می تواند **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 گرما 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. **گرما** در سمت **فراورده‌ها** 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 $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} + Q$ یا $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad \Delta H < 0$ است.

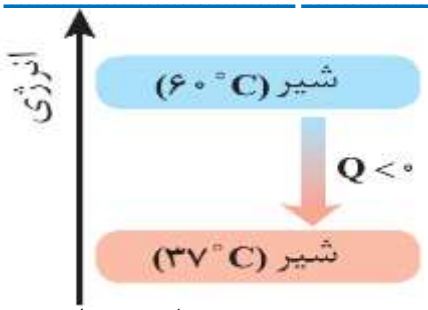
د. آنتالپی واکنش دهنده‌ها بیشتر از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **منفی** است $\Delta H < 0$

مثال : هنگام نوشیدن شیر داغ **دو** نوع انرژی در بدن **آزاد** می‌شود :

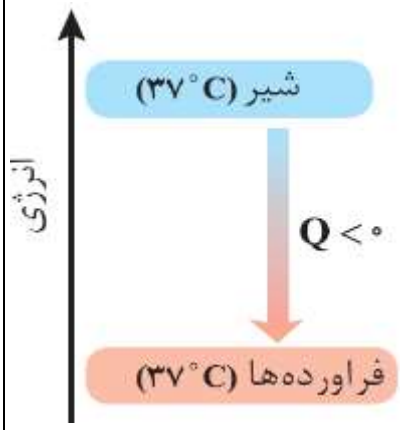
۱- انرژی که به هنگام برقراری **تعادل** گرمایی آزاد می‌شود.

فرایند همدما شدن شیر در بدن : گرما + شیر $(37^\circ C)$ → شیر $(60^\circ C)$

نمودار مربوط به فرایند **فیزیکی** است.



بخش **عمدهٔ** انرژی موجود در شیر هنگام فرایند **گوارش** و **سوخت‌و ساز** به بدن می‌رسد.

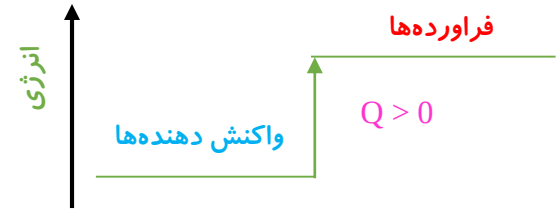


- ✓ تعریف **گوارش** : مجموعه فرایندهایی با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون است که منجر به تولید **انرژی** و **مواد اولیه** مورد نیاز سوخت و ساز یاخته‌ها خواهد شد.
- ✓ در این واکنش ها با اینکه دما ثابت است (**۳۷ °C**) اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی **داد و ستد** می‌شود.

نمودار آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن :

نمودار مربوط به فرایند **شیمیایی** است.

۲- **فرایندهای گرماگیر** : اگر گرما از **محیط** به **سیستم** منتقل شود، گفته می‌شود آن واکنش **گرماگیر** است. مانند گرمایی که یک قطعه یخ 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** می یابد. $\Delta\theta > 0$
- ✓ نمودار انرژی **صعودی** است.
- ✓ آنتالپی واکنش دهنده‌ها **کمتر** از آنتالپی فراورده‌هاست. پس علامت تغییرات آنتالپی **مثبت** است $\Delta H > ۰$
- ✓ الگوی نوشتاری به صورت $N_{2(g)} + O_{2(g)} + Q \rightarrow 2NO_{(g)}$ یا به صورت $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} \quad \Delta H > 0$ است.
- ✓ در فرایندهای گرماگیر چون دمای اولیه کمتر از دمای ثانویه است بنابراین داریم : $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 > 0$

- ✓ پایداری با سطح انرژی رابطهٔ **معکوس** دارد یعنی ذرات با **کسب** انرژی ناپایدارتر می‌شوند.
- ✓ اتم ها در حالت پایه با **جذب** انرژی به اتم‌های **برانگیخته** تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، **پرانرژی‌تر** و **ناپایدارترند**.

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی) :

- ✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است با تغییر **رنگ**، تولید **رسوب**، آزاد شدن **گاز** و ایجاد **نور** و **صدا** همراه باشد.
- ✓ ویژگی **بنیادی** در **همهٔ** واکنش‌ها **داد** و **ستد** گرما با **محیط** پیرامون است.
- ✓ تعریف **ترموشیمی** (**گرماشیمی**): شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی **کمی** و **کیفی** گرمای واکنش‌های شیمیایی، **تغییر** آن و **تأثیری** که بر **حالت** ماده دارد، می‌پردازد.

- ✓ هر واکنش شیمیایی ممکن است **گرماده** یا **گرماگیر** باشد.
- ✓ مواد غذایی پس از **گوارش**، **انرژی** لازم برای سوخت وساز 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 **۶۰°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، واکنش های شیمیایی گوناگونی اتفاق می افتد 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، امّا به دلیل انرژی پیوندهایی که دچار تغییر شده‌اند انرژی **تولید** شده است. **(انجام واکنش در دمای ثابت)**

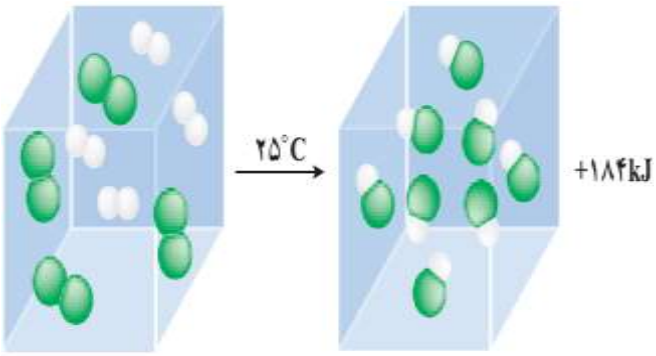
✓ ۲) فرایند همدما شدن بستنی در بدن با جذب انرژی (**گرماگیر**)، و گوارش و سوخت‌و ساز آن با آزاد شدن انرژی (**گرماده**) همراه است.

می‌توان نتیجه گرفت گرما در واکنش‌ها، به دو طریق مبادله می‌شود:

۱) **هم دما شدن** ($\Delta\theta \neq 0$)

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.

۲) **انجام واکنش در دمای ثابت** ($\Delta\theta = 0$)



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 نگه‌دارندهٔ ذره‌های سازندهٔ ذرات) میان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها است.

✓ در **پرتو** منابع از انرژی **پتانسیل** موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی **شیمیایی** یاد می‌شود.

✓ در واکنش $H\text{-}H\ (g) + Cl\text{-}Cl\ (g) \rightarrow 2H\text{-}Cl\ (g)$ 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 شیوهٔ 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 **نگه‌دارندهٔ** ذره‌های سازندهٔ آن است، یعنی نیروهای **نگه‌دارندهٔ** 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**.

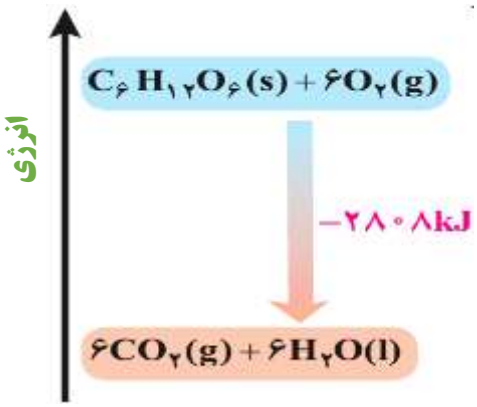
✓ گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش **شیمیایی** را به طور عمده وابسته به **تفاوت** میان انرژی **پتانسیل** مواد واکنش دهنده و فراورده می‌باشد زیرا در دمای ثابت تفاوت چشمگیری میان **انرژی گرمایی** آنها وجود ندارد.

✓ به دلیل متفاوت بودن انرژی **شیمیایی** در واکنش‌های مختلف گرمای **مبادلهٔ** 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 **سوخت‌وساز** 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.

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} + 2808\ kJ$$

✓ از طرفی گلوکز از طریق **فتوسنتز** توسط گیاهان حاصل می‌شود. **اکسایش** گلوکز نمونه‌ای از واکنش **گرماده** و **فتوسنتز** نمونه واکنش **گرماگیر** 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

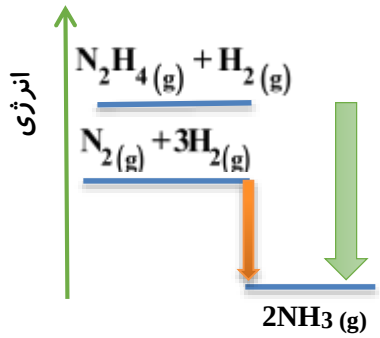
۲- نوع **فراورده‌ها**

۳- نوع **آلوتروپ**

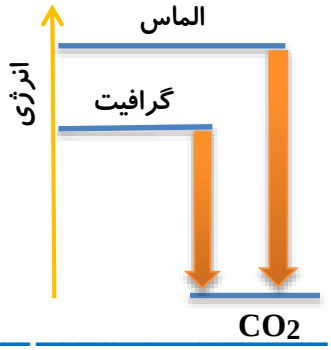
۴- **حالت فیزیکی** مواد شرکت کننده در واکنش

۵- **مقدار** واکنش دهنده

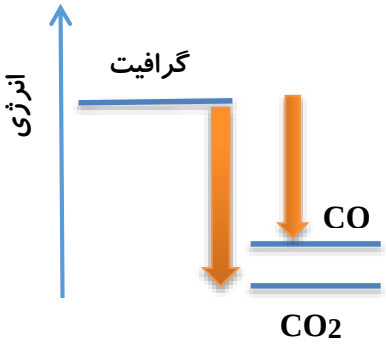
نوع واکنش دهنده



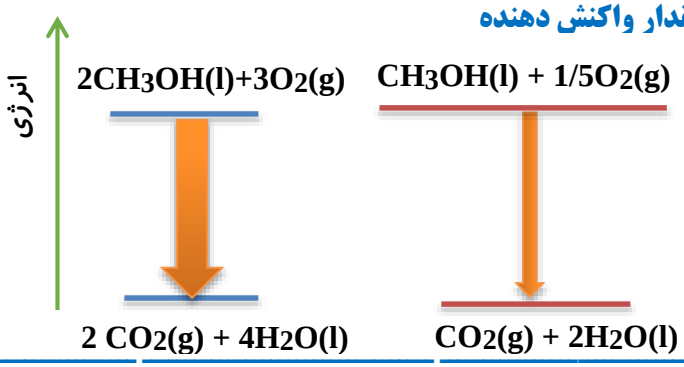
نوع آلوتروپ



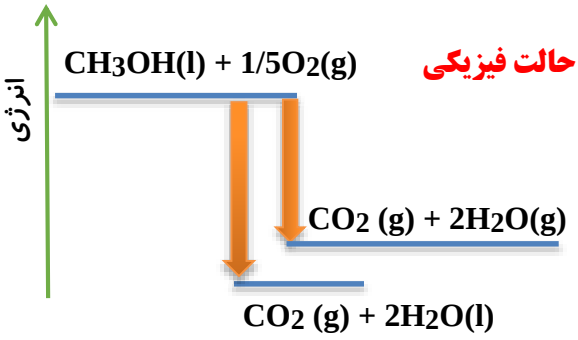
نوع فراورده



مقدار واکنش دهنده



حالت فیزیکی



با هم بیندیشیم

ص ۶۲ کتاب

۱) با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 92\ kJ$$

$$N_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 183kJ$$

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 مقایسهٔ پایداری دو ماده می‌توان گفت به دلیل یکسان بودن محصول نهایی چون N_2H_4 گرمای بیشتری آزاد کرده است بنابراین ناپایدارتر بوده و سطح انرژی بالاتری دارد.**

✓ **(N_2H_4 هیدرازین ماده‌ای پر انرژی است که برای سوخت موشک استفاده می شود.)**

۲) گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گازکربن دی اکسید است.

$$(C\ s\ ,\ \text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 393/5\ kJ$$

$$(C\ s\ ,\ \text{الماس}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 395/4\ kJ$$

الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟ **زیرا در این دو آلوتروپ کربن، 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 مادهٔ فراورده ($CO_2(g)$) و سطح انرژی آن، گرافیت که گرمای کمتری آزاد کرده تا به پایداری بیشتر برسد، دارای پایداری بیشتری نسبت به الماس می‌باشد.**

پ) از سوختن کامل ۷/۲ g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

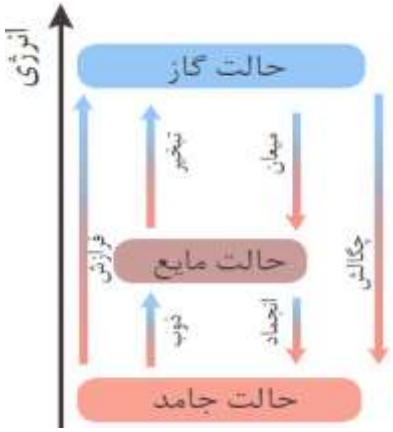
$$7/2\ g\ C \times \frac{1\ mol\ C}{12\ g\ C} \times \frac{393/5\ kJ}{1\ mol} = 236/1 kJ$$

---

۳) با توجه به واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484\ kJ$ پیش‌بینی کنید گرمای واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ کدام است (+422 kJ ، -422 kJ ، +572 kJ ، -572 kJ) ؟ چرا؟

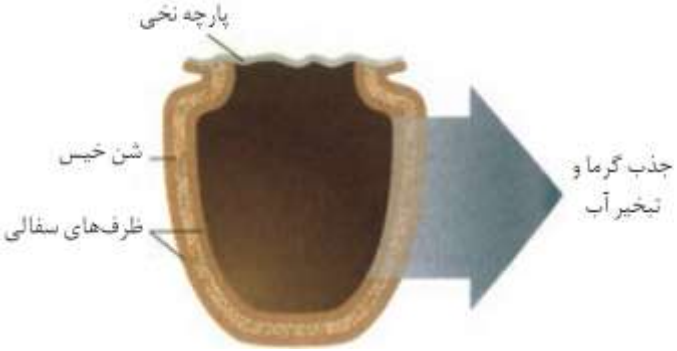
واکنش از نوع سوختن بوده و واکنش سوختن همواره گرماده است و انرژی دارای علامت منفی است. حالت استاندارد ترمودینامیکی آب، مایع است، بنابراین آب ابتدا به شکل مایع تولید می‌شود و با جذب گرما از محیط به بخار آب ($2H_2O(l) + Q \rightarrow 2H_2O(g)$) تبدیل می‌شود و اندکی محیط واکنش را سرد می‌کند، پس گرمای بیشتری آزاد می‌کند. پس عدد -572 kJ صحیح است.

- ✓ با تغییر **دما** یا **فشار** (در سامانهٔ گازی) گرمای واکنش **تغییر** می‌کند.
- ✓ با n برابر شدن **ضریب** استوکیومتری در یک واکنش گرمای واکنش نیز n برابر می‌شود.
- ✓ اگر واکنشی در جهت رفت **گرماگیر** 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 مادهٔ **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 مقابل می‌باشد : **سه‌گانه** > **دوگانه** > **یگانه**

پیوند با صنعت : (استفاده از یک واکنش گرماگیر 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 **درون** یکدیگر قرار گرفته‌اند و فضای میان آنها با **شن خیس** پر می‌شود.
- ✓ **درپوش** 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 مقابل است : $H_2O_{(l)} + 44/1\ kJ \rightarrow H_2O_{(g)}$
- ✓ با توجه به معادلهٔ واکنش، برای تبخیر هر **مول** آب، **۴۴/۱** کیلوژول گرما از محیط **جذب** می‌شود.
- ✓ فرایند **جذب** گرما در این دستگاه، فضای **داخلی** و محتویات **درونی** آن را خنک کرده و شرایط را برای سالم نگه داشتن غذا به مدت **طولانی‌تر** 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 **جنبش‌های نامنظم**، با یکدیگر **برهمکنش** نیز دارند. در واقع، ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده علاوه بر انرژی **جنبشی**، دارای انرژی **پتانسیل** نیز هستند.
- ✓ انرژی **جنبشی** ذره‌ها ناشی از جنب و جوش **پیوسته** و **نامنظم** و انرژی **پتانسیل** ناشی از **برهمکنش** بین ذرات است.
- ✓ به مجموع انرژی **جنبشی** و **پتانسیل** (انرژی کل) ذره‌های تشکیل دهنده یک سامانه، **محتوای انرژی** یا **آنتالپی** آن سامانه می‌گویند.

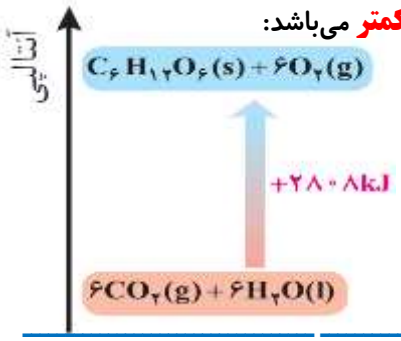
- ✓ یک نمونه ماده با **مقدار** آن در **دما** و **فشار** معین توصیف می‌شود مثلاً ۲۰۰ گرم آب در **دما** و **فشار** اتاق یک نمونه ماده است.
- ✓ هر **سامانه** (یا همهٔ مواد در اطراف ما) در **دما** و **فشار ثابت**، آنتالپی **معینی** دارد که با انجام یک واکنش **گرماگیر** آنتالپی آن **افزایش** می‌یابد و با انجام یک واکنش **گرماده** آنتالپی یا محتوای انرژی آن **کاهش** می‌یابد.
- ✓ **آنتالپی** یک نمونه ماده یعنی محتویات انرژی (مجموع انرژی جنبشی 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 **گرما** 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 ΔH نیز نشان می‌دهند.
- ✓ برای یک واکنش اغلب به جای **تغییر آنتالپی** واکنش، واژهٔ آنتالپی واکنش به کار می‌رود.
- ✓ **آنتالپی** : گرمای مبادله شدهٔ یک واکنش در **فشار ثابت** است که با H نشان داده می‌شود و **تغییر آن** نیز با ΔH نمایش داده می‌شود.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فرآورده ها}} - H_{\text{واکنش دهنده ها}} = Q_P \quad : \text{آنتالپی واکنش (تغییر آنتالپی واکنش)}$$

- ✓ **تغییر** آنتالپی واکنش در دما و فشار ثابت به علت تغییر در **شیوه اتصال اتم‌هاست**.
- ✓ مقدار عددی ΔH بزرگی گرمای مبادله شده را نشان می‌دهد در حالی که علامت **مثبت** نشان‌دهنده گرماگیر و علامت **منفی** نشان‌دهنده **گرماده** بودن آن واکنش است.

- ✓ در واکنش‌های گرماگیر $\Delta H_{\text{واکنش}} > 0$ است، یعنی آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها از آنتالپی فرآورده‌ها **کمتر** می‌باشد:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فرآورده ها}} - H_{\text{واکنش دهنده ها}} > 0 \longrightarrow H_{\text{فرآورده ها}} > H_{\text{واکنش دهنده ها}}$$



فتوسنتز مثالی از واکنش **گرماگیر** است.

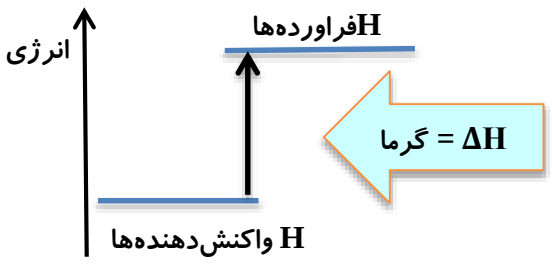
$$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + 2808\ kJ \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \quad : \Delta H > 0$$

- ✓ در واکنش‌های گرماده $\Delta H_{\text{واکنش}} < 0$ است یعنی آنتالپی فرآورده‌ها **کمتر** از آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها می‌باشد.

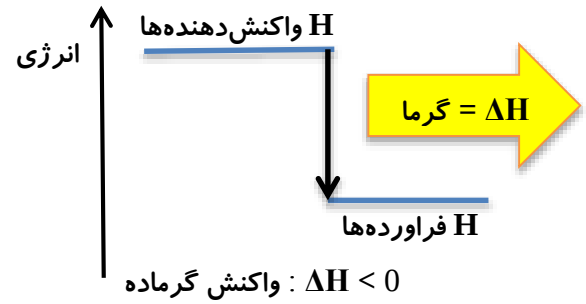
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فراورده ها}} - H_{\text{واکنش دهنده ها}} < 0 \longrightarrow H_{\text{فرآورده ها}} < H_{\text{واکنش دهنده ها}}$$

اکسایش گلوکز در سلول‌های بدن مثالی از واکنش **گرماده** است و برعکس واکنش فتوسنتز می‌باشد:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + 2808\ kJ : \Delta H < 0$$



$\Delta H > 0$: واکنش گرماگیر



$\Delta H < 0$: واکنش گرماده

✓ وقتی یک واکنش **گرماده** اتفاق می‌افتد نخست دمای فراورده‌ها **بالا** می‌رود، بعد فراورده‌ها می‌توانند آن قدر گرما از دست **بدهند** تا به دمای اولیه واکنش دهنده‌ها برسند، این مقدار گرما همان ΔH است.

✓ **آنتالپی** از جنس **انرژی** است و به طور **مطلق** قابل اندازه‌گیری **نیست** بلکه تغییرات آن (ΔH) قابل اندازه‌گیری است و یکای آن **کیلو ژول بر مول** می‌باشد.

✓ سطح انرژی یا آنتالپی با پایداری ماده رابطه **عکس** دارد ولی با **واکنش‌پذیری** و **ناپایداری** آن رابطه مستقیم دارد.

$$\frac{1}{\text{پایداری}} \alpha \text{ واکنش پذیری } \alpha \text{ ناپایداری } \alpha \text{ سطح انرژی (آنتالپی)}$$

جامد > **مایع** > **گاز** : مقایسه سطح انرژی یا آنتالپی مواد با حالت فیزیکی

خود را بیازمایید صفحه ۶۴ و ۶۵ کتاب درسی:

۱) نماد Q را در هر معادله وارد کرده سپس علامت « ΔH » را در هر مورد مشخص کنید.

الف) $CO_2(s) + Q \rightarrow CO_2(g)$

$\Delta H > 0$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + Q$

$\Delta H < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q \rightarrow 2NO_2(g)$

$\Delta H > 0$

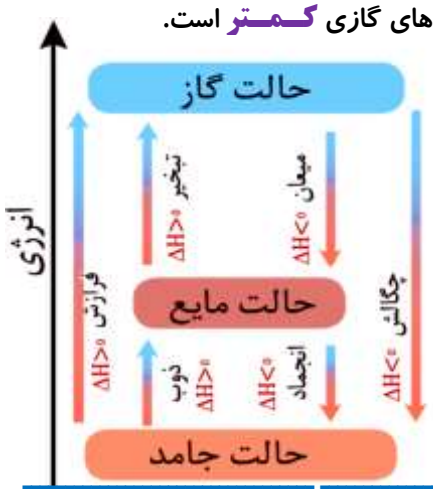
ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) + Q$

$\Delta H < 0$

✓ NO_2 یکی از آلاینده‌های هوا می‌باشد که رنگ آن **قهوه‌ای** (خرمایی) می‌باشد.

✓ نماد Q در سمت مخالف مواد ناپایدار (O_3 ، H_2O_2 ، NO ، N_2H_4) قرار می‌گیرد.

✓ در واکنش‌هایی که در آنها مواد **گازی** وجود دارد گرما در سمتی قرار می‌گیرد که تعداد مول‌های گازی **کمتر** است.



✓ در واکنش‌های **سوختن** همواره گرما در سمت **فراورده‌ها** قرار می‌گیرد.

✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **فرازش** (**تصعید**)، **ذوب** و **تبخیر**، **گرماگیر** هستند.

✓ فرایندهای فیزیکی از قبیل **چگالش** ، **میعان** 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 گرما **آزاد** یا **تولید** می‌شود علامت ΔH **منفی** است.

✓ زمانی که در مسئله گفته می‌شود گرمای **مورد نیاز** یا **گرمای لازم** برای انجام واکنش علامت ΔH **مثبت** است.

---

۲) اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ ۱۴۳ kJ افزایش یابد، آنتالپی واکنش $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$ را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

$2O_3(g) \rightarrow 3O_2(g) + 286$

$\Delta H_{\text{برگشت}} = -286\ kJ$

$3O_2(g) + 286\ kJ \rightarrow 2O_3(g)$

$\Delta H_{\text{رفت}} = +286\ kJ$

گرماشیمی (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 : $A + 2B \longrightarrow 3C + 60\ kJ$ می‌توان دریافت که به ازای مصرف ۱ مول A یا ۲ مول B یا تولید ۳ مول C مقدار ۶۰ کیلوژول گرما **تولید** می‌شود؛ هر کدام از این تساوی‌ها را می‌توان به صورت یک کسر نوشت که گرما و مول مواد را به هم ربط می‌دهد.
- ✓ برای حل مسائل استوکیومتری ΔH ، ابتدا مقدار ماده مورد نظر را به مول تبدیل کرده و سپس با استفاده از معادلهٔ موازنه 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 SO_2 چه قدر است؟ ($S=32 \ , \ O=16 : g.mol^{-1}$)

$$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -198/2\ kJ$$

$$\Delta H = 96\ g\ SO_2 \times \frac{1\ mol\ SO_2}{64\ g\ SO_2} \times \frac{-198/2\ kJ}{2\ mol\ SO_2} = -148/65\ kJ\ 198/2$$

تمرین : با توجه به واکنش: $N_2O_{3(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \ , \Delta H = -1653\ kJ$ ، به ازای مصرف هر گرم گاز هیدروژن در این واکنش، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ ($H=1\ g.mol^{-1}$)

تمرین : اگر در واکنش ترمیت، به ازای تولید ۲/۸ گرم آهن، ۲۰/۵ کیلوژول گرما آزاد شود، ΔH واکنش ترمیت را بدست آورید: ($Fe=56$)

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)}$$

تمرین : اگر ΔH واکنش: $Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}$ پس از موازنه برابر $-۱۵۰\ kJ$ باشد، گرمای آزادشده ضمن تشکیل چند لیتر گاز هیدروژن در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ لیتر است دمای ۳۰۰ گرم آب را به اندازه $40^{\circ}C$ بالا می‌برد؟

($c_{H_2O} = 4.2J.g^{-1}.{}^{\circ}C^{-1}$)

آنتالپی پیوند و میانگین آن :

- ✓ انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ایی از تغییر در **شیوهٔ اتصال** اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در **ساختار** و **خواص** مواد منجر می‌شود.
- ✓ یکی از خواصی که در واکنش های 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 **گرما** 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 **مصرف** شود و این فرایند با **افزایش** آنتالپی همراه باشد (این فرایند **گرماگیر** 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 **گازی** و تبدیل آن به اتم‌های گازی **مجزا**، آنتالپی پیوند می‌گویند.

چند نکته مهم دربارهٔ آنتالپی پیوند و میانگین آنتالپی پیوند :

- از آنجا که برای شکستن یک پیوند همواره به انرژی **نیاز** داریم و فرایند شکستن پیوند **گرماگیر** است بنابراین مقدار آنتالپی پیوند همواره عددی **مثبت** است و یکای آن **کیلو ژول بر مول** است.
- شکستن پیوند **گرماگیر** می باشد، در حالت عکس نیز می‌توان 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 **گازی** باشند.
- برای مولکول‌هایی 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 **یکسان** 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 : $CH_4\ (g) + 1660\ kJ \rightarrow C\ (g) + 4H\ (g)$ میانگین آنتالپی پیوند (C-H) در جدول‌ها $415\ kJ.mol^{-1}$ درج شده به دیگر سخن $\Delta H\ (C\text{-}H) = 415\ kJ\ mol^{-1}$ 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 مولکول های 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 $H_2(g)$ و تبدیل آن به **۲** مول H(g) ، حدود **۴۳۶ kJ** است که به آن آنتالپی پیوند H-H گفته شده و با $\Delta H_{(H\text{-}H)} = 436\ kJ$ نشان می‌دهند. $\Delta H = 436\ kJ.mol^{-1}$ $H_2(g) + 436\ kJ \rightarrow 2H(g)$
- آنتالپی پیوند باید برای **۱ 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 **۵** گرم گاز کلر و تبدیل آن به اتم‌های جدا از هم برابر $17/04\ kJ$ است؛ آنتالپی پیوند Cl-Cl چه مقدار است؟ $(Cl = 35/5\ gmol^{-1})$

$$1mol\ Cl_2 \times \frac{71g\ Cl_2}{1\ mol\ Cl_2} \times \frac{17/04\ kJ}{5g} = 242\ kJ$$

آنتالپی برخی پیوندها :

پیوند	Cl-Cl	Br-Br	I-I	H-F	H-H	H-Cl	O=O	N≡N
آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۲۴۲	۱۹۳	۱۵۱	۵۶۷	۴۳۶	۴۳۱	۴۹۵	۹۴۵

میانگین آنتالپی پیوندها :

پیوند	C-O	N-H	O-H	C- C	C= C	C≡C	C= O	N-N	O-O
میانگین آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۳۸۰	۳۹۱	۴۶۳	۳۴۸	۶۱۴	۸۳۹	۷۹۹	۱۶۳	۱۴۶

- 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 دوگانه** > **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. مثلا: $Cl - Cl > I - I$

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 مقایسهٔ آنتالپی پیوند Cl-Cl و I-I به دلیل اینکه هر دو پیوند **یگانه** هستند از مقایسهٔ طول پیوند استفاده می‌کنیم که آن هم به شعاع اتم‌های درگیر مرتبط است. از آنجا که کلر و ید در گروه **۱۷** جدول هستند و از بالا به پایین شعاع اتم‌ها **افزایش** می‌یابد، پس اتم ید بزرگ‌تر بوده و پیوند بین دو ید نیز **بلندتر** است، بنابراین آنتالپی پیوند I-I **کمتر** است.

مثال : در مقایسهٔ آنتالپی پیوند C-O و C-C هر دو پیوند یگانه‌اند و یک اتم **مشترک** داریم، بنابراین کافی است اتم غیر مشابه دو پیوند یعنی O و C را از لحاظ شعاع مقایسه کنیم. هر دو اتم در **یک دوره** جدول هستند؛ O در گروه **۱۶** و C در گروه **۱۴** قرار دارد پس شعاع **اکسیژن** کمتر است و طول پیوند C-O از C-C کوتاه‌تر بوده و در نتیجه آنتالپی پیوند C-O **بیشتر** است.

✓ توجه کنید که آنتالپی پیوندهای **سه گانه** و آنتالپی پیوندهای **دوگانه** به ترتیب **۳** برابر و **۲** برابر پیوندهای یگانه نیست :

$$\frac{\Delta H(C\equiv C)}{\Delta H(C-C)} = 2/4 < 3 \quad \text{یا} \quad \frac{\Delta H(C=C)}{\Delta H(C-C)} = 1/8 < 2$$

خود را بیازمایید: صفحه ۶۶ کتاب درسی

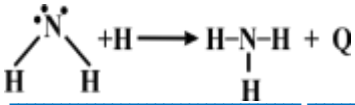
با استفاده از داده‌های جدول مربوط به آنتالپی پیوندها ، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.

الف) $H_2O(g) \longrightarrow O(g) + 2H(g)$ ب) $NH_2(g) + H(g) \longrightarrow NH_3(g)$

الف) با توجه به ساختار لوئیس آب باید دو پیوند O−H بشکند و اتم‌های اکسیژن و هیدروژن تشکیل شود.

$\longrightarrow 2H + O + Q$ $\quad \Delta H = 2\times 463\,kJ = +926\,kJ$

ب) با توجه به ساختارهای لوئیس یک پیوند N−H تشکیل می‌شود و تشکیل پیوند همراه با آزاد شدن انرژی است، پس :



$\Delta H = -391\,kJ$

۱- در هر جمله، واژه درست را انتخاب کنید.

آ) در یک واکنش گرماگیر، مواد با محتوای انرژی (**کمتر** / بیشتر) به موادی با انرژی (کمتر / **بیشتر**) تبدیل می‌شوند.

ب) با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی (جنبشی/**پتانسیل**) وابسته به آن‌ها ایجاد می‌شود.

۲- نماد Q را در هر معادله وارد کرده، سپس علامت ΔH را در هر مورد مشخص کنید.

آ) $C(S, \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + Q$ $\quad \Delta H < 0$

ب) $Q + \text{شیر}\ (37^\circ C) \rightarrow \text{شیر}\ (60^\circ C)$ $\quad \Delta H < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q \longrightarrow 2NO_2(g)$ $\quad \Delta H > 0$

ت) $H_2O(s) + Q \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H > 0$

۳-میانگین آنتالپی پیوند، بین ۲ اتم داده شده در کدام گزینه بیشتر است؟

۱) C و C در اتین ۲) O و O در O_2 ۳) N و N در N_2 ۴) C و C در اتان

۴- برای کدام پیوند، استفاده از میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است؟

۱) C≡C ۲) Br-H ۳) N≡N ۴) F-F

۵- کدام گزینه نادرست است؟

۱) تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر و تغییر ساختار و خواص مواد نشانه‌ای از انجام یک واکنش شیمیایی است.

۲) **از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر نمی‌کند محتوای انرژی است.**

۳) اتم‌های هیدروژن سطح انرژی بالاتری نسبت به مولکول هیدروژن دارند و تبدیل اتم به مولکول گرماده می‌باشد.

۴) انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$ و تبدیل آن به دو مول $H(g)$ را انرژی پیوند «H-H» می‌گویند.

۶- اگر انرژی پیوند $HCl(g)$ برابر ۴۳۱ کیلو ژول برمول باشد، در کدام یک از گزینه‌های زیر محتوای انرژی به اندازه ۴۳۱ کیلو ژول کاهش می‌یابد؟

۱) $HCl(g) \rightarrow \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$
۲) $2H(g) + 2Cl(g) \rightarrow 2HCl(g)$
۳) $HCl(g) \rightarrow H(g) + Cl(g)$
۴) $H(g) + Cl(g) \rightarrow HCl(g)$

۷- برای محاسبهٔ ΔH کدام‌یک از واکنش‌های زیر می‌توان از آنتالپی پیوند استفاده نمود؟

۱) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$
۲) $I_2(s) \rightarrow 2I(g)$
۳) $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$
۴) $N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$

۸- استفاده از واژه آنتالپی پیوند برای کدام پیوند زیر مناسب‌تر است؟

۱) $C=O$
۲) $C=C$
۳) $O=O$
۴) $O-H$

انجام فرایندهای **فیزیکی** و **شیمیایی** منجر به **تغییر محتوای انرژی** مواد می‌شود، از این رو 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.

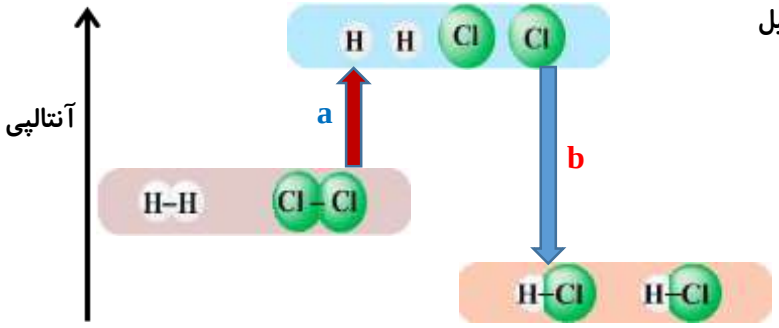
آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش :

یکی از راه‌های کاربردی برای محاسبهٔ ΔH واکنش‌ها، استفاده از **آنتالپی پیوندهای مواد شرکت کننده** در واکنش است. برای تعیین آنتالپی (ΔH) **برخی** ازواکنش‌ها، می‌توان از آنتالپی پیوند و میانگین آن بهره برد. فرض می‌کنیم در یک واکنش، تمام پیوندهای اشتراکی در واکنش‌دهنده‌ها **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:

$\Delta H_{واکنش} = \Delta H_1 + \Delta H_2$ و ΔH_2 = مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها < 0 و ΔH_1 = مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها > 0

در این شکل واکنش بین گازهای هیدروژن و کلر برای تشکیل هیدروژن کلرید را مشاهده می‌کنید :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$



کمیت a در نمودار فوق انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی H-H و 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:

$$a = (1mol \times 436\ kJmol^{-1}) + (1mol \times 242\ kJmol^{-1}) = 678\ kJ$$

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی H-Cl را در دو مول از آن نشان می‌دهد، از این رو کمیت b هم ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است :

$$b = -(2mol \times 431\ kJmol^{-1}) = -862\ kJ$$

اینک از جمع جبری کمیت‌های a و b آنتالپی واکنش به دست می‌آید:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = a + b = 678\ kJ + (-862\ kJ) = -184\ kJ$$

- ✓ تعیین ΔH از روش آنتالپی پیوند برای واکنش‌هایی مناسب است که همهٔ مواد شرکت کننده در آن‌ها به حالت **گاز** هستند.
- ✓ هر چه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده در یک واکنش، **ساده‌تر** باشند مقدار ΔH محاسبه شده به کمک آنتالپی پیوندها برای آن واکنش به داده‌های تجربی **نزدیک‌تر** است.
- ✓ در صورت شرکت کردن مولکول‌های **پیچیده‌تر** در واکنش، ممکن است مقدار ΔH بدست آمده برای آن واکنش با مقدار واقعی آن، تفاوت **زیادی** داشته باشد. می‌دانیم در اغلب واکنش‌های شیمیایی، **همهٔ** پیوندهای موجود در واکنش دهنده‌ها شکسته **نمی‌شوند** و همهٔ پیوندهای موجود در فراورده‌ها هم تشکیل **نمی‌شوند** بلکه برخی از پیوندهای موجود در واکنش‌دهنده‌ها، **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 **انرژی 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 رابطهٔ زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

$$\Delta H_{\text{(واکنش)}} = \begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{bmatrix}$$

هر واکنش را می‌توان جمع دو واکنش دانست در واکنش اول تمام پیوندها شکسته می‌شود، آنتالپی آن مثبت و گرماگیر 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 موردنظر است.

$\Delta H_1 =$ مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده	اتم‌ها → واکنش‌دهنده‌ها
$\Delta H_2 = -$ (مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده)	فراورده‌ها → اتم‌ها
$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$	فراورده‌ها → واکنش‌دهنده‌ها

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با ΔH داده شده مقایسه کنید.

الف)

$$N\equiv N(g) + 3H_2(g) \longrightarrow H_2N-NH_2(g) \qquad \Delta H = +91\ kJ$$

$$\Delta H = [\Delta H_{(N\equiv N)} + 2\Delta H_{(H-H)}] - [4\Delta H_{(N-H)} + \Delta H_{(N-N)}]$$

$$\Delta H = [(945) + 2\times(436)] - [4\times(391) + 163] = +90\ kJ$$

ب)

$$2CH_4(g) \longrightarrow C_2H_6(g) + H_2(g) \qquad \Delta H = +65\ kJ$$

$$\Delta H = [8\Delta H_{(C-H)}] - [6\Delta H_{(C-H)} + \Delta H_{(C-C)} + \Delta H_{(H-H)}]$$

$$\Delta H = [(8\times 415)] - [(6\times 415) + 348 + 436] = +46\ kJ$$

پ)

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) \qquad \Delta H = -484\ kJ$$

$$\Delta H = [2\Delta H_{(H-H)} + \Delta H_{(O=O)}] - [4\Delta H_{(O-H)}]$$

$$\Delta H = [(2\times 436) + 495] - [4\times 463] = -485\ kJ$$

مقدار ΔH محاسبه شده، اندکی با ΔH 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 برده 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- ΔH واکنش : $CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$ چند کیلوژول است؟

(انرژی پیوندهای $C-H$ و $O=O$ و $C=O$ و $O-H$ را برحسب کیلوژول بر مول ۴۱۵ ، ۴۹۵، ۷۹۹ و ۴۶۳ درنظر بگیرید.)

$\Delta H=[(4(415)+(2(495)]-[2(799)+4(463)]=-800\ kJ$

۳- با توجه به واکنش و جدول زیر ، آنتالپی پیوند $H-H$ بر حسب کیلو ژول بر مول حساب کنید.

$$C_2H_4(g)+H_2(g)\xrightarrow{25^\circ C}C_2H_6(g)\quad +128kJ$$

پیوند	$C=C$	$C-C$	$C-H$	$H-H$
$\Delta H(kJ.mol^{-1})$	۶۱۴	۳۴۸	۴۱۵	؟

$\Delta H=[(C=C)+4(C-H)+(H-H)]-[(C-C)+6(C-H)]$

$\Delta H=-128=[614+4(415)+(H-H)]-[348+6(415)]$

$\Delta H\ (H-H)=+436kJ$

۴- با توجه به داده‌های جدول زیر، ΔH واکنش: $CO(g)+2H_2(g)\rightarrow CH_3OH(g)$، چند کیلوژول است؟

$$C\equiv O+2(H-H)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-H$$

نوع پیوند	$C\equiv O$	$H-H$	$C-H$	$C-O$	$O-H$
آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۱۰۷۵	۴۳۶	۴۱۴	۳۵۱	۴۶۴

۱) -۲۱۰ ۲) -۱۸۰ ۳) -۱۱۰ ۴) -۸۰

$\Delta H=[1075+2(436)]-[3(414)+1(351)+1(464)]=-110kJ$

۵- با توجّه به اطلاعات داده شده، میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ چند کیلوژول بر مول است؟

$$2CH_4(g)\rightarrow C_2H_6(g)+H_2(g)\quad \Delta H=65kJ$$

$$2\left(H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H\right)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H+(H-H)$$

پیوند	$C-H$	$H-H$
میانگین آنتالپی $(kJ.mol^{-1})$	۴۱۲	۴۳۶

۱) ۳۲۳ ۲) ۳۴۸ ۳) ۳۸۸ ۴) ۲۵۸

$\Delta H=[8(C-H)]-[(C-C)+6(C-H)+(H-H)]$

$65=(8\times412)-[(6\times412)+(C-C)+436]\rightarrow \Delta H_{(C-C)}=323kJ.mol^{-1}$

۶- تغییر آنتالپی واکنش زیر برحسب کیلوژول بر مول کدام است؟

$$2NH_3(g)+CO(g)\rightarrow H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2(g)+H_2(g)$$

پیوند	$H-H$	$C=O$	$N-C$	$N-H$	$C\equiv O$
آنتالپی یا میانگین پیوند $(kJ.mol^{-1})$	۴۳۶	۷۴۵	۲۹۳	۳۸۹	۱۰۷۵

۱) ۶۸ ۲) -۸۶ ۳) -۶۸ ۴) ۸۶

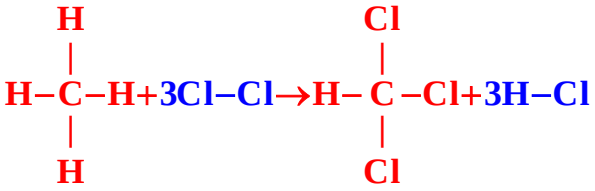
$$2H-\underset{H}{N}-H+C\equiv O\rightarrow H-\underset{H}{N}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{H}{N}-H+H-H$$

$\Delta H=[6\times\Delta H_{N-H}+\Delta H_{C\equiv O}]-[4\Delta H_{N-H}+2\Delta H_{C-N}+\Delta H_{C=O}+\Delta H_{H-H}]$

$$=[6\times389+1075]-[(4\times389)+(2\times293)+745+436]=86\,kJ$$

۷- با توجه به انرژی‌های پیوند داده شده گرمای واکنش زیر برحسب kJ کدام است؟

$$CH_4(g)+3Cl_2(g)\rightarrow CHCl_3(g)+3HCl(g)$$



پیوند	C – H	Cl – Cl	C – Cl	H – Cl
انرژی ($kJ.mol^{-1}$)	۴۱۲	۲۴۲	۳۲۶	۴۳۱

۱) ۷۲۲- ۲) ۳۰۹- ۳) ۲۱۴- ۴) ۷۶-

$$4(C-H)+3(Cl-Cl)\rightarrow(C-H)+3(C-Cl)+3(H-Cl)$$

$$\Delta H=(4\times412+3\times242)-(1\times412+3\times326+3\times431)=-309\,kJ$$

۸- با توجّه به جدول زیر، برای تبدیل ۲۰ گرم متان به اتان چند کیلوژول گرما لازم است؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$

$$2CH_4(g)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H(g)+H_2(g)$$

پیوند	C – C	C – H	H – H
میانگین آنتالپی پیوند ($kJ.mol^{-1}$)	۳۴۸	۴۱۲	۴۳۶

۱) ۲۵ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۲/۵

$$8(C-H)\rightarrow(C-C)+6(C-H)+(H-H)$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[(8\times412)]-[(6\times412)+348+436]\rightarrow\Delta H$$

$$=824-784\rightarrow\Delta H_{\text{واکنش}}=40\,kJ$$

$$\frac{20\,g}{2\times16\,g}=\frac{x}{40\,kJ}\rightarrow x=25\,kJ$$

۹- با توجّه به داده‌های جدول، ΔH واکنش زیر چند کیلوژول است؟

$$C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow3CO_2(g)+4H_2O(g)$$

نوع پیوند	C – C	C – H	O = O	O – H	C = O
آنتالپی ($kJ.mol$)	۳۴۸	۴۱۵	۴۹۵	۴۶۳	۷۹۹

۱) ۹۴۰ ۲) ۲۰۰۷ ۳) ۹۴۰- ۴) ۲۰۰۷-

ابتدا واکنش را به فرم زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H+5(O=O)\rightarrow3(O=C=O)+4(H-O-H)$$

$$\Rightarrow[8\times(C-H)+2\times(C-C)+5\times(O=O)]-[6\times(C=O)+8\times(O-H)]$$

$$=[(8\times415)+(2\times348)+(5\times495)]-[(6\times799)+(8\times463)]=6491-8498=-2007\,kJ$$

۱۰- آنتالپی واکنش $N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4(g)$ برابر ۹۱ کیلوژول است. اگر آنتالپی پیوندهای $N-H, N-N$ و $H-H$ به ترتیب برابر ۱۶۲ و ۳۹۱ و ۴۳۶ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی پیوند $N\equiv N$ چند کیلوژول بر مول است؟

$$N\equiv N(g)+2H-H(g)\rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{N}}-\underset{H}{\overset{H}{N}}-H(g)$$

۱) ۷۵۱ ۲) ۹۴۵ ۳) ۸۱۰ ۴) ۹۷۵

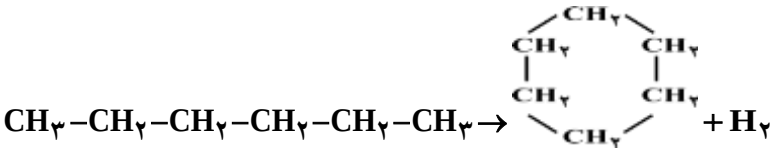
$$\Delta H=91\,kJ$$

$$\Delta H=[\Delta H(N\equiv N)+2\Delta H(H-H)]-[\Delta H(N-N)+4\Delta H(N-H)]$$

$$\Rightarrow91=[\Delta H(N\equiv N)+2(436)]-[(162)+4(391)]\Rightarrow\Delta H(N\equiv N)=945\,kJ.mol^{-1}$$

۱۱- با توجه به آنتالپی پیوندها و واکنش زیر کدام هیدروکربن زیر پایدارتر است و ΔH این واکنش، چند کیلوژول است؟

پیوند	$H-H$	$C-H$	$C-C$
انرژی $kJ.mol^{-1}$	۴۳۶	۴۱۲	۳۴۸



۱) هگزان، ۴۰- ۲) سیکلوهگزان، ۴۰- ۳) هگزان، ۴۰+ ۴) سیکلوهگزان، ۴۰+

✓ **در روش محاسبهٔ آنتالپی یک واکنش با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند، می‌توان از رابطهٔ زیر نیز استفاده کرد.**

$\Delta H =$ (مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده) - (مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده)

پاسخ: با توجه به مقایسهٔ ساختار گسترده مواد واکنش‌دهنده 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:

$$\Delta H = (2\times 412) - (348 + 436) = +40\,kJ$$

با توجّه 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 مزهٔ لذت‌بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آن‌هاست. این مواد علاوه بر **رنگ**، **بو** و **مزهٔ** خوشایندی که به غذا می‌دهند؛ مصرف **دارویی** نیز دارند و امروزه دارای کاربردهای زیر نیز هستند:

- ✓ **جلوگیری از گرسنگی**
- ✓ **افزایش سوخت‌و ساز**
- ✓ **جلوگیری از التهاب**
- ✓ **پیشگیری از سرطان یا کاهی 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 **گوگرد** نیز دارند.

✓ شواهد **تجربی** نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به دلیل تفاوت در **ساختار آلی** موجود در آن‌هاست.

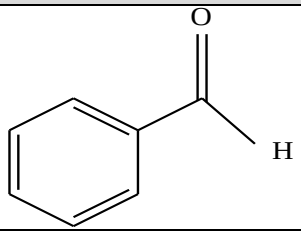
✓ بررسی مواد آلی موجود در ادویه‌ها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی** نقش تعیین کننده‌ای در خواص آن‌ها دارد. در واقع، گروهای عاملی، **خواص** و **رفتارهای** ترکیب‌های آلی را تعیین می‌کنند.

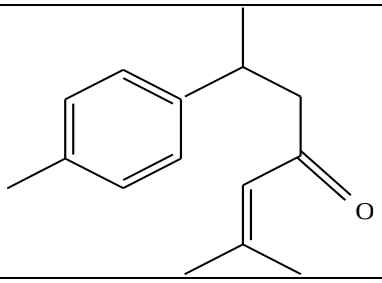
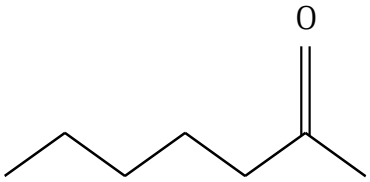
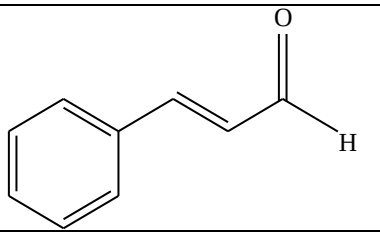
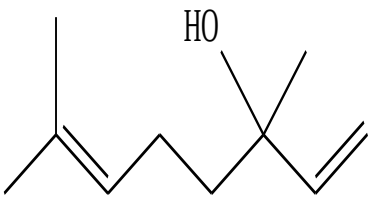
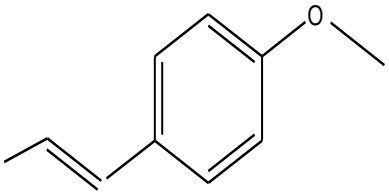
✓ **گروه عاملی** : آرایش **منظمی** از اتم‌هاست که به مولکول **آلی** دارای آن، خواص **فیزیکی** و **شیمیایی** منحصر به فردی می‌بخشد.

✓ 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 **دوگانه** نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل** است، گروهی که به **آلدهیدها** و **کتون‌ها** خواص ویژه‌ای می‌بخشد.

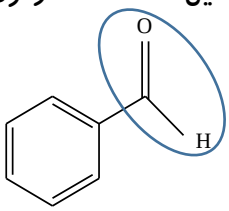
✓ گروه‌های عاملی یکسان در مولکول‌های مختلف به واکنش شیمیایی **یکسان** در آن مولکول‌ها می‌انجامند و حتی برخی خواص **فیزیکی** مشابه در مولکول‌ها را نیز سبب می‌شوند.

✓ در جدول زیر، ساختار و ترکیبات مربوط به ادویه‌ها خلاصه شده است :

نوع ماده	تصویر	ساختار	گروه عاملی	فرمول مولکولی
بادام			آلدهیدی	C_7H_6O

زردچوبه			آلکنی کتونی	$C_{15}H_{20}O$
میخک			کتونی	$C_7H_{14}O$
دارچین			آلدهیدی آلکنی	C_9H_8O
گشنیز			الکلی آلکنی	$C_{10}H_{18}O$
رازیانه			آلکنی اتری	$C_{10}H_{12}O$

✓ یکی از ترکیبات موجود در **بادام** ، **بنزآلدهید** است که از یک حلقهٔ **بنزن** به همراه گروه عاملی **آلدهیدی** تشکیل شده است. فرمول

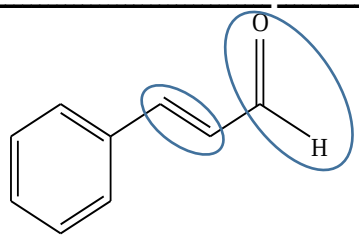


مولکولی ترکیب مقابل C_7H_6O است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب **۱۸** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۴** پیوند **دوگانه** و **۱۰** پیوند **یگانه** است.

✓ **دارچین** نیز دارای ترکیبی است که گروه عاملی **آلدهیدی** دارد.

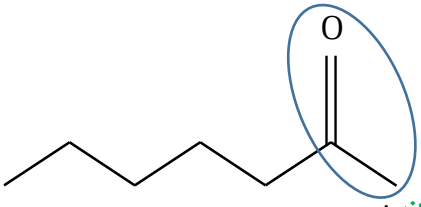


فرمول مولکولی ترکیب مقابل C_9H_8O است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب **۲۳** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۵** پیوند **دوگانه** و **۱۳** پیوند **یگانه** است.

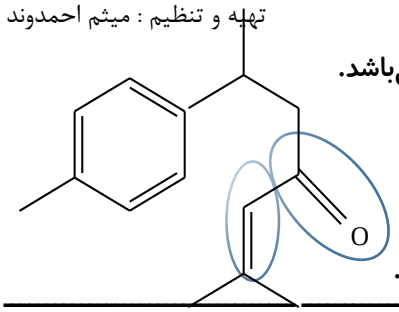
✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **میخک**، **۲– هپتانون** است که دارای **۷** اتم کربن و یک گروه عاملی **کربونیل** می‌باشد.



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 **یگانه** است.



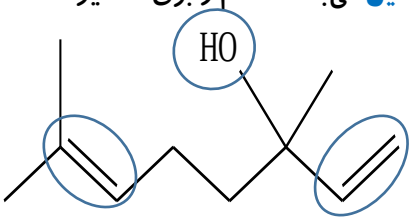
✓ یکی از ترکیبات آلی موجود در **زردچوبه** ساختار روبرو باشد که دارای گروه عاملی **کربونیل** می‌باشد.

فرمول مولکولی ترکیب مقابل $C_{15}H_{20}O$ است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب **۴۱** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۵** پیوند **دوگانه** و **۳۱** پیوند **یگانه** 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.

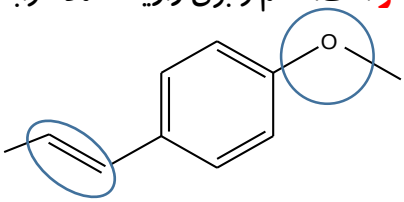


فرمول مولکولی ترکیب مقابل $C_{10}H_{17}OH$ یا $C_{10}H_{18}O$ است.

این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب **۳۰** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۲** پیوند **دوگانه** و **۲۶** پیوند **یگانه** 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.



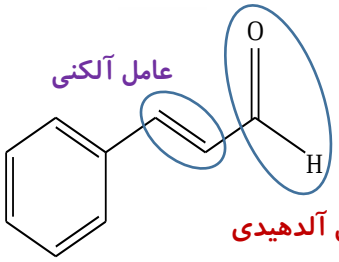
فرمول مولکولی ترکیب مقابل $C_{10}H_{12}O$ است.

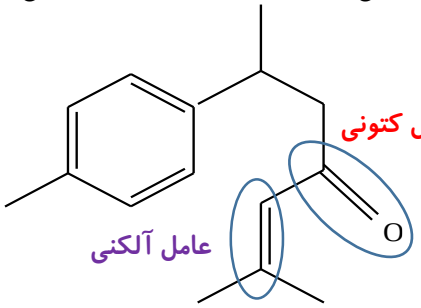
این ترکیب **سیرنشده** است.

در این ترکیب **۲۷** پیوند کووالانسی وجود دارد که شامل **۴** پیوند **دوگانه** و **۱۹** پیوند **یگانه** است.

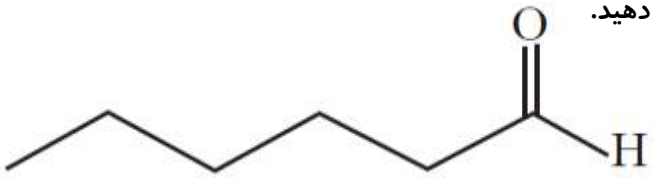
خود را بیازمایید **صفحه ۶۹ و ۷۰ کتاب درسی**

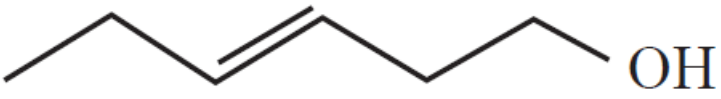
۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.





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 گروه های 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 اکسیژن‌دار آورده شده است:

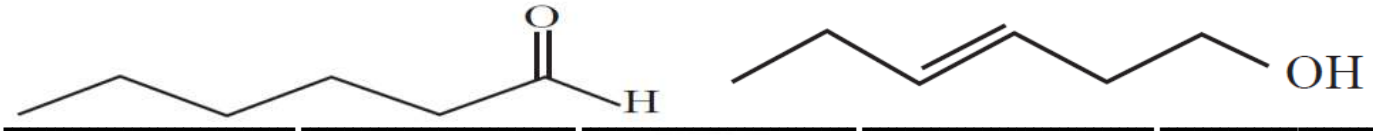
نام خانواده دارای گروه عاملی	فرمول گروه عاملی	نام گروه عاملی	فرمول مولکولی داری بخش هیدروکربنی سیر شده	
الکل	-OH	هیدروکسیل	$C_nH_{2n+1}OH$ یا $C_nH_{2n+2}O$	R-OH
اتر	-O-	اتری	$C_nH_{2n+2}O$	R-O-R´
آلدهید	-CHO یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	آلدهیدی	$C_nH_{2n}O$	R-CHO
کتون	- CO - یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	کتونی	$C_nH_{2n}O$	R-CO-R´
اسید (کربوکسیلیک اسید)	-COOH یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	کربوکسیل	$C_nH_{2n}O_2$	R-COOH
استر	-COO- یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	کربوکسیلات	$C_nH_{2n}O_2$	R-COO-R´

- 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.

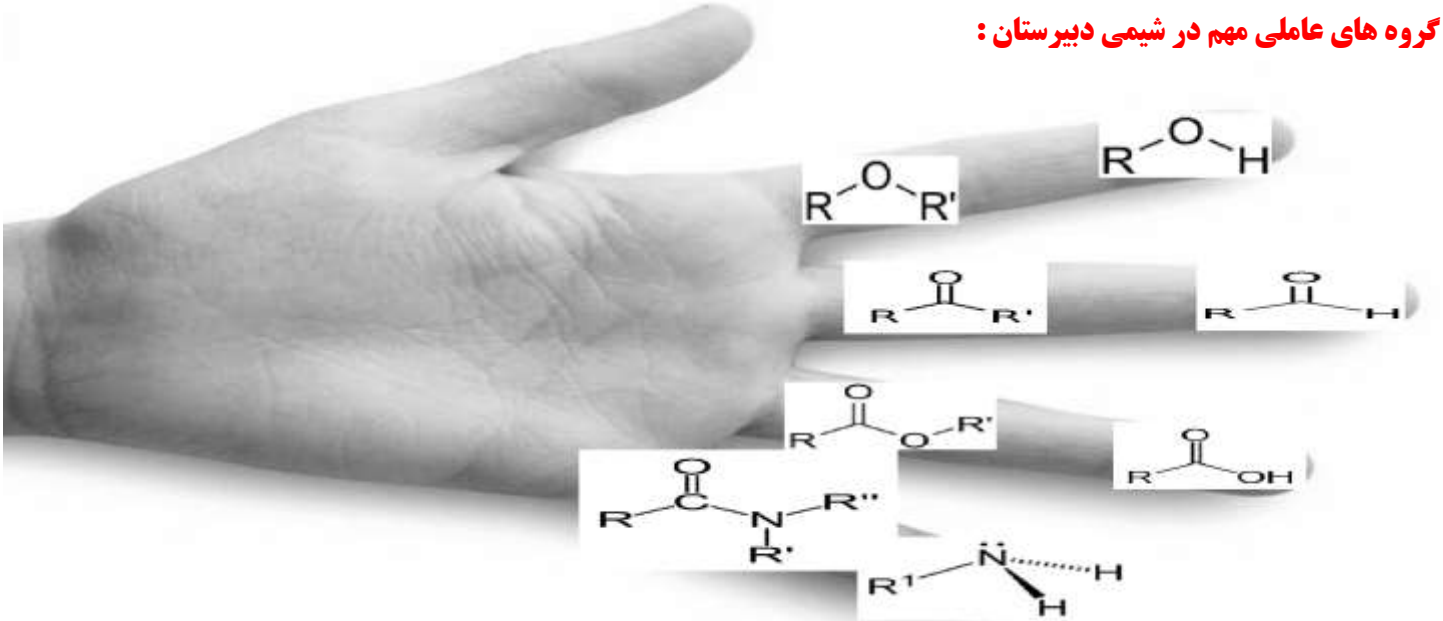
(تذکر: موارد ذکر شده درصورتی ایزومر هستند که از نظر تعداد کربن و سیرشدگی یا سیرنشدگی مانند هم باشند.)

- 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 برای بررسی ایزومری این است که فرمول دو ترکیب را نوشته 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 محتوای انرژی 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.



گروه های عاملی مهم در شیمی دبیرستان :



✓ اولین عامل‌های شناخته شده در این کتاب پیوند دوگانه با نام عامل **آلکنی** و پیوند سه‌گانه با نام عامل **آلکینی** و ترکیبات **آروماتیک** با نام عامل **بنزنی** شناخته شدند. قرار گرفتن اتم‌های **هالوژن** به جای هیدروژن آلکان‌ها، نیز به آن **خواص** و **رفتار** ویژه‌ای می‌بخشد.

✓ به گروه ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$) **کربونیل** گفته می‌شود. مهم‌ترین تفاوت گروه عاملی آلدهیدی و کتونی، اتم **هیدروژن** متصل به گروه کربونیل در گروه عاملی آلدهیدی است.

✓ ساده‌ترین آلدهید، **یک** کربن (**فرمالدهید** ، $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$) و ساده‌ترین کتون، **سه** کربن (**استون** ، $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$) دارد.

✓ **استون** یک ترکیب آلی اکسیژن‌دار است که به‌عنوان 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.

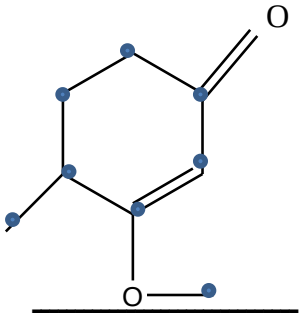
✓ از آنجا که در حل تست‌های مربوط به این قسمت و برای تعیین فرمول مولکولی یک ترکیب آلی، دانستن تعداد هیدروژن مهم است بنابراین از فرمول زیر برای شمارش تعداد اتم‌های هیدروژن استفاده می‌کنیم :

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.

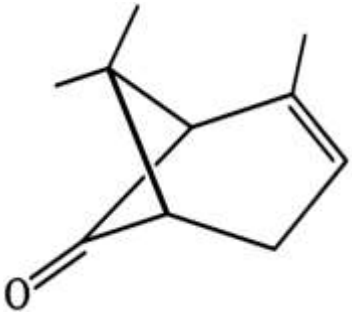
$$\text{تعداد هیدروژن} = 2n+2-\left[2\left(\text{تعداد پیوندهای دوگانه}\right)+4\left(\text{تعداد پیوندهای سه گانه}\right)+2\left(\text{تعداد حلقه}\right)\right]+N-\text{تعداد هالوژن}$$

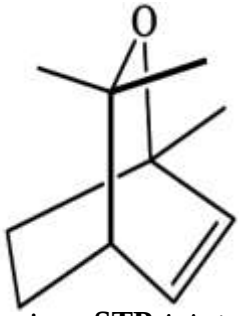
✓ مثال: برای نوشتن فرمول مولکولی ترکیب زیر، نقاط شمارش می‌شود، C_8، سپس مطابق فرمول $C_8H_{2\times8+2}$ یعنی C_8H_{18} خواهد شد. حال به تعداد پیوند پای که برابر **دو** تا و یک حلقه در مجموع **۶** تا **هیدروژن** کسر می‌شود. $C_8H_{18-6}=C_8H_{12}$



---

۱) کدام مطلب دربارهٔ ترکیب‌هایی با ساختارهای «نقطه – خط» زیر، درست است؟





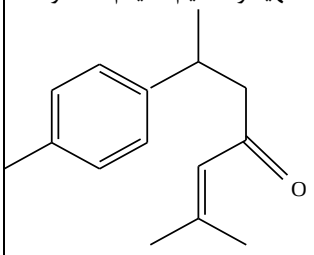
$(H=1, C=12, O=16, Br=80: g.mol^{-1})$

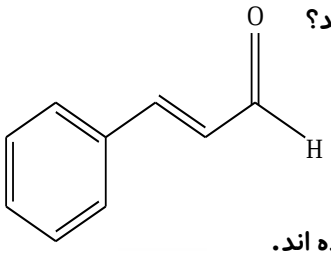
الف) تفاوت جرم مولی دو ترکیب برابر ۴ گرم است.

ب) ۳/۸ گرم از ترکیب (II) با ۶ گرم برم واکنش کامل می‌دهد.

ج) دو ترکیب، همپارند و ترکیب (I)، یک عامل کتونی دارد.

د) برای سوختن کامل ۷/۵ گرم ترکیب I، ۱۴/۵۶ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف می‌شود.


a


b

۲) باتوجه 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 شده اند.

ث) مولکول‌های a و b به ترتیب در زردچوبه و دارچین وجود دارند.

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

---

۳) گروه‌های عاملی موجود گشنیز و رازیانه به ترتیب عبارتند از:

الف) اتری – الکلی ب) آلدهیدی – کتونی ج) الکلی – اتری د) کتونی – آلدهیدی

---

۴) کدام یک از فرمول‌های مولکولی زیر به یک الکل مربوط می‌شود ؟

الف) CH_3CHO ب) $(CH_3)_2O$ ج) $(CH_3)_2CO$ د) $(CH_3)_3COH$

---

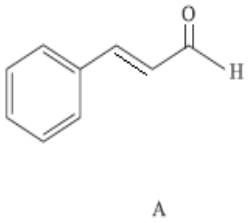
۵) چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

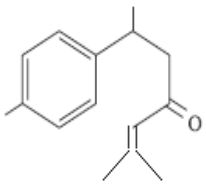
الف) ساختارهای A ، Bو C به ترتیب در دارچین، زردچوبه و بادام یافت می‌شوند.

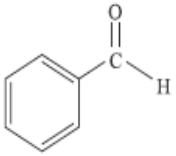
ب) هر سه ساختار دارای گروه عاملی کربونیل هستند و جزء آلدهیدها به شمار می‌آیند.

پ) اختلاف جرم مولی ترکیب‌های A وC برابر 40 است.

ت) تعداد پیوندهای دوگانه کربن -کربن در ساختار B برابر با ترکیب آلی موجود در رازیانه است که دارای فرمول مولکولی $C_{10}H_{12}O$ می‌باشد.


A

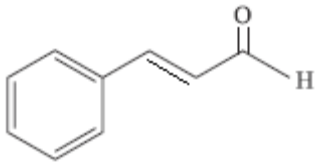

B


C

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

---

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.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷- باتوجه به ساختارهای داده شده، عبارت کدام گزینه نادرست است؟

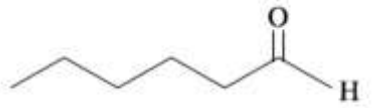
الف) گروه عاملی موجود در ساختار (2) همان گروه عاملی ترکیب آلی موجود در رازیانه می‌باشد.

ب) هر مول از ترکیب ساختار (2) با 2 گرم هیدروژن واکنش داده و به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شود.

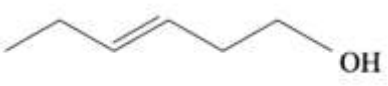
ج) تفاوت جرم مولی هر یک از این دو ساختار با جرم مولی سیکلوهگزان برابر 16 می‌باشد.

د) بین مولکول‌های ساختار (2) برخلاف مولکول‌های ساختار(1) ، امکان تشکیل پیوند هیدروژنی وجود دارد.

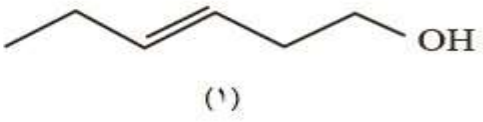
ساختار(۱)



ساختار(۲)



۸) با توجه به ساختارهای داده شده، کدام عبارت درست است؟



(۱)

(۲)

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 $C_6H_{12}O$ 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 اولیهٔ** سلول‌ها منبعی برای **تأمین انرژی** آنها نیز هستند.
- ✓ در این میان تنها **کربوهیدرات‌ها** هستند که در بدن به **گلوکز** شکسته شده و **گلوکز** حاصل از آنها در **خون** حل 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.

مادهٔ غذایی	کربوهیدرات	پروتئین	چربی
ارزش سوختی ($kJ\ g^{-1}$)	۱۷	۱۷	۳۸

- ✓ با اینکه **همهٔ** 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 مقابل است : **کربوهیدرات** = **پروتئین** > **چربی** .
- ✓ باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به **وزن** ، **سن** و **میزان فعالیت‌های** روزانهٔ 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.

مادهٔ غذایی	نان	پنیر	تخم مرغ	شکلات	شیر	بادام زمینی
ارزش سوختی ($kJ\ g^{-1}$)	۱۱/۵	۲۰/۰	۶/۰	۱۸/۰	۳/۰	۲۳

- ✓ با استفاده از الگوی فوق می‌توان مقدار انرژی‌ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می‌رسد را حساب کرد.

سوال : با توجه به جدول بالا، انرژی حاصل از **۵** گرم شکلات چند کیلوژول است؟ $\text{۵ g شکلات} \times \frac{18\ kJ}{1\ g} = \text{۹۰ kJ}$

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 $\Delta H_{\text{سوختن}} < 0$ می‌باشد.
- تعریف **سوختن** : یک تغییر **شیمیایی** که در آن یک ماده به **سرعت** با اکسیژن واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده، به شکل **گرما** و **نور** آزاد می‌شود و بخش دیگر آن به صورت انرژی پتانسیل پیوندی در فراورده‌ها ذخیره می‌شود.
- تفاوت سوختن **کامل** و **ناقص** به میزان اکسیژن موجود در واکنش بستگی دارد. اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود.
- شعلهٔ سوختن کامل **آبی** ولی سوختن ناقص **زرد** است.
- یکی از فراورده‌های سوختن کامل ترکیب‌های آلی، **آب** است. H_2O در فشار **۱** اتمسفر و دمای اتاق ($25^\circ C$) به صورت **مایع** می‌باشد. بنابراین در واکنش مربوط به آنتالپی سوختن ترکیب‌های آلی در دمای اتاق، آب را به صورت $H_2O(l)$ 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	متان	اتان	اتن	پروپن	اتین	پروپین	متانول	اتانول
مادهٔ آلی	$CH_4(g)$	$C_2H_6(g)$	$C_2H_4(g)$	$C_3H_6(g)$	$C_2H_2(g)$	$C_3H_4(g)$	$CH_3OH(l)$	$C_2H_5OH(l)$
آنتالپی سوختن ($kJ\ mol^{-1}$)	−۸۹۰	−۱۵۶۰	−۱۴۱۰	−۲۰۵۸	−۱۳۰۰	−۱۹۳۸	−۷۲۶	−۱۳۶۸
با توجه به جدول :	آلـــکـــان		آلـــکـــن		آلـکـیـن		الـکـل	

- 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 :

$$C_2H_2(g) \quad < \quad C_2H_4(g) \quad < \quad C_2H_6(g)$$

- 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 رابطهٔ زیر ارزش سوختی با افزایش جرم رابطهٔ معکوس دارد.

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{\text{گرمای مولی سوختن}}{\text{جرم مولی}}$$

- **جرم مولی** مادهٔ سوختنی × 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 مثلا ارزش سوختی **اتن** از **پروپن** در خانواده آلکن‌ها بیشتر است. در میان هیدروکربن ها **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 بی هوازی** گلوکز به دست می‌آید : $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$

برای حل مسائل مربوط به گرمای واکنش می‌توان از فرمول استوکیومتری زیر استفاده کرد:

$$\text{گرمای آزاد شده (kJ)} = \text{جرم ماده سوختنی (g)} \times \frac{1mol}{\text{جرم مولی}} \times \frac{\Delta H}{1mol}$$

مثال: با توجه به واکنش زیر چند گرم اتانول بسوزانیم تا دمای ۵۰۰ g آب از دمای ۲۵ °C به ۵۰ °C برسد؟ $C_2H_5OH=46\ g.\ mol^{-1}$

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \quad \Delta H_1 = -1368\ kJ$$ (ظرفیت گرمایی ویژه آب = ۴/۱۸ J/g°C)

$$q = mc\Delta\theta = 500\times 4/18\times(50-25) = 52250J = 52/250kJ$$

$$52/250kJ = Xg \times \frac{1mol}{46g} \times \frac{1368\ kJ}{1mol} \Rightarrow X = 1/76g$$

خود را بیازمایید **صفحه ۷۱ و ۷۲ کتاب درسی**

۱) با توجه به جدول صفحه قبل آنتالپی سوختن پروپان (C_3H_8) و ۱- بوتن (C_4H_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 CH_2 با هم تفاوت دارند برابر با : $-۱۵۶۰+(-۸۹۰)=-۶۷۰\ kJ$

پروپان و اتان نیز در یک CH_2 تفاوت دارند پس : $-۱۵۶۰+(-۶۷۰)=-۲۲۳۰\ kJ$

به همین ترتیب برای ۱- بوتن می‌توان نوشت :

$۲۰۵۸+(-۶۴۸)=-۲۷۰۶$ $\quad -۲۰۵۸-(-۱۴۱۰)=-۶۴۸$

در منابع علمی معتبر برای پروپان ۲۲۱۹/۲- و برای ۱- بوتن ۲۷۱۷- است.

---

۲) با توجه به معادلهٔ واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \xrightarrow{25\ °C} 4CO_2(g) + 6H_2O(l) + 3120\ kJ$$

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \xrightarrow{25\ °C} 2CO_2(g) + 3H_2O(l) + 1368\ kJ$$

الف) ارزش سوختی هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1g\ C_2H_5OH \times \frac{1mol}{46\ g} \times \frac{1368\ kJ}{1\ mol} = 29/73\ kJ.g^{-1} \qquad 1g\ C_2H_6 \times \frac{1mol}{30\ g} \times \frac{3120\ kJ}{2\ mol} = 52\ kJ.g^{-1}$$

ارزش سوختی اتان از اتانول بیشتر است.

ب) جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

$$1g\ C_2H_6 \times \frac{1mol\ C_2H_6}{30\ g\ C_2H_6} \times \frac{4\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_2H_6} \times \frac{44\ g\ CO_2}{1\ mol\ CO_2} = 2/93\ g\ CO_2$$

$$1g\ C_2H_5OH \times \frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{46\ g\ C_2H_5OH} \times \frac{2\ mol\ CO_2}{1\ mol\ C_2H_5OH} \times \frac{44\ g\ CO_2}{1\ mol\ CO_2} = 1/91\ g\ CO_2$$

جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از جرم 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- باتوجه به واکنش‌های گرماشیمیایی زیر

(I) $CS_2(I) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + SO_2(g)$, $\Delta H = -1075\ kJ$

(II) $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(I)$, $\Delta H = -1530\ kJ$ (معادلهٔ واکنش‌ها موازنه شود)

گرمای سوختن هر گرم آمونیاک با گرمای سوختن چند گرم کربن‌دی‌سولفید برابر است و از سوختن هر مول آمونیاک در واکنش (II) چند مول گاز تولید می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید : $S= 32, N = 14, C = 12, H = 1\ g.mol^{-1}$)

۱) ۱/۵۹ و ۱ ۲) ۲/۱۹ و ۲ ۳) **۱/۵۹ و ۰/۵** ۴) ۲/۱۹ و ۲/۲۵

(I) $CS_2\ (l) + 3O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2SO_2\ (g)\ ,\ \Delta H = -1075\ kJ$

(II) $4NH_3\ (g) + 3O_2\ (g) \rightarrow 2\ N_2\ (g) + 6\ H_2O(l)\ ,\ \Delta H = -1530\ kJ$

$$1\ g\ NH_3 \times \frac{1\ mol\ NH3}{17\ g\ NH3} \times \frac{-1530\ KJ}{4\ mol\ NH3} \times \frac{1\ mol\ CS2}{-1075\ kJ} \times \frac{76\ g\ CS2}{1\ mol\ CS2} = ۱/۵۹$$

$$1\ mol\ NH_3 \times \frac{2\ mol\ N2}{4\ mol\ NH3} = ۰/۵\ mol$$

۲- کدام یک از واکنش‌های زیر، آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده مورد نظر را در دمای 25°C نشان می‌دهد؟

۱) پروپان $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 4H_2O(g)$

۲) اتانول $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2\ (g) + 3H_2O(l)$

۳) هگزان $C_6H_{14}(g) + \frac{19}{2}\ O_2(g) \rightarrow 6CO_2\ (g) + 7H_2O(l)$

۴) اتان $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

اتان $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ درست می‌باشد.

بررسی گزینه‌های نادرست :

H_2O باید در حالت مایع (l) باشد.

اتانول در دمای (25°C) به حالت مایع (l) است.

هگزان در دمای اتاق (25°C) به حالت مایع (l) است.

۳- ارزش سوختی کربوهیدرات‌ها ..... پروتئین‌ها بوده و ..... چربی‌ها می‌باشد.

۱) بیشتر از – برابر با ۲) برابر با – کمتر از ۳) برابر با – بیشتر از ۴) کمتر از – برابر با

۴- آنتالپی سوختن یک هیدروکربن زنجیری سیرشده، برابر با $-3509\ kJ.mol^{-1}$ وارزش سوختی آن برابر $48/74\ kJ.g^{-1}$ می‌باشد. فرمول مولکولی این هیدروکربن کدام است؟ ($C=12\ ,\ H=1\ g.mol^{-1}$)

۱) C_5H_{12} ۲) C_5H_{10} ۳) C_4H_{10} ۴) C_6H_{12}

$$72 = \frac{3509}{48/74} \qquad C_nH_{(2n+2)} = ۱۴n + ۲ = ۷۲ \Rightarrow n = ۵ \Rightarrow C_5H_{12}$$

۵- دو مول مخلوط گازهای اتان و اتین را در مقدار کافی اکسیژن می‌سوزانیم. پس از انجام واکنش‌های سوختن کامل، 2860kJ گرما آزاد می‌شود. اگر آنتالپی سوختن اتان و اتین به ترتیب ۱۵۶۰ – و ۱۳۰۰ – کیلو ژول بر مول باشد، درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه تقریباً کدام است؟ ($C=12, H=1: g.mol^{-1}$)

۱) ۵۰ ۲) ۴۶/۴ ۳) ۲۵ ۴) ۵۳/۶

مقدار مول اتان را x و مقدار مول اتین را $2-x$ در نظر می‌گیریم و سپس طبق واکنش‌ها، گرمای تولیدی از هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

$C_2H_6 + \frac{7}{2}\ O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad ,\ \Delta H = -1560\ kJ\ .\ mol^{-1}$

$C_2H_2 + \frac{5}{2}\ O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O \quad ,\ \Delta H = -1300\ kJ\ .\ mol^{-1}$

$$\text{گرمای سوختن اتان} = X\ mol\ C_2H_6 \times \frac{1560\ kJ}{1\ mol\ C_2H_6} = 1560\ X\ kJ$$

$$\text{گرمای سوختن اتین} = (2-X)\ mol\ C_2H_2 \times \frac{1300\ kJ}{1\ mol\ C_2H_6} = (2-X) \times 1300 = (2600-1300X)kJ$$

$1560\,X + 2600 - 1300X = 2860 \quad \Rightarrow 260X = 260 \quad \Rightarrow X=1$

$$\text{درصد جرمی اتان} = \frac{1\times 30}{(1\times 30 + 1\times 26)} \times ۱۰۰ = ۵۳/۶$$

۶- با توجه به واکنش‌های زیر چند مورد از مطالب بیان شده درست‌اند؟

i) $C_2H_6(g) + 7\,O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(l)$

ii) $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

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.

۱) ۳ ۲) **۲** ۳) ۱ ۴) صفر

۷- اگر آنتالپی سوختن اتن و پروپن در شرایط یکسان به‌ترتیب ۱۴۱۰ - و ۲۰۵۸ - کیلوژول بر مول باشد،آنتالپی سوختن ۱- بوتن چند کیلوژول بر مول است؟

۱) -۳۲۲۸ ۲) -۲۷۰۶ ۳) -۲۵۰۸ ۴) -۳۴۶۸

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 :

$$|\Delta H| - 2058 = 2058 - 1410 \Rightarrow |\Delta H| = 2706\,kJ.mol^{-1}$$

۸- با توجه به واکنش سوختن کامل اتان، هرگاه به ازای تولید 6/6g کربن دی‌اکسید، 117kJ گرما آزاد شود، آنتالپی سوختن اتان چند کیلوژول بر مول است؟ $(H=1 , C=12 , O=16g.mol^{-1})$

$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

۱) ۳۹۰ ۲) ۷۸۰ ۳) ۱۵۶۰ ۴) ۳۱۲۰

$$\Delta H C_2H_6 = 1mol\,C_2H_6 \times \frac{4mol\,CO_2}{2mol\,C_2H_6} \times \frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2} \times \frac{117\,kJ}{6/6g\,CO_2} = 1560\,kJ$$

تعیین ΔH واکنش‌های شیمیایی :

- با انجام فرایندهای **فیزیکی** و **شیمیایی** محتوای انرژی مواد تغییر می‌کند. از اینرو انجام هر یک از این فرایندها با **مبادله** گرما همراه است که این تغییر می‌تواند **گرماگیر** یا **گرماده** باشد. تجربه نشان می‌دهد که گرمای مبادله شده در یک واکنش با **دقت بالا** قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌های **ترموشیمی** است.
- تعیین ΔH واکنش‌های شیمیایی به دو روش **مستقیم** (روش تجربی یا گرماسنجی) و **غیر مستقیم** امکان‌پذیر است :
- در روش **مستقیم** باید مقدار مشخصی از واکنش‌دهنده‌ها در شرایط مناسب با هم واکنش دهند و گرمای واکنش را به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور از دستگاهی به نام **گرماسنج** (کالری‌متر) استفاده می‌شود.
- **گرماسنج** دستگاهی است که برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت (q_p) استفاده می‌شود.

گرمای واکنش در فشار ثابت را آنتالپی می‌نامند و با علامت ΔH نمایش داده می‌شود. $q_p = \Delta H$

- در روش **مستقیم** ، اندازه‌گیری ΔH یک واکنش با استفاده از **دو** نوع گرماسنج امکان پذیر است:
- الف) گرماسنج **لیوانی**
- ب) گرماسنج **بمبی** (مطلب اضافی)
- شکل مقابل ساختار یک گرماسنج **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**، **دماسنج** 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** (θ_1) اندازه‌گیری می‌شود، پس از اضافه کردن واکنش‌دهندهٔ دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی (θ_2) اندازه‌گیری می‌شود و سپس از رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$ 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 **گرماگیر** و اگر دمای این گرماسنج **افزایش** یابد یعنی واکنش **گرماده** است.

مثال: ΔH واکنش حل شدن کلسیم کلرید ($M=111g.mol^{-1}$) در آب، ۳۵- کیلوژول است. برای گرم کردن ۲۵۰ گرم آب از دمای $25^\circ C$ تا دمای $45^\circ C$، چند گرم از آن باید در آب حل شود؟ ($c_{H_2O} = 4.2 \frac{J}{g.^\circ C}$)

روش‌های غیر مستقیم برای اندازه گیری ΔH 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 ΔH چنین واکنش‌هایی از روش‌های **غیرمستقیم** استفاده می‌شود که عبارتند از :

۱) استفاده از **آنتالپی پیوند** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها

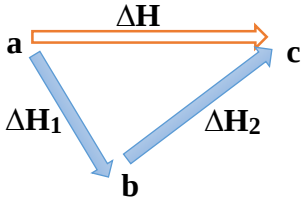
۲) استفاده از آنتالپی **سوختن** مواد

۳) استفاده از خاصیت **جمع‌پذیری** گرمای واکنش‌ها یا **قانون هس**

۴) استفاده از **انرژی فعال‌سازی** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها (این مورد را در فصل **۴** شیمی **۱۲** می‌خوانیم.)

جمع پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس :

- ✓ اگر واکنش شیمیایی همراه با ΔH 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.



$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$

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 ΔH دو یا چند واکنش دیگر می‌توان ΔH یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همهٔ واکنش‌ها یکسان باشد.
- ✓ شرایط یکسان مورد نظر در استفاده از قانون هس عبارتند از : **دما**، **فشار**، **حالت فیزیکی** و **نوع آلوتروپ**.

✓ قانون هس، قانونی که به **جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها** معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم ΔH به صورت زیراست:

« اگر معادلهٔ واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید. »

قواعد رایج در ترموشیمی برای جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها :

۱– هرگاه معادلهٔ واکنش را وارونه شود علامت ΔH هم برعکس می‌شود.

$$CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_1 = +890\ kJ$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -890\ kJ$$

۲– اگر معادلهٔ واکنشی در عدد n ضرب شود، ΔH واکنش نیز n برابر می‌شود.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -286\ kJ$$

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = 2\times(-286)\ kJ = -572\ kJ$$

۳– برای به دست آوردن واکنش اصلی براساس مجموع چند واکنش :

a. ابتدا جهت واکنش‌ها بر اساس **موقعیت** واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در واکنش اصلی **همسو** می‌شود.

b. سپس ذرات واکنش‌دهندهٔ 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 kJ برای تهیه هر مول نیتریک اسید با استفاده از واکنش مقابل ،کدام است؟

$$NH_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow HNO_3(aq) + H_2O(l)$$

۱) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$, $\Delta H_1 = -905\ KJ$

۲) $2HNO_3(aq) + NO(g) \rightarrow 3NO_2(g) + H_2O(l)$, $\Delta H_2 = +117\ KJ$

۳) $2NO_2(g) \rightarrow O_2(g) + 2NO(g)$, $\Delta H_3 = +114\ KJ$

با توجه به واکنش اصلی باید در طرف واکنش‌دهنده‌ها $NH_3(g) + 2O_2(g)$ و در طرف فراورده‌ها نیز $HNO_3(aq) + H_2O(l)$ داشته باشیم:

معادله اول : معادله را در $\frac{1}{4}$ ضرب می‌کنیم ⇐ آنتالپی تقسیم بر ۴ می‌شود.

معادله دوم : معادله را برعکس نموده ، سپس در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.

معادله سوم : معادله را برعکس نموده ، سپس در $\frac{3}{4}$ ضرب می‌کنیم. ⇐ آنتالپی قرینه و $\frac{3}{4}$ برابر می‌شود.

۱) $1NH_3(g) + 1/25\ O_2(g) \rightarrow 1NO(g) + 1/5\ H_2O(l)$, $\Delta H = -226/25\ kJ$

۲) $1/5\ NO_2(g) + 0/5\ H_2O(l) \rightarrow 1\ HNO_3(aq) + 0/5\ NO(g)$, $\Delta H = -58/5\ kJ$

۳) $0/75\ O_2(g) + 1/5\ NO(g) \rightarrow 1/5\ NO_2(g)$, $\Delta H = -85/5\ kJ$

$$NH_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow HNO_3(aq) + H_2O(l) \qquad \Delta H = -370/25\ kJ$$

متان :

- ✓ **ساده‌ترین** هیدروکربن و **نخستین** عضو خانواده آلکان‌هاست.
- ✓ **گاز شهری** به طور عمده از آن تشکیل شده است.
- ✓ از **تجزیهٔ** گیاهان به وسیلهٔ **باکتری‌های بی‌هوازی** 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 بهینه** برای انجام این واکنش بسیار **دشوار** و **پرهزینه** است به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش باید از روش‌های غیرمستقیم بهره برد:

$$C_{(s,graphite)} + 2H_{2\,(g)} \rightarrow CH_{4\,(g)} \quad ، \quad \Delta H = \quad -75/5KJ$$

- ✓ برای تعیین ΔH واکنش $C_{(s,graphite)} + 2H_{2\,(g)} \rightarrow CH_{4\,(g)}$ از قواعد رایج در ترموشیمی بر اساس سه واکنش زیر بهره می‌برند این واکنش‌های ترموشیمیایی می‌توانند واکنش سوختن یک مول گاز هیدروژن، یک مول گرافیت و یک مول گاز متان باشند که معادلهٔ هریک از آنها در **۲۵** $^{\circ}C$ به صورت زیر است:

$$1)\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -286kJ$$

$$2)\ C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -393/5kJ$$

$$3)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \qquad \Delta H_3 = -890\ kJ$$

در پاسخ باید تک تک مواد را در واکنش اصلی یافته و با توجه به ضریب 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 ΔH ها نیز ΔH واکنش اصلی محاسبه شود.

واکنش اول : در عدد ۲ ضرب می‌شود. ⇐ آنتالپی آن نیز دو برابر می‌شود.

واکنش دوم : بدون تغییر

واکنش سوم : وارونه می‌شود. ⇐ آنتالپی آن نیز قرینه می‌شود.

$$1)\ 2\times\left(H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)\right) \qquad \Delta H_1' = 2\times(-286)kJ = -572kJ$$

$$1')\ 2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)) \qquad \Delta H_1' = -572kJ$$

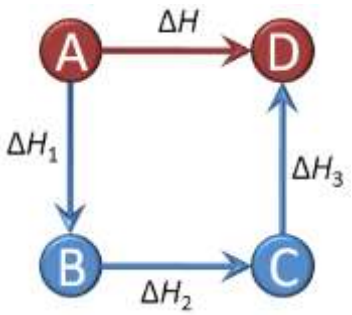
$$2)\ C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_2 = -393/5kJ$$

$$3)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \qquad \Delta H_3 = -890\ kJ$$

$$3')\ CO_2(g) + 2H_2O\ (l) \rightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_3' = +890\ k$$

$$C(s) + 2\,H_2(g) \rightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H = \Delta H_1' + \Delta H_2 + \Delta H_3' = -572 - 393/5 + 890 = -75/5kJ$$

مطابق قانون هس ΔH تبدیل **A** به **D** برابر با مجموع ΔH های مسیر **A-B-C-D** است. $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$



خود را بیازمایید : **صفحه ۷۴ کتاب درسی**

۱) **هیدروژن پراکسید** (H_2O_2) ماده‌ای است که با نام تجاری **آب اکسیژنه** به فروش می‌رسد.

- ✓ محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول **ضدعفونی** کننده است.
- ✓ خاصیت **رنگ بری** و **لکه‌بری** 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.

۱) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H_1 = -286\ Kj$

۲) $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ $\quad \Delta H_2 = -196\ kJ$

واکنش اول : بدون تغییر

معادله دوم : معادله را برعکس نموده ، سپس در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه و نصف می‌شود.

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H_1 = -286\ kJ$

$H_2O(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$ $\quad \Delta H'_2 = +98\ kJ$

$H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$ $\quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H'_2 = -286 + 98 = -188\ kJ$

ب) توضیح دهید چرا تهیهٔ 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 می شود.

---

۲) در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند CO و NO از اگزوز خودروها به هواکره وارد می‌شوند. شیمی‌دان‌های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلایندگی کمتر، طراحی کرده‌اند.

$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ $\quad \Delta H = ?$

آنتالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.

۱) $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H = -283\ kJ$

۲) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ $\quad \Delta H = +181\ kJ$

واکنش اول : معادله را ۲ برابر می‌کنیم. ⇐ آنتالپی ۲ برابر می‌شود.

واکنش دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

۱) $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ $\quad \Delta H = -566\ kJ$

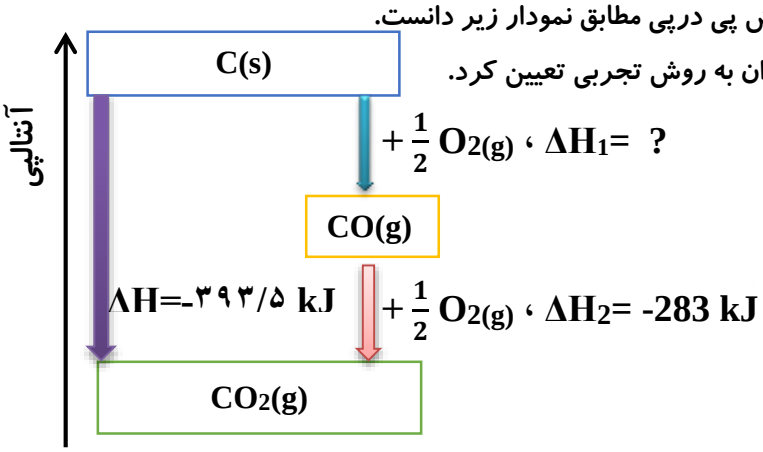
۲) $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ $\quad \Delta H = -181\ kJ$

$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ $\quad \Delta H = -566 - 181 = -747\ kJ$

---

۳) واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی درپی مطابق نمودار زیر دانست.

الف) شواهد نشان می‌دهد که ΔH واکنش تولید CO (g) را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد. دربارهٔ علت آن گفت وگو 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) ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.

$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$ $\quad \Delta H_1=?$

$C + O_2 \rightarrow CO2$ $\quad \Delta H= -393/5\ kJ$

$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2= -283\ kJ$

معادله اول : بدون تغییر

معادله دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

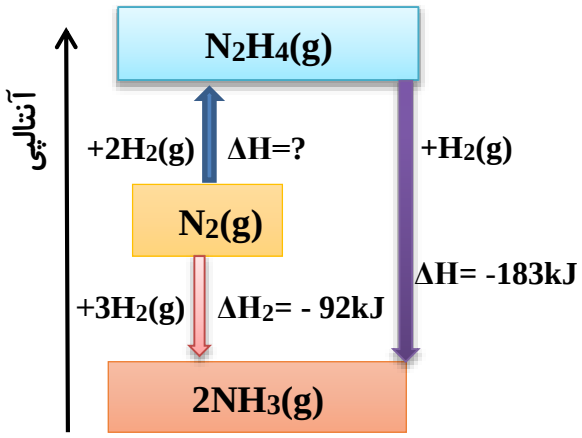
$C + O_2 \rightarrow CO2$ $\quad \Delta H= -393/5\ kJ$

$CO_2 \rightarrow CO + \frac{1}{2}O_2$ $\quad \Delta H_2= +283\ kJ$

$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$ $\quad \Delta H_1=-393/5 +283 = -110/5\ kJ$

---

۴) شواهد تجربی نشان می‌دهند که تهیهٔ آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله‌ای 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 پایین‌تر از هیدرازین است).

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$ $\quad \Delta H= ?$

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -92\ kJ$

$N_2H_4 + H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -183\ kJ$

معادله اول : بدون تغییر

معادله دوم : معادله را برعکس می‌کنیم ⇐ آنتالپی قرینه می‌شود.

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ $\quad \Delta H= -92\ kJ$

$2NH_3 \rightarrow N_2H_4 + H_2$ $\quad \Delta H= +183\ kJ$

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$ $\quad \Delta H= -92 +183 = +91\ kJ$

۱- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $H_2S(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + SO_2(g)$ $\quad \Delta H = -562.6$

ب) $CS_2(l) + 3O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ $\quad \Delta H = -1075.2$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$CS_2(l) + 2H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2S(g)$ $\quad \Delta H =?$

۲- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $2NH_3(g) + 3N_2O(g) \rightarrow 4N_2(g) + 3H_2O(l)$ $\quad \Delta H = -1010\ kJ$

ب) $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$ $\quad \Delta H = -1531\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow N_2O(g)$ $\quad \Delta H =?$

۳- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر

الف) $2NF_3(g) + 2NO(g) \rightarrow N_2F_4(g) + 2ONF(g)$ $\Delta H = -82.9\ kJ$

ب) $NO(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow ONF(g)$ $\Delta H = -156.9\ kJ$

پ) $Cu(s) + F_2(g) \rightarrow CuF_2(s)$ $\Delta H = -531.0\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$2NF_3(g) + Cu(s) \rightarrow N_2F_4(g) + CuF_2(s)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۴- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $SOCl_2(l) + H_2O(l) \rightarrow SO_2(g) + 2HCl(g)$ $\Delta H = +10.3\ kJ$

ب) $PCl_3(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow POCl_3(l)$ $\Delta H = -325.1\ kJ$

پ) $P(s) + \frac{3}{2}Cl_2(g) \rightarrow PCl_3(l)$ $\Delta H = -306.7\ kJ$

ت) $4HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2Cl_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = 202\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$2P(s) + 2SO_2(g) + 5Cl_2(g) \rightarrow 2SOCl_2(l) + 2POCl_3(l)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۵- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $2ClF_3(g) + 2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 6HF(g) + Cl_2(g)$ $\Delta H = -1195.6\ kJ$

ب) $N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -622.4kJ$

پ) $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$ $\Delta H = -1530.6kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$3N_2H_4(l) + 4ClF_3(g) \rightarrow 3N_2(g) + 12HF(g) + 2Cl_2(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۶- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $NH_3(g) + HNO_3(l) \rightarrow NH_4NO_3(s)$ $\Delta H = -145.7\ kJ$

ب) $NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -125.2\ kJ$

پ) $3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$ $\Delta H = -155.8\ kJ$

ت) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$ $\Delta H = -1169.2\ kJ$

ث) $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$ $\Delta H = -56.6\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$3NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(l) + NO(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

۷- با در دست داشتن واکنش‌های ترموشیمی زیر:

الف) $2NH_3(g) + 3N_2O(g) \rightarrow 4N_2(g) + 3H_2O(l)$ $\Delta H = -1010\ kJ$

ب) $N_2O(g) + 3H_2(g) \rightarrow N_2H_4(l) + H_2O(l)$ $\Delta H = -317\ kJ$

پ) $2NH_3(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow N_2H_4(l) + H_2O(l)$ $\Delta H = -143\ kJ$

ت) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\Delta H = -286\ kJ$

مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:

$N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ $\Delta H = ?\ kJ$

غذای سالم

تاریخ مصرف چیست؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که چه مدتی **سالم** می‌ماند و قابل **مصرف** 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 :

۱- خشک کردن میوه‌ها

۲- تهیهٔ ترشی

۳- نمک سود کردن

✓ 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 کنندهٔ 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 **کپک** می‌زند و **فاسد** می‌شود اما در محیط **خشک**

امکان رشد میکروب‌ها وجود **ندارد** از اینرو می‌توان خشکبار را **آسان‌تر** و به مدت **طولانی‌تری** در این محیط نگه‌داری کرد به همین دلیل نیاکان ما بسیاری از میوه‌ها را در فصل برداشت خشک می‌کردند تا آنها را برای مصرف در فصل‌های دیگر ذخیره کنند.

اکسیژن عامل فساد مواد غذایی :

- ✓ در شیمی دهم آموختیم که اکسیژن گازی **واکنش‌پذیر** است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. براساس این ویژگی، مواد غذایی در **هوای آزاد** و در معرض **اکسیژن**، **سریع‌تر** فاسد می‌شوند.
- ✓ **وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشکبار** یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است. زیرا **مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون آن‌ها می‌شود.**

- ✓ **حذف اکسیژن** از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی‌ها باعث **افزایش** زمان ماندگاری و **بهبود کیفیت** مواد غذایی می‌شود به همین دلیل برای نگهداری سالم برخی خوراکی‌ها، هوای درون ظرف بسته‌بندی آنها را **خالی** می‌کنند و درون آنها را با گاز **نیتروژن** پر می‌کنند.
- ✓ گاز نیتروژن به **جو بی اثر** مشهور است.(دلیل استفاده از گاز **نیتروژن** در بسته‌بندی **چیپس** و...)

خود را بیازمایید : **صفحه ۷۶ کتاب درسی**

هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می‌دهد؛ توضیح دهید.

الف) برای نگهداری طولانی مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند **با کاهش دما، سرعت واکنش‌هایی که سبب فساد مواد غذایی می‌شود، کم شده در نتیجه مدت ماندگاری افزایش می‌یابد.**

- ✓ افزایش دما سبب **کاهش زمان** ماندگاری مواد غذایی می‌گردد.

ب) روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

زیرا نور و امواج الکترومغناطیس دارای انرژی بوده و اثر مخرب بر ساختار مولکول‌های روغن دارند اما ظروف با جداره کدر مانع از رسیدن این امواج به روغن می‌شوند لذا ماندگاری بیشتری خواهند داشت.

پ) قاووت گردی مغذی و تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود. **چون به حالت پودر، سطح تماس مواد غذایی با هوا بیشتر شده و سرعت انجام واکنش‌هایی 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 روش‌های گوناگون استفاده شود

روش‌های جدید نگهداری از مواد غذایی:

① تهیهٔ کنسرو ② بسته‌بندی نوین ③ افزودن نگهدارنده‌ها ④ نگهداری در یخچال‌های صنعتی، سردخانه‌ها ⑤ خالی کردن هوای درون ظرف بسته‌بندی ⑥ پرکردن محفظه مواد غذایی با گاز نیتروژن و ایجاد محیط بی اثر ⑦ نگهداری غلّات در سیلوها

- ✓ **سینتیک شیمیایی** به عنوان شاخه‌ای از علم شیمی افزون بر بررسی **آهنگ تغییر شیمیایی** در واکنش‌ها، **عوامل مؤثر بر این آهنگ** را نیزبررسی می‌کند.
- ✓ با **آشنایی** و **درک** سینتیک شیمیایی می‌توان **روش‌های** گوناگون نگه‌داری سالم مواد غذایی را **یافت** و **گسترش** داد.

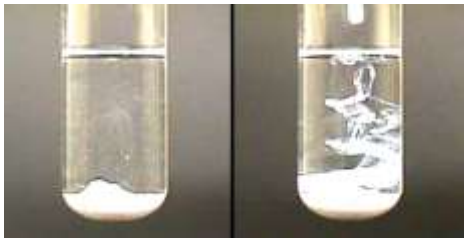
آهنگ واکنش :

- ✓ تهیه و تولید سریع‌تر یا کندتر یک فراوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر **کیفیت** و **زمان** ماندگاری آن نقش تعیین کننده‌ای دارد.
- ✓ **آهنگ واکنش** معیاری برای **زمان ماندگاری** مواد است.
- ✓ آهنگ واکنش کمیتی است که نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی **در چه گستره‌ای** از زمان رخ می‌دهد.
- ✓ هر چه گسترهٔ زمان انجام واکنش‌ها **کوچک‌تر** باشد، آهنگ انجام **تندتر** است و واکنش **سریع‌تر** انجام می‌شود.
- ✓ شیمیدان‌ها آهنگ واکنش را در گسترهٔ **معینی** از زمان با نام **سرعت واکنش** بیان می‌کنند.
- ✓ گسترهٔ انجام واکنش از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد.
- ✓ واکنش‌های شیمیایی از نظر سرعت انجام به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

① **واکنش بسیار سریع** ② **واکنش سریع** ③ **واکنش کند** ④ **واکنش بسیار کند**

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

واکنش سریع : واکنش‌های **رسوبی** جزو واکنش‌های **سریع** هستند. برای نمونه افزودن محلول شفاف **سدیم کلرید** به محلول شفاف **نقره نیترات** باعث تشکیل سریع **رسوب سفید رنگ** **نقره کلرید** می‌شود. (از این واکنش برای شناسایی یون کلرید و یون نقره نیز استفاده می‌شود.)



$$AgNO_{3\,(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow NaNO_{3\,(aq)} + AgCl_{(s)}$$

محلول شفاف — محلول شفاف — رسوب سفید

واکنش کند : اشیای آهنی در هوای مرطوب به **کندی** زنگ می‌زنند. زنگار تولید شده در این واکنش [illegible] و [illegible] است و فرو می‌ریزد که به این عمل **خوردگی** می‌گویند.

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2\,(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 4Fe(OH)_{3\,(s)} \text{ یا } 2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)}$$

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

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 واکنش‌ها بررسی و به چه نتیجه‌ای منجر می‌گردد.

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 می‌یابد.

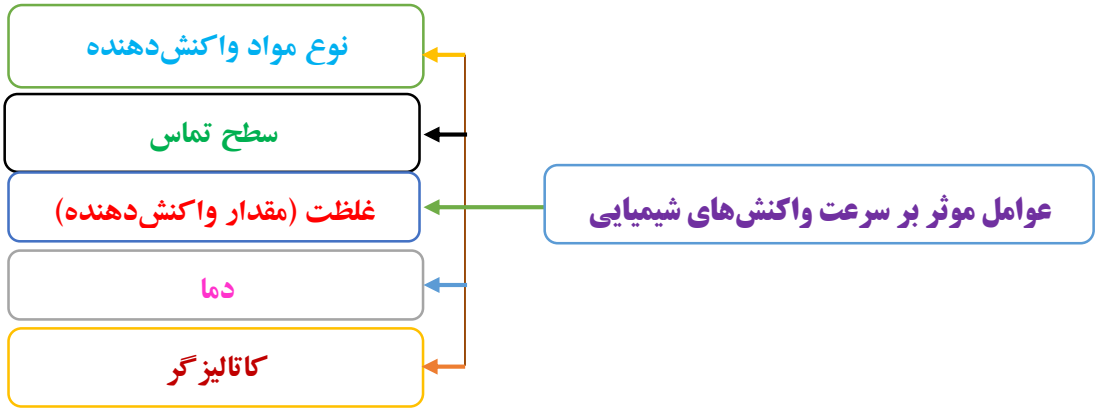
آزمایش ۲ : در حالت اول دمای آزمایش $25\ ^\circ C$ و در حالت دوم دمای آزمایش $10\ ^\circ C$ است.

نتیجه : با کاهش دما سرعت واکنش کاهش می‌یابد.

آزمایش ۳ : بجای استفاده از قرص جوشان آن را تبدیل به پودر کرده و آزمایش را تکرار می‌کنیم.

نتیجه : با افزایش سطح تماس واکنش دهنده‌ها سرعت واکنش افزایش می‌یابد.

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 واکنش دهنده**، **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.

مثال۱: 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.

مثال۲: در آزمایشگاه، برای نگهداری **سدیم** آن را **زیر نفت** نگهداری می‌کنند در صورتی که **منیزیم** را به صورت **نواری** در می‌آورند.

مثال۳: بارگاه ملکوتی امامان معصوم (ع) را با ورقه‌های نازک **طلا** تزیین می‌کنند که پس از سال‌ها هنوز جلای خود را حفظ کرده (با اکسیژن و رطوبت هوا و سایر عوامل محیطی واکنش نداده) اما مقبره حافظ که از **مس** ساخته شده به رنگ **سبز** درآمده است.

مثال۴: ایجاد جرقه در مخلوطی از H_2 و O_2 سبب می‌شود واکنش انفجاری و بسیار سریع انجام شود. این در حالی است که ایجاد جرقه در مخلوطی از H_2 و N_2 منجر به انجام واکنش نمی‌شود.

$$H_2 + O_2 \xrightarrow{\text{جرقه}} H_2O$$
$$H_2 + N_2 \xrightarrow{\text{جرقه}} \times$$

۲- اثر سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها بر سرعت واکنش:

الف) حالت فیزیکی

سرعت واکنش مواد در حالت **گازی** و **محلول** بیشتر از حالت **جامد** است زیرا **سطح تماس** در ذرات گازی و محلول **افزایش** می‌یابد.

مثال۱: گاز هیدروژن فقط در **سطح ید جامد** واکنش می‌دهد در صورتی که در حالت **گازی** امکان واکنش با تک تک ذرات ید وجود دارد پس سرعت واکنش **بیشتر** می‌شود.

$$1)\ I_{2(s)} + H_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$ کند

$$2)\ I_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$ سریع

مثال۲: واکنش **سرب (II) نیترات** در حالت **محلول** سرعت بیشتری دارد.

$$1)\ Pb(NO_3)_{2(s)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow Pb(I)_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$$ کند

$$2)\ Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow Pb(I)_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$$ سریع

ب) کوچک کردن اندازهٔ ذرات

مثال۱ : شعلهٔ آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش‌کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

مثال۲ : هنگامی که **پودر** قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم نسبت به حالتی که قرص جوشان را داخل آب می‌ریزیم سرعت **بیشتری** دارد.

مثال۳ : قاووت **گردی** مغذی و تهیه شده از مغز آفتابگردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود. زیرا در قاووت **سطح تماس** با **اکسیژن** بیشتر از مغز سالم است.

مثال۴ : تراشه‌های چوب، سریع‌تر از تکه‌های چوب می‌سوزند.

✓ **هم زدن** مخلوط واکنش باعث **افزایش** سطح تماس ذرات می‌شود.

۳- اثر غلظت واکنش‌دهنده‌ها یا مقدار واکنش‌دهنده‌ها :

در **اغلب** واکنش‌ها، با **افزایش** غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش **افزایش** می‌یابد. زیرا با افزایش غلظت تعداد **برخوردها** بین واکنش‌دهنده‌ها بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش **افزایش** می‌یابد.

مثال۱ : الیاف آهن در مجاورت **هوا** (شامل ٪ ۲۱ اکسیژن) روی شعله، **داغ** و **سرخ** شده اما **نمی‌سوزد**. در حالی که الیاف آهن **داغ** و **سرخ** شده در مجاورت **اکسیژن خالص** می‌سوزد. علت این امر مربوط به **افزایش غلظت اکسیژن** در آزمایش دوم است که موجب افزایش سرعت واکنش شده است.

مثال۲ : بیمارانی که مشکلات **تنفسی** دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند که غلظت اکسیژن در آن **بیشتر** از هوا است.

روش‌های تغییر غلظت:

a) افزایش فشار

✓ افزایش فشار بر واکنش‌دهنده‌های **گازی** سبب افزایش **غلظت** و بیشتر شدن تعداد **برخوردها** می‌شود.

✓ در واکنش‌های شیمیایی اگر حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها به حالت **گازی** باشد، با افزایش **فشار** بر ظرف واکنش، ذرات **گاز** به هم **نزدیک** و به نوعی غلظت ماده **افزایش** یافته است؛ در نتیجه سرعت واکنش **زیاد** خواهد شد.

✓ افزایش فشار **فقط** بر واکنش‌هایی تأثیر دارد که حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها **گازی** باشد.

✓ افزایش مول‌های گازی در **فشار ثابت** بر سطح **جامد**، تأثیری بر سرعت واکنش **ندارد**.

---

b) افزایش مقدار

✓ با **افزایش مقدار** یک یا چند مورد از واکنش‌دهنده‌ها تعداد برخوردهای آن‌ها با یکدیگر **افزایش** می‌یابد.

✓ برای مثال در واکنش $NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ با افزایش تعداد مولکول‌های NO سرعت واکنش بیشتر می‌شود.

---

c) افزودن آب یا حلال

✓ با افزودن **آب** یا **حلال** به سامانهٔ محلول، سرعت واکنش **کاهش** می‌یابد زیرا ذرات واکنش‌دهنده از هم **فاصله** می‌گیرند و تعداد برخوردها **کمتر** می‌شود.

۴- اثر دما بر سرعت واکنش:

✓ **همهٔ** مولکول‌ها دارای انرژی **جنبشی** هستند و در ظرف واکنش پیوسته با یکدیگر **برخورد** می‌کنند، ولی همهٔ برخوردهای بین مولکول‌های واکنش‌دهنده به واکنش **نمی‌انجامد**؛ زیرا همهٔ آنها **انرژی** کافی **ندارند**.

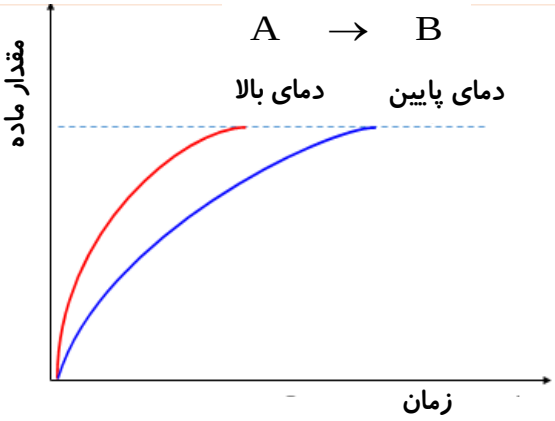
✓ **با افزایش دما :** انرژی **جنبشی** ذرات **افزایش** می‌یابد و انرژی **کافی** برای تعداد **بیشتری** از ذرات برخورد کننده فراهم می‌شود، پس در گسترهٔ زمان **کوتاه‌تری** واکنش انجام می‌شود و سرعت انجام واکنش **افزایش** می‌یابد.

یا به عبارتی در واکنش‌های شیمیایی (گرماگیر و گرماده)، با **افزایش** دما **تعداد برخوردهای مؤثر** بین واکنش‌دهنده‌ها **زیاد** شده و سرعت واکنش را **افزایش** می‌دهد.

مثال ۱ : محلول **بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات** ($KMnO_4$) 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 **بیشتری** حل می‌شود.

مثال ۳ : با نگه‌داری مواد غذایی درون **یخچال**، سرعت فرایندهای شیمیایی منجر به **فساد** آن‌ها، **کندتر** می‌شود. در حالی که **گرمای شعلهٔ** 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 همهٔ دماها **یکسان** خواهد بود. (*در صورتی که فراورده‌های واکنش در همهٔ دماها یکسان باشند.*)
- **اغلب** واکنش‌های **گرماگیر** در دماهای **بالا** انجام‌پذیر می‌شوند.
- تأثیر **افزایش دما** بر سرعت واکنش‌هایی که **گرماگیرتر** هستند، **بیشتر** است.
- بین میزان افزایش دما و سرعت واکنش رابطهٔ **مستقیم** و **غیرخطی** وجود دارد، مثلاً با **دو** برابر شدن دما، سرعت زیاد می‌شود ولی نه به اندازهٔ **دو** برابر.
- انحلال‌پذیری **اکثر** نمک‌ها در آب با افزایش دما **بیشتر** می‌شود زیرا با افزایش دما **آنتالپی فروپاشی شبکهٔ بلور** نمک‌ها تأمین می‌شود.

۵– اثر کاتالیزگر بر روی سرعت واکنش :

- **کاتالیزگرها** موادی هستند که **سرعت** واکنش‌های شیمیایی را **افزایش** می‌دهند و در پایان واکنش **بدون تغییر** باقی می‌مانند.

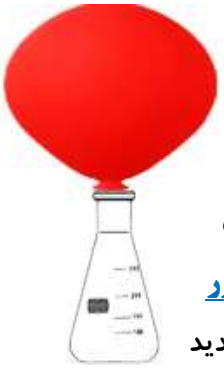
مثال ۱ : واکنش **سوختن قند** آغشته به **خاک باغچه** سریع‌تر است زیرا در خاک باغچه **کاتالیزگر** مناسب برای این واکنش وجود دارد.

مثال ۲ : برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار **نفخ** می‌شوند. زیرا **فاقد** 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** ($KI_{(aq)}$) به عنوان **کاتالیزگر** سرعت واکنش به طور چشمگیری **افزایش** می‌یابد. سرعت این واکنش را می‌توان با جمع آوری گاز **اکسیژن** بررسی کرد.

$$2H_2O_{2\,(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)}$$



تجزیه هیدروژن پراکسید **در حضور کاتالیزگر** پتاسیم یدید

تجزیه هیدروژن پراکسید **بدون کاتالیزگر**

خود را بیازمایید: **صفحه ۸۰ و ۸۱ کتاب درسی**

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 می دهند، اما سرعت واکنش ها **متفاوت** است.

ماهیت واکنش دهنده‌ها متفاوت بوده و واکنش‌پذیری متفاوتی دارند. هردوی این فلزها در گروه ۱ جدول تناوبی جای دارند اما واکنش‌پذیری 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) شعلهٔ آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

سطح تماس گرد آهن با شعله و اکسیژن هنگامی که بر روی شعله پاشیده می شود، بیشتر از زمانی است که در کپسول چینی قرار دارد. افزایش سطح تماس موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود.

پ) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات 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 واکنش‌دهنده ها، 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.

۱- کدام یک از عوامل زیر باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود؟

*کاهش دما　　* افزایش فشار در واکنش های گازی　　* افزایش سطح تماس

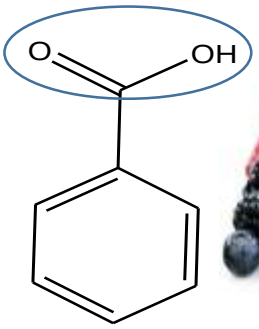
۲- عامل موثر بر هر عبارت ستون (۱) را از ستون (۲) انتخاب کنید.

ستون (۱)	ستون (۲)
۱) سرعت واکنش سدیم و پتاسیم با آب متفاوت است.	a) **غلظت**
۲) آغشتن یک حبه قند به خاک باغچه، باعث افزایش سرعت سوختن می‌شود.	b) **ماهیت مواد**
۳) توری فولادی درارلن پر از اکیسژن به سرعت شعله‌ور می‌شود.	c) **کاتالیزگر**
۴) خرده‌های چوب سریع‌تر از یک تکه چوب قطور شعله‌ور می‌شود.	d) **سطح تماس**
	e) **دما**

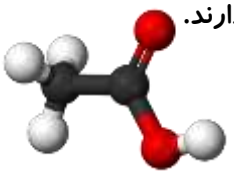
پیوند با صنعت (بازدارنده‌ها)

- با زیاد شدن جمعیت و گرایش مردم به شهرنشینی، روش سنتی تهیهٔ 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** روبه‌رو می‌کند.
- استفاده از مواد **شیمیایی** با ویژگی‌های **خاص** به عنوان **افزودنی‌ها** سبب افزایش زمان **ماندگاری** و **کیفیت** مواد غذایی شد.
- **افزودنی‌ها**، مواد شیمیایی مانند **نگهدارنده**، **رنگ‌دهنده**، **طعم دهنده** و ... هستند که به صورت **هدفمند** به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می‌شوند.
- **نگهدارنده‌ها**، سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به **فساد** مادهٔ غذایی می‌شود را **کاهش** می‌دهند.
- یکی از این مواد، **بنزوئیک اسید** است که در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد و منشأ **طبیعی** دارد.

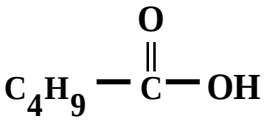
بنزوئیک اسید :



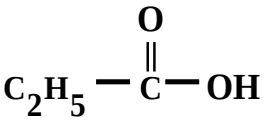
- دارای گروه عاملی **اسیدی** ($-COOH$) و یک **کربوکسیلیک اسید آروماتیک** است.
- فرمول مولکولی آن $C_7H_6O_2$ می‌باشد.
- تعداد پیوند کووالانسی آن برابر **19** و تعداد پیوند ساده در آن برابر **11** می‌باشد.
- تعداد جفت الکترون ناپیوندی در آن برابر **۴** جفت است.
- در **تمشک** و **توت فرنگی** وجود دارد.
- هم خانوادهٔ آن **اتانوئیک اسید** (استیک اسید با فرمول CH_3COOH) یا **جوهر سرکه** است، که **آشناترین** عضو این خانواده است.



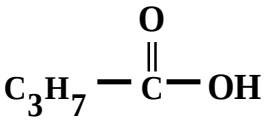
- کربوکسیلیک‌اسیدها خانواده‌ای از ترکیبات آلی هستند که **حداقل** یک گروه عاملی کربوکسیل ($-COOH$) دارند.
- کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن گروه عاملی **کربوکسیل** ($-COOH$) دارای خاصیت **اسیدی** هستند.
- **تمامی** کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای **ضعیفی** هستند.
- ساده‌ترین عضو این خانواده، **متانوئیک اسید** (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 **کربوکسیلیک‌اسیدهای** راست زنجیر کافی است که نام **آلکان** هم کربن با آن‌ها را به « **اوئیک اسید** » ختم کنیم:



پنتانوئیک اسید



پروپانوئیک اسید

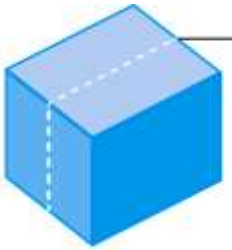


بوتانوئیک اسید

- کربوکسیلیک اسیدها به دلیل داشتن H متصل به O در گروه کربوکسیل ($-COOH$) می‌توانند با خود و مولکول آب، پیوند **هیدروژنی** تشکیل دهند.
- بنزآلدهید (C_7H_6O) را با بنزوئیک اسید ($C_7H_6O_2$) اشتباه نگیرید.

پیوند با ریاضی:

صفحه ۸۲ کتاب درسی



یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع $2\ cm$ در نظر بگیرید. حجم این تکه زغال برابر با $8\ cm^3$ ، در حالی که مساحت کل آن برابر با $24\ cm^2$ (چرا)؟

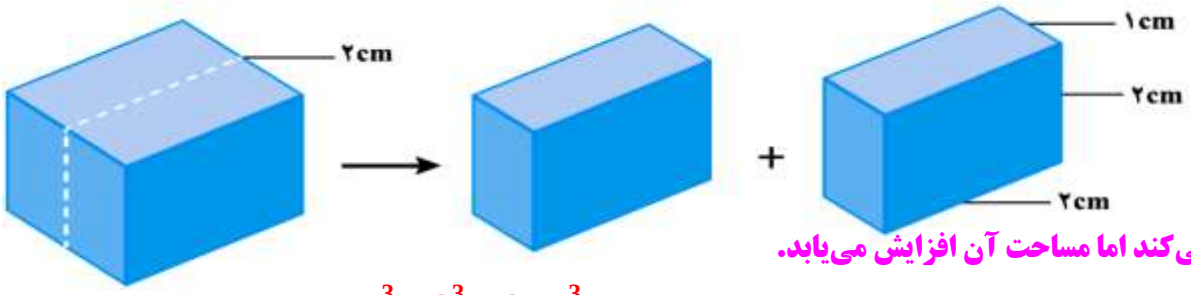
$$V = a^3 = 2^3 = 8\,cm^3$$

$$S = 6a^2 = 6\times(2)^2 = 24\,cm^2$$

۱) کدام کمیت (حجم یا مساحت کل)، سطح تماس این تکه زغال را با شعله هنگام سوختن نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

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؟



حجم آن تغییری نمی‌کند اما مساحت آن افزایش می‌یابد.

$$V = a^3 = 2^3 = 8\,cm^3$$

$$S = 4(2\times1) + 2(2\times2) = 16\,cm^2 \Rightarrow S_t = 16\times2 = 32\ cm^2$$

---

۳) بر اساس تحلیل خود از پرسش‌های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکهٔ زغال با گرد آن را توضیح دهید.

با برش ذغال در حجم ثابت، نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد. گرد ذغال دارای سطح تماس بیشتری است. بنابراین دارای واکنش‌پذیری 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 مفید : مانند : **گوارش، تنفس، تهیهٔ دارو و تولید فراورده‌های صنعتی مفید و ضروری**

✓ شیمی‌دان‌ها به دنبال **سرعت بخشیدن** به واکنش‌هایی هستند که بتوانند فراورده‌های گوناگونی با صرفهٔ **اقتصادی** تولید کنند.

۲) واکنش‌های ناخواسته یا مضر: مانند : خوردگی فلزات، تولید آلاینده‌ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ

✓ شیمی‌دان‌ها در پی یافتن راه‌هایی برای **کاهش** سرعت یا **توقف** واکنش‌های ناخواسته‌اند.

سینتیک شیمیایی: شاخه‌ای از علم شیمی است که دربارهٔ **شرایط** و **چگونگی** انجام واکنش‌های شیمیایی و **عوامل مؤثر** بر **سرعت** آنها گفت‌وگو می‌کند.

سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش از دیدگاه کمّی

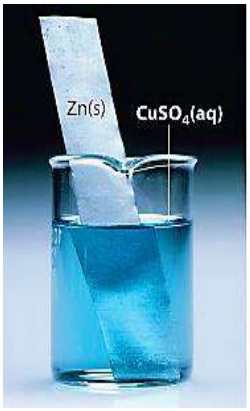
✓ **سرعت واکنش** در پژوهش‌های علمی، فناوری‌های نو، تولید فراورده‌های دارویی و ... آن چنان اهمیت دارد که باید با **دقت** اندازه‌گیری و گزارش شود. به دیگر سخن **مقایسهٔ دقیق** میان سرعت واکنش‌ها هنگامی از **صحت** و **اعتبار علمی** برخوردار است که به شکل **کمّی** بیان شود.

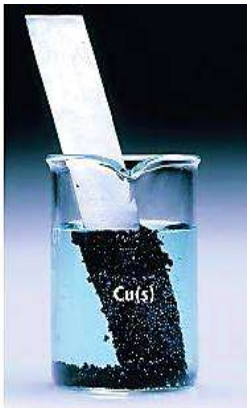
✓ در یک واکنش شیمیایی با **گذشت زمان**، واکنش‌دهنده‌ها **مصرف** و فراورده‌ها **تولید** می‌شوند، آهنگ مصرف واکنش دهنده‌ها و تولید فراوده‌ها را در **بازه‌ای** از زمان **قابل** اندازه‌گیری است.

✓ سرعت **مصرف** یا **تولید** یک مادهٔ شرکت کننده در واکنش در **گسترهٔ زمانی** قابل اندازه‌گیری را **سرعت متوسط** آن ماده می‌گویند و آن را **سرعت متوسط** می‌نامند و با $\bar{R}$ نمایش می‌دهند. از اینرو $\bar{R}(A)$ سرعت متوسط **تولید** یا **مصرف** مادهٔ A را نشان می دهد.

✓ با اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند **حجم**، **غلظت**، **فشار**، **تغییررنگ** 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.

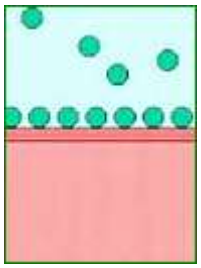




✓ هنگام وارد کردن یک تیغهٔ **روی** درون محلول **آبی رنگ مس (II) سولفات** به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر **روی** از **مس** یک واکنش جابجایی یگانه اتفاق می‌افتد که رفته رفته فلز روی بصورت یون Zn^{2+} وارد محلول شده و جرم تیغهٔ روی **کم** می‌شود. یون مس نیز بصورت فلز **قرمز رنگ** ($Cu_{(s)}$) بر روی تیغه می‌نشیند و به دلیل تبدیل Cu^{2+} به ($Cu_{(s)}$) ، محلول **بی‌رنگ** می‌شود. بنابراین با توجه به این تغییرات ظاهری می‌گوییم واکنش پیشرفت خوبی داشته است.

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

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 **معمولاً** سرعت ثابتی دارند.

✓ برخی از واکنش‌ها با گذشت زمان سرعت **بیشتری** پیدا می‌کنندکه **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 ($\bar{R}$) برحسب تغییرات مول:

✓ در **ابتدای** واکنش غلظت مواد واکنش‌دهنده **بیشتر** از حالت **انتهایی واکنش** است، بنابراین سرعت واکنش در ابتدای **اغلب** واکنش‌ها **بیشتر** است و رفته رفته **کاهش** می‌یابد، پس سرعت را در یک **بازهٔ زمانی معیّن** محاسبه می‌کنند که به آن **سرعت متوسط** می‌گویند.

✓ **سرعت واکنش** در شیمی کمیتی **تجربی** و همواره **مثبت** (+) 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.

✓ رابطهٔ سرعت به دو صورت زیر نوشته می‌شود.

۱) برحسب فراورده :

$$R_{\text{فراورده}} = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \quad : \quad n_2 - n_1 = \Delta n > 0$$

۲) بر حسب واکنش‌دهنده :

$$R_{\text{واکنش‌دهنده}} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} \quad : \quad n_2 - n_1 = \Delta n < 0$$

✓ از آنجا که مواد واکنش‌دهنده **مصرف** 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 محاسبهٔ سرعت واکنش‌دهنده‌ها قرار می‌دهیم.

مثال:

$$A \rightarrow B$$

A $\quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta n_A}{\Delta t}$ سرعت متوسط مصرف A

B $\quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta n_B}{\Delta t}$ سرعت متوسط تولید B

✓ اگر سرعت واکنش را بر حسب **تغییرات مول** بیان کنیم، یکای سرعت برابر **مول بر ثانیه** ($mol.S^{-1}$) یا (دقیقه و ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمول‌های داده شده ($mol.\text{زمان}^{-1}$) 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.

مثال: $A(aq) \rightarrow B(aq)$

A $\quad \bar{R}(A) = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}$ سرعت متوسط مصرف A

B $\quad \bar{R}(B) = \frac{+\Delta[B]}{\Delta t}$ سرعت متوسط تولید B

✓ اگر سرعت واکنش را برحسب **تغییرات غلظت** مواد بیان کنیم، یکای سرعت **مول بر لیتر بر ثانیه** $(mol.L^{-1}.S^{-1})$ (دقیقه یا ساعت) خواهد بود. بنابراین یکای سرعت بر حسب فرمول‌های داده شده ($mol.L^{-1}$.زمان$^{-1}$) 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. (1mol gas = 22/4 L gas)

جمع‌بندی:

برای مواد **گازی** (g) فرمول‌های سرعت متداول عبارتند از : $\bar{R}_g = \frac{\Delta n_g}{\Delta t} = \frac{\Delta[g]}{\Delta t} = \frac{\Delta V_g}{\Delta t} = \frac{\Delta P_g}{\Delta t}$

برای مواد **محلول** (aq) فرمول‌های سرعت متداول عبارتند از : $\bar{R}_{aq} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta[\,]}{\Delta t}$

برای مواد **جامد** (s) و **مایع خالص** (l) فرمول سرعت متداول عبارتست از : $\bar{R}_{\text{جامد یا مایع}} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$

بیشتر 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 مولیِشان** به دست می‌آید و از آنجا که این دو کمیت عددهای **ثابتی** هستند؛ غلظت مولی این مواد در طول زمان **ثابت** است :

غلظت مولی (جامد یا مایع خالص) = $\frac{\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{d}{m} = \frac{(g/L)}{(g/mol)} = \frac{mol}{L}$

خود را بیازمایید : **صفحه ۸۴ کتاب درسی**

۱) آهنگ مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقیقه را با شرایط داده شده محاسبه کنید؟ (زمان ۵ دقیقه و تغییرات مول ۰/۰۵ مول)

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0-0/05)mol}{5min} = 0/01 mol.min^{-1}$$

---

۲) دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش Zn(s) با CuSO4(aq) را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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

الف) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

واکنش‌پذیری فلز روی بیشتر از مس است چون فلز روی توانسته جایگزین مس در ترکیب آن شود.

ب) با گذشت زمان مقدار Cu (s) و $Cu^{2+}(aq)$ چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

مقدار Cu^{2+} کاهش پیدا می‌کند چون رنگ محلول که حاوی Cu^{2+} کمرنگ می‌شود و مقدار Cu افزایش می‌یابد چون مقدار رسوب مس قرمز روی تیغه افزایش پیدا می‌کند.

پ) اگر شمار مول‌های مصرف شده از هر واکنش‌دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف $Cu^{2+}(aq)$ را برحسب $mol\ min^{-1}$ حساب کنید.

$$\bar{R} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{-(0-0/03)mol}{2\ h} \times \frac{1h}{60\,min} = 2/5 \times 10^{-4}\ mol.min^{-1}$$

با هم بیندیشیم : **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.

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

✓ 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:

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰
جرم کربن دی اکسید(گرم)	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۸

الف) چرا با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود؟

چون با گذشت زمان مقداری CO_2 تولید شده از داخل ظرف خارج می‌شود.

ب) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

زیاد می‌شود زیرا واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان کمتر شده و فراورده بیشتری تولید می‌کند که یکی ازفراورده‌ها CO_2 است.

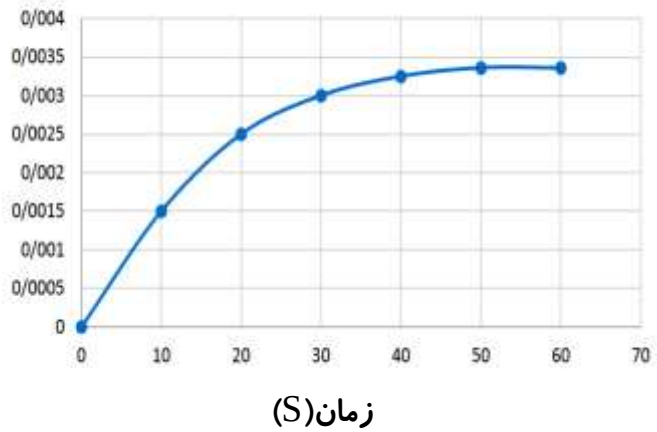
پ) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟ **در ثانیه ۵۰ چون از آن به بعد مقدار مواد تغییر نمی‌کند.**

۲) جدول زیر را کامل کنید ($1\,mol\ CO_2 = 44g$)

زمان (s)	$n(CO_2)$, (mol)	$\Delta n\ (CO_2)$, (mol)	$\bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n\ (CO_2)}{\Delta t}$, $(mol.s^{-1})$
۰	۰	–	–
۱۰	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-2}$	$1/50 \times 10^{-3}$
۲۰	$2/50 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^{-3}$
۳۰	$3/00 \times 10^{-2}$	$5/00 \times 10^{-3}$	$5/00 \times 10^{-4}$
۴۰	$3/25 \times 10^{-2}$	$2/50 \times 10^{-3}$	$2/50 \times 10^{-4}$
۵۰	$3/36 \times 10^{-2}$	$1/10 \times 10^{-3}$	$1/10 \times 10^{-4}$

۳) نمودار مول-زمان را برای گاز CO_2 بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.

نمودار مول – زمان



۴) سرعت متوسط تولید CO_2 با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ **کاهش پیدا می‌کند زیرا تغییرات غلظت 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 لحاظ 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 زیرتولید شده باشد، سرعت متوسط تولید گاز متان چند مول بر ثانیه است؟

$$CO(g)+3H_2(g)\rightarrow CH_4(g)+H_2O(g)$$

$$mol_{CH_4}=\frac{80g}{16}=5\ mol \quad \Rightarrow \quad R=\frac{5-0}{20-0}=0.25 mol/S$$

مثال۲ : داده‌های جدول زیر مربوط به بخشی از انجام واکنش است با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید:

زمان(min)	A(L)
۲۰	۰/۵۶
۴۰	۱/۱۲
۶۰	۱/۴

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 ۴۰ تا ۶۰ برحسب مول بر دقیقه در شرایط STP به دست آورید.

درابتدا داده‌ها به مول تبدیل می‌شود و سپس طبق فرمول، سرعت محاسبه می‌گردد.

سرعت(mol/min)	A(mol)	A (L)	زمان (s)
۰	۰/۰۲۵	۰/۵۶	۲۰
۰/۰۷۵	۰/۰۵	۱/۱۲	۴۰
۰/۰۳۷۵	۰/۰۶۲۵	۱/۴	۶۰

$$molA_{20}=\frac{0/56L}{22/4L}=0/025mol$$

$$molA_{40}=\frac{1/12L}{22/4L}=0/05mol$$

$$molA_{60}=\frac{1/4L}{22/4L}=0/0625mol$$

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 نوشتن معادلهٔ واکنش و موازنهٔ آن نیست، بلکه با توجه به تغییرات توضیح داده شده در سوال، سرعت آن ماده قابل محاسبه است.

مثال : در واکنش $2A+B\rightarrow 2C+2D$ پس از گذشت ۲ دقیقه، تعداد مول‌های A از ۲/۱ به ۱/۲ مول کاهش یافته است سرعت مصرف ماده A چند مول بر ثانیه است؟

$$\Delta n=1/2-2/1=-0/9mol$$

$$R_A=-\frac{(-0/9)mol}{2min}\times\frac{1min}{60S}=0/0075 mol.S^{-1}=7/5\times10^{-3}mol.S^{-1}$$

مثال : اگر در تجزیهٔ ۴/۵ مول NO_2 مطابق واکنش زیر، بر اثر گرما، پس از ۱۰ ثانیه ۱۳۸ گرم از آن باقی‌مانده باشد، سرعت متوسط مصرف NO_2، برابر چند مول، بر ثانیه است؟

$2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$ $\quad N=14\ ,O=16\ g.mol^{-1}$

$$138g\,NO_2\times\frac{1mol\,NO_2}{46g\,NO_2}=3mol\,NO_2$$

$$\Delta n=3-4/5=-1/5mol$$

$$R_{NO_2}=-\frac{(-1/5)mol}{10S}=0/15\ mol.S^{-1}$$

مثال : هر گاه مطابق واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$، در طی مدت ۵ دقیقه، مقدار ۶۸ گرم آمونیاک تولید شده باشد، سرعت متوسط تولید NH_3 بر حسب مول بر ثانیه تقریباً کدام است؟ $(N=14\ ,\ H=1\ g.mol^{-1})$

1) 0/013 $\quad$ 2) 0/023 $\quad$ 3) 0/033 $\quad$ 4) 0/043

$$68g\,NH_3\times\frac{1mol\,NH_3}{17g\,NH_3}=4mol\,NH_3 \quad \Rightarrow \quad R_{NH_3}=\frac{4mol\,NH_3}{5min}\times\frac{1min}{60S}=0/013 mol.S^{-1}$$

مثال : اگر ۸/۳۴ گرم 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 دقیقه کدام است؟ $(P=31 , Cl=35/5\ g.mol^{-1})$ (ریاضی ۸۷)

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۰/۰۴ ۴) ۰/۰۵

$8/34g \times \frac{25}{100} = 2/085g$

$2/085g \times \frac{1mol\ PCl_5}{208/5\ g\ PCl_5} = 0/01 mol\ PCl_5$

$R_{PCl_5} = -\frac{(-0/01)mol\ PCl_5}{20S} \times \frac{60S}{1min} = 0/03\ mol.min^{-1}$

مثال : در یک پالایشگاه، که شامل ۲۱۹۰۰۰ تن تأسیسات آهنی است، سالانه 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)

۱) ۳۰ ۲) ۳۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۵

$219000\,ton \times 0/05 = 10950\,ton \quad \Rightarrow \quad \frac{10950\,ton}{365} = 30\,ton$

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 **مادهٔ دیگری** را در **همان** واکنش بدست آوریم، باید از معادلهٔ 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.
- ✓ رابطهٔ بین سرعت‌ها به صورت مقابل است : $aA + bB \rightarrow cC + dD \quad \Rightarrow \quad \bar{R}_{واکنش} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$
- ✓ طبق رابطهٔ 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 معادلهٔ 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 مادهٔ دیگر بود، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن نیز **۲** برابر آن مادهٔ دیگر است.)

مثال : در واکنش زیر، سرعت تولید یا مصرف کدام ماده، بر حسب $mol.L^{-1}.s^{-1}$ کمترین مقدار است؟ (واکنش موازنه نشده است.)

$4KNO_3(s) \rightarrow 2K_2O(s) + 2N_2(g) + 5O_2(g)$

۱) KNO_3 ۲) K_2O ۳) N_2 ۴) O_2

با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادلهٔ موازنه شده سرعت تولید N_2 از سایر مواد کمتر است.

توجه : برای K_2O چون این ماده بصورت جامد است برای آن غلظت مولی و در نتیجه رابطهٔ $mol.L^{-1}.s^{-1}$ تعریف نمی‌شود.

مثال : مطابق واکنش $A(g) \rightarrow 2B(g) + 3C(g)$، در ظرفی دربسته مقداری مادهٔ 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 برحسب 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 رابطهٔ بین سرعت‌های مواد گازی که در حالت‌های زیر داده شده است، معادلهٔ شیمیایی موازنه شدهٔ آن واکنش را بنویسید.

الف) $\bar{R}_{واکنش} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$

ب) $\bar{R}_{واکنش} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{2}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

مثال : با توجه به این که سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش: $Fe(s)+H_2O(g)\rightarrow Fe_3O_4(s)+H_2(g)$ (معادله موازنه شود.) ، در دمای آزمایش برابر 2×10^{-2} مول بر ثانیه است، کدام مطلب، نادرست است؟ (تجربی ۹۸ خارج)

۱) در هر ثانیه، ۰/۱۵ مول $Fe(s)$ مصرف می‌شود.

۲) در هر دقیقه، ۰/۳ مول $Fe_3O_4(s)$ ، تولید می‌شود.

۳) سرعت متوسط مصرف $H_2O(g)$ ، برابر $0/02 mol.s^{-1}$ است.

۴) سرعت متوسط واکنش، برابر سرعت متوسط تولید $Fe_3O_4(s)$ است.

$$3Fe(s)+4H_2O(g)\rightarrow Fe_3O_4(s)+4H_2(g)$$

$$\bar{R}_{Fe}=\frac{3}{4}\bar{R}_{H_2}=\frac{3}{4}\times2\times10^{-2}=1/5\times10^{-2}$$

مثال : در واکنش : $PI_3(s)+H_2O(l)\rightarrow H_3PO_3(aq)+HI(aq)$ (معادله موازنه شود.)، اگر مقدار آغازین $PI_3(s)$ برابر ۲۰/۶ گرم درون یک لیتر آب بوده و پس از دو دقیقه به ۴/۱۲ گرم برسد، سرعت متوسط مصرف این ماده به تقریب به چند مول بر ثانیه و غلظت $HI(aq)$ به چند مول بر لیتر می‌رسد؟ ($g.mol^{-1}$: $I=127$ و $P=31$ ؛ از تغییر حجم صرف نظر شود.) (ریاضی ۹۸)

1) $0/12\ ,\ 3/3\times10^{-4}$ 2) $0/08,\ 3/3\times10^{-4}$ 3) $0/12,\ 6/67\times10^{-4}$ 4) $0/08\ ,6/67\times10^{-4}$

$$PI_3(s)+3H_2O(l)\rightarrow H_3PO_3(aq)+3HI(aq)$$

$$\Delta m=4/12\ g-20/6g=-16/48g$$

$$mol\,PI_3=16/48g\times\frac{1mol\,PI_3}{412g\,PI_3}=0/04mol\,PI_3\quad\Rightarrow R_{PI_3}=-\frac{(-0/04)mol\,PI_3}{2min}\times\frac{1min}{60s}=3/3\times10^{-4}\ mol.s^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{HI}}{\bar{R}_{PI_3}}=\frac{3}{1}\quad\Rightarrow\bar{R}_{HI}=3\bar{R}_{PI_3}=3(3/3\times10^{-4})=9/9\times10^{-4}$$

$$9/9\times10^{-4}=\frac{\Delta n}{120s}\Rightarrow\Delta n\cong0/12\ mol\,HI$$

تغییر غلظت H_2O_2 نسبت به زمان در آزمایش تجزیهٔ آن، مطابق داده‌های زیر بدست آمده است : $2H_2O_2(aq)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g)$

نسبت سرعت متوسط در دو ثانیهٔ چهارم واکنش به سرعت متوسط در ده ثانیهٔ آخر ثبت شده در جدول، کدام است؟ (تجربی ۹۹)

$t(s)$	۰	۲/۰	۶/۰	۸/۰	۱۰/۰	۲۰/۰
$[H_2O_2](mol\ L^{-1})$	۰/۰۵۰۰	۰/۰۴۴۸	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۴۶	۰/۰۲۰۹	۰/۰۰۸۴

۱) ۱/۶۴ ۲) ۱/۸۱ ۳) ۲/۰۴ ۴) ۲/۱۰

محاسبه سرعت متوسط واکنش در دو ثانیه چهارم (ثانیه ۶ تا ثانیه ۸) و ۱۰ ثانیه آخر

$$\bar{R}_{H_2O_2}=-\frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}=-\frac{(-0/0051)mol}{2\ s}=2/55\times10^{-3}$$

$$\bar{R}_{H_2O_2}=-\frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}=-\frac{(-0/0125)mol}{10\ s}=1/25\times10^{-3}$$

$$\frac{2/55\times10^{-3}}{1/25\times10^{-3}}=2/04$$

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؛ $\bar{R}_A=\frac{(\Delta[A]\ or\ \Delta n_A\ or\ \Delta V_A}{\Delta t}$. در برخی مسائل فقط مقدار اولیهٔ 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 رابطهٔ 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 معادلهٔ واکنش، سرعت متوسط تولید یا مصرف شدن مواد دیگر را بدست آوریم :

مثال : اگر در دمای معین، در واکنش فرضی $AB_2(g) \Rightarrow A(g) + B_2(g)$ هر نیم ساعت، ۱۰ درصد مقدار اولیهٔ واکنش‌دهنده مصرف شود و همین واکنش در مجاورت کاتالیزگر مناسب، هر ۵ دقیقه با همین روند پیشرفت کند، در لحظه‌ای که ۵۰ درصد مادهٔ 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)

۱) ۱۲۵ ، ۵ ۲) ۱۲۵ ، ۶ ۳) ۱۵۰ ، ۵ ۴) ۱۵۰ ، ۶

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. ⇐ ۵۰ ٪ در ۲/۵ ساعت مصرف می‌شود که برابر ۱۵۰ دقیقه است.

با استفاده از کاتالیزگر: ۱۰٪ در ۵ دقیقه مصرف شده است. ⇐ ۵۰ ٪ در ۲۵ دقیقه مصرف می‌شود.

دقیقه ۱۲۵ = ۲۵ − ۱۵۰ : اختلاف زمان انجام واکنش بدون کاتالیزگر و با استفاده از کاتالیزگر

محاسبه سرعت متوسط واکنش بدون کاتالیزگر و با کاتالیزگر :

فرض می کنیم مقدار اولیه AB_2 یک مول باشد.

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\,mol}{150} = 3/33\times10^{-3}\ mol.min^{-1}$$

$$\bar{R}_{AB_2} = -\frac{(-0/5)\,mol}{25} = 0/02\ mol.min^{-1} \quad \Rightarrow \quad \frac{0/02}{3/33\times10^{-3}} = 6$$

مثال : در بررسی واکنش: $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g)$، داده‌های جدول زیر بدست آمده است. نسبت سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیهٔ سوم، به سرعت متوسط واکنش در ۴۰۰ ثانیهٔ پایانی ثبت شده در جدول، به‌تقریب کدام است؟ (تجربی ۹۹ خارج)

t(s)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۷۰۰	۸۰۰
$[CH_4]$ mol.L^{-1}	۰/۱۰۰	۰/۰۹۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴۱	۰/۰۶۲۱	۰/۰۴۵۹	۰/۰۴۳۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۷۰

۱) ۰/۲۳۴ ۲) ۰/۲۴۳ ۳) ۲/۳۴ **۴) ۲/۴۳**

محاسبه سرعت متوسط واکنش در ۵۰ ثانیه سوم (از ثانیه ۱۰۰ تا ۱۵۰ واکنش) و ۴۰۰ ثانیه پایانی :

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0741-0/082)\ molL^{-1}}{50\ s} = -\frac{(-8\times10^{-3})\ mol}{50\ s} = 1/6\times10^{-4}\ molL^{-1}.s^{-1}$$

$$\bar{R}_{CH_4} = -\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = -\frac{(0/0170-0/0430)\ molL^{-1}}{400\ s} = -\frac{(-0/0260)\ molL^{-1}}{400\ s} = 6/5\times10^{-5}\ molL^{-1}s^{-1}$$

$$\frac{1/6\times10^{-4}}{6/5\times10^{-5}} = 2/43$$

در مورد جدول‌هایی که غلظت یا مقدار مواد را در زمان‌های مختلف آورده‌اند ؛ نکات زیر را به یاد داشته باشید :

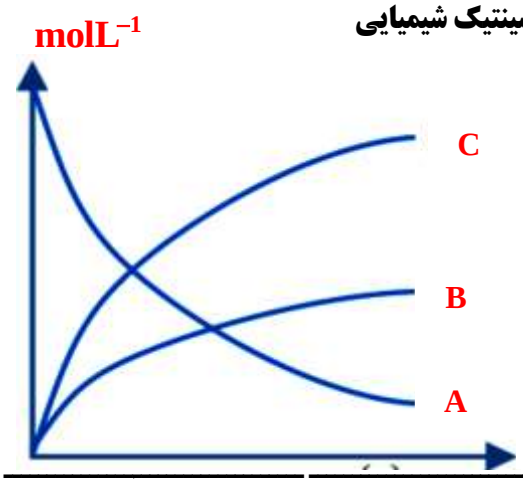
۱) برای نوشتن معادلهٔ واکنش از روی جدول، موادی که مقدار آنها در طول زمان **کاهش** می‌یابد، **واکنش‌دهنده** بوده و موادی که مقدار آنها در حال **افزایش** است، فراوردهٔ **واکنش** می‌باشند.

۲) برای **تعیین ضریب استوکیومتری** مواد واکنش به کمک جدول، **تغییرات** مقدار ماده در فاصلهٔ 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 لحظهٔ 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.

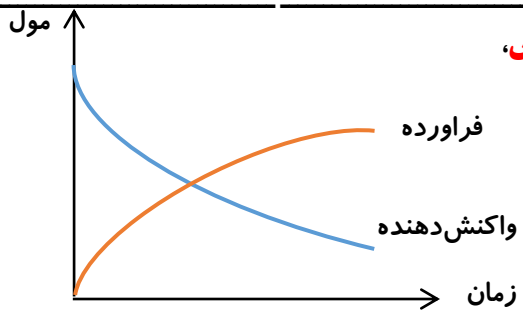
بررسی نمودارهای غلظت–زمان و مول–زمان در سینتیک شیمیایی

در برخی مسائل نیز می‌باید تغییرات مورد نیاز برای محاسبهٔ سرعت را از یک نمودار، جدول یا شکل بدست آوریم. نکات مورد نیاز برای بررسی نمودارها به صورت زیر توضیح داده شده است :

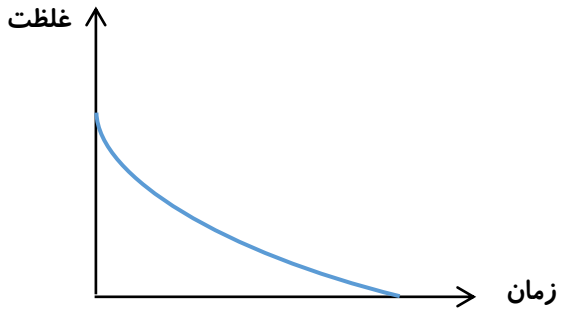


✓ نمودار تغییرات غلظت **واکنش‌دهنده‌ها** (A) (اگر بصورت جامد یا مایع خالص نباشند) روند **نزولی** دارد زیرا در حال **مصرف شدن** و کاهش غلظت است اما نمودار غلظت **فراورده‌ها** (B و C) روند **صعودی** دارد زیرا در حال **تولید شدن** و افزایش غلظت است.

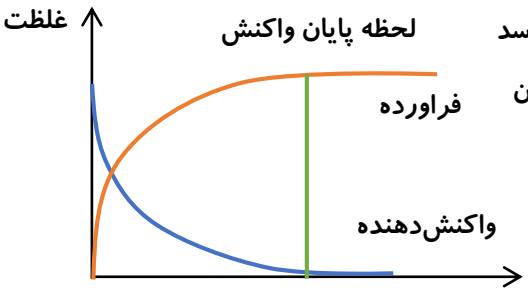
✓ نمودار تغییرات (**غلظت – زمان**) مواد جامد و مایع خالص به صورت یک **خط راست** است؛ زیرا غلظت این مواد **ثابت** است.



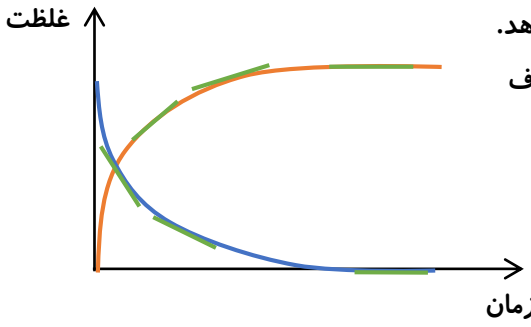
✓ در صورتی که نمودار (**مول–زمان**) باشد، برای واکنش‌دهندهٔ **جامد** و **مایع خالص**، نمودار **نزولی** و برای **فراورده‌ها** نیز **صعودی** است.



✓ **واکنش کامل** : واکنشی که در آن یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **اتمام** می‌رسد.



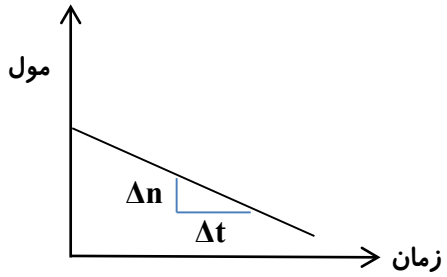
✓ در واکنش کامل نخستین لحظه‌ای که نمودار یکی از واکنش‌دهنده‌ها به **صفر** می‌رسد یا نمودار **فراورده** و **واکنش‌دهندهٔ اضافی** به حالت **افقی** در می‌آیند (یعنی همان صفر شدن شیب نمودار) ، لحظهٔ **پایان** واکنش را نشان می‌دهد.



✓ شیب خط مماس بر نمودار در هر لحظه، **سرعت لحظه‌ای** را در آن لحظه نشان می‌دهد.

✓ در لحظات ابتدایی واکنش به دلیل بالا بودن غلظت مواد واکنش‌دهنده، سرعت مصرف مواد واکنش‌دهنده و تولید فراورده‌ها بالا و شیب نمودارها زیاد است ولی رفته رفته سرعت **کم** و شیب نیز **کاهش** می‌یابد.

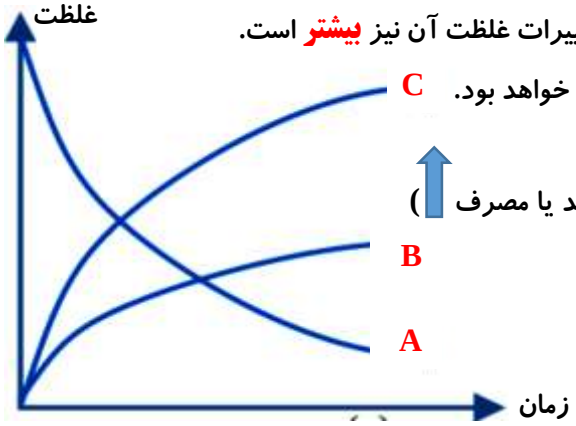
✓ برای واکنش‌دهنده شیب نمودار **منفی** و برای فراورده شیب نمودار **مثبت** است.



✓ در **اغلب** واکنش‌ها هم واکنش‌دهنده و هم فراورده دارای نمودار **منحنی** هستند.

✓ **اغلب** شیب نمودار هم برای واکنش‌دهنده و هم برای فراورده در حال **کاهش** است.

✓ واکنش‌هایی که سرعت **ثابت** دارند، نمودار آن یک خط **مستقیم** با شیب **ثابت** است.



✓ هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده **بیشتر** باشد، شیب نمودار آن **بیشتر** و تغییرات غلظت آن نیز **بیشتر** است.

اگر ضریب مادهٔ A **دو برابر** ضریب مادهٔ B باشد، تغییرات غلظت آن **دو** برابر خواهد بود.

(ضریب استوکیومتری ↑ ⇐ شیب نمودار ↑ ⇐ تغییرات غلظت ↑ ⇐ سرعت تولید یا مصرف ↑)

✓ اگر در یک واکنش، ضریب استوکیومتری دو ماده با هم **برابر** باشد تنها می‌توان گفت که تعداد مول مصرف شده یا تولید شده آنها (Δn) با هم **برابر** است نه مول‌های آنها در هر لحظه از انجام واکنش.

مثال : در واکنش موازنه نشده: $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$ ، سرعت تولید H_2O ..... برابر سرعت مصرف MnO_2 است و در این واکنش سرعت مصرف یا تولید .... ماده با هم برابر است.

۱) ۲-۲ ۲) ۳-۲ ★ ۳) ۳-۰/۵ ۴) ۲-۰/۵

خود را بیازمایید : **صفحه ۸۷ و ۸۸ کتاب درسی**

۱) در واکنش $CaCO_3(s)$ با $HCl(aq)$، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

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

چون ضریب HCl در واکنش ۲ برابر ضریب $CaCO_3$ است پس سرعت متوسط مصرف HCl باید دو برابر سرعت مصرف $CaCO_3$ باشد.

---

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

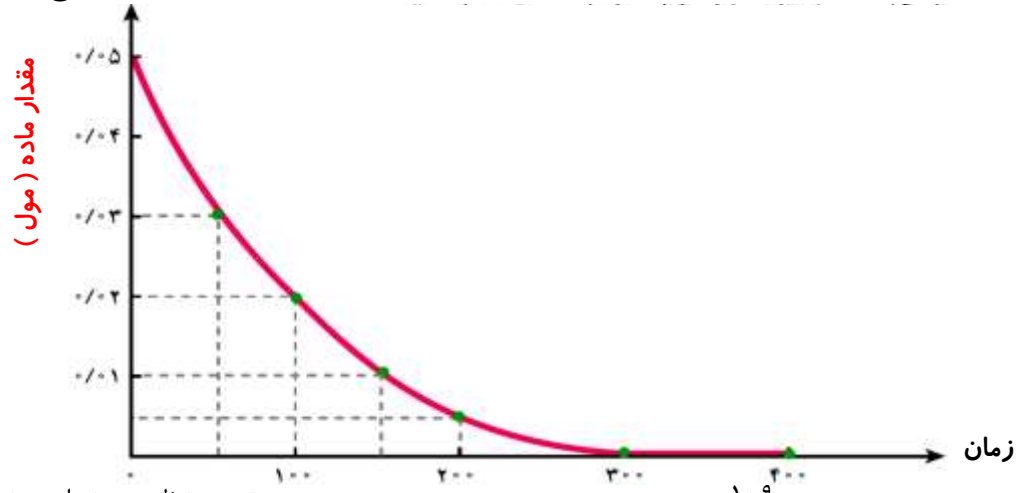
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

اگر در شرایط معین $\bar{R}(O_2) = 0/01 mol.s^{-1}$ باشد، $\bar{R}(SO_2)$ و $\bar{R}(SO_3)$ را بر حسب $mol.min^{-1}$ حساب کنید.

$$\bar{R}(SO_3) = \bar{R}(SO_2) = 2\bar{R}(O_2) = 2 \times 0/01 \frac{mol}{s} \times \frac{60s}{1min} = 1/2\ mol.min^{-1}$$

---

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 واکنش‌دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

کاهش پیدا می‌کند زیرا طبق نمودار با گذشت زمان مقدار مول آن رو به کاهش است و طی انجام واکنش مصرف می‌شود.

ب) شیب نمودار مول-زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟ **علامت منفی دارد، چون منحنی مربوط به آن نزولی است.**

پ) توضیح دهید چرا علامت منفی در رابطهٔ مقابل نوشته می‌شود. $\overline{R}(\text{واکنش‌دهنده}) = -\frac{\Delta n(\text{واکنش‌دهنده})}{\Delta t}$

زیرا مقدار واکنش‌دهنده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد و مقدار Δn منفی است، بنابراین با ضرب در علامت منفی به یک عدد مثبت تبدیل می‌شود. زیرا سرعت واکنش همواره عددی مثبت است.

ت) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقیقه حساب کنید.

$$\overline{R}(\text{مصرف رنگ غذا}) = -\frac{(0-0/05)\text{mol}}{300\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/01\,\text{mol.min}^{-1}$$

رابطهٔ سرعت واکنش با ضرایب استوکیومتری

مثال : اگردر واکنش : $3BrO^-(aq) \rightarrow BrO_3^-(aq) + 2Br^-(aq)$، پس ازگذشت ۷ ثانیه، مقدار یون BrO^- به اندازه ۰/۲۸ مول کاهش یابد، سرعت متوسط تشکیل یون BrO_3^- ، چند مول بر دقیقه است؟

$$\text{mol}BrO_3^- = 0/28\ \text{mol}BrO^- \times \frac{1\ \text{mol}\ BrO_3^-}{3\text{mol}\ BrO^-} = 0/0933\,\text{mol}$$

$$R_{BrO_3^-} = \frac{0/0933\text{mol}}{7\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 0/8\,\text{mol.min}^{-1}$$

- نسبت سرعت بر حسب دو مادهٔ مختلف در یک واکنش برابر نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

$$aA(g) + bB(g) \rightarrow cC(g) + dD(g)$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{a}{b} \quad ، \quad \frac{R_B}{R_C} = \frac{b}{c} \quad ،، \quad \frac{R_D}{R_B} = \frac{d}{b} \qquad \frac{R_A}{R_C} = \frac{a}{c}$$

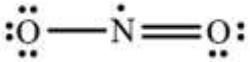
پیوند با زندگی : (خوراکی‌های طبیعی رنگین، بازدارنده‌هایی مفید و مؤثر)

- برنامهٔ غذایی محتوی **سبزیجات** و **میوه‌های گوناگون**، نقش **بازدارندگی** مؤثری در برابر **سرطان‌ها** و **پیری زودرس** دارند.
- **ریز مغذی‌ها** ترکیب‌های آلی **سیرنشده‌ای** هستند که در حفظ **سلامت بافت‌ها** و **اندام** دخالت دارند، **برخی** از ریز مغذی‌ها به عنوان **بازدارنده** از انجام واکنش **نامطلوب** و **ناخواسته** به دلیل حضور **رادیکال‌ها** جلوگیری می‌کنند.

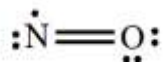
- **هندوانه** و **گوجه فرنگی** محتوی **لیکوپن** بوده که فعالیت **رادیکال‌ها** را کاهش می‌دهد.

رادیکال‌ها

- **رادیکال**، گونهٔ **پر انرژی** و **ناپایداری** است.
- رادیکال‌ها در ساختار خود، **الکترون جفت نشده (الکترون تک)** دارند.
- محتوی اتم‌هایی هستند که از قاعدهٔ **هشت‌تایی** پیروی **نمی‌کنند**.
- رادیکال‌ها واکنش‌پذیری **بالایی** دارند.



- در **بدن** ما به دلیل انجام واکنش‌های **متنوع** و **پیچیده**، رادیکال‌ها به وجود می‌آیند.



- **مجموع** الکترون‌های ظرفیت اتم‌های یک رادیکال یک عدد **فرد** است.
- Cl , $CHCl_2$, O_2^- , CH_3 , NO_2 , NO ذراتی هستند که مجموع الکترون **فرد** دارند و رادیکال به شمار می‌روند.
- اگر رادیکال‌ها به وسیلهٔ **بازدارنده‌ها** جذب نشوند، می‌توانند با انجام **واکنش‌های سریع** به بافت‌های بدن **آسیب** برسانند.

✓ مصرف خوراکی‌های محتوی **بازدارنده‌ها** سبب خواهد شد که **رادیکال‌ها** به دام بیفتند تا با **کاهش** مقدار آنها از سرعت واکنش‌های ناخواسته **کاسته** شود.

لیکوپن

✓ فرمول مولکولی آن برابر $C_{40}H_{56}$ است.

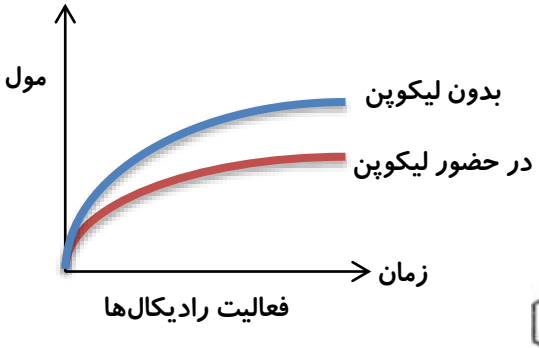
✓ لیکوپن هیدروکربنی **سیرنشده** و **غیرآروماتیک** است.

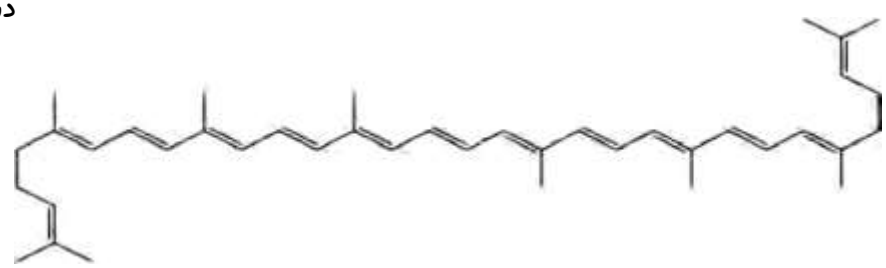
✓ شمار پیوندهای کووالانسی در آن برابر **۱۰۸** که شمار پیوندهای **دوگانه** برابر **۱۳** و شمار پیوندهای **ساده** برابر **۸۲** می‌باشد.

✓ در میوه‌هایی با رنگدانهٔ **قرمز** وجود دارد.

✓ با جذب **رادیکال‌ها** فعالیت آنها را **کاهش** می‌دهد.

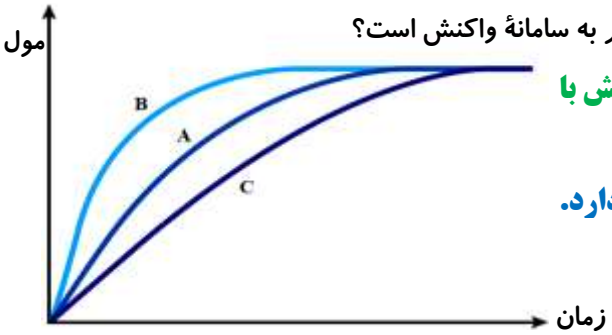
✓ شیب نمودار فعالیت رادیکال‌ها در بدن انسان با مصرف لیکوپن **کاهش** می‌یابد.





خود را بیازمایید : **صفحه ۸۹ و ۹۰ کتاب درسی**

در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهندهٔ تغییر مول‌های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کنید کدام منحنی (B یا C) نشان‌دهندهٔ افزودن بازدارنده و کدام یک نشان‌دهندهٔ افزودن کاتالیزگر به سامانهٔ واکنش است؟



منحنی B ، افزودن کاتالیزگر را نشان می‌دهد، زیرا شیب بیشتری دارد و واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

منحنی C ، افزودن بازدارنده را نشان می‌دهد زیرا این منحنی شیب کمتری دارد.

سرعت واکنش

✓ **شیب** نمودار مول-زمان برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها در واکنش، **متناسب** با **ضریب استوکیومتری** آن است.

✓ اگر ضریب استوکیومتری شرکت کننده‌ها یکسان **نباشد**، 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 شرکت‌کننده به ضریب استوکیومتری آن** »

✓ سرعت واکنش **مستقل** از نوع ماده شرکت‌کننده در واکنش است. یعنی نسبت به هر ماده‌ای که در در واکنش وجود دارد تعیین شود، تفاوتی **نمی‌کند** و مقدار **یکسان** خواهد بود.

✓ اگر در معادلهٔ سرعت داده شده ضرایب پایین کسر نبود باید معادلهٔ را به یک عدد (کوچک‌ترین مضرب مشترک اعداد صورت کسر) تقسیم نماییم تا هیچ عددی در صورت کسرها نماند.

$$-\frac{2\Delta n_A}{\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{2\Delta t}=\frac{3\Delta n_C}{\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{6}\times\left[-\frac{2\Delta n_A}{\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{2\Delta t}=\frac{3\Delta n_C}{\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{\Delta t}\right]$$

$$\Rightarrow -\frac{\Delta n_A}{3\Delta t}=-\frac{\Delta n_B}{12\Delta t}=\frac{\Delta n_C}{2\Delta t}=\frac{\Delta n_D}{6\Delta t} \quad \Rightarrow \quad 3A(g)+12B(g)\rightarrow 2C(g)+6D(g)$$

✓ معادلهٔ واکنش براساس رابطهٔ 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. **غلظت مولی A** = [A]

✓ 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 **مولار بر زمان** کافی است سرعت داده شده برحسب مول بر زمان را به **حجم** سامانه **تقسیم** کنیم.

با هم بیندیشیم : **صفحه ۹۰ و ۹۱ کتاب درسی**

۱) سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گسترهٔ زمانی معینی برابر با $4\times10^{-2}\ mol\,S^{-1}$ است.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

الف) سرعت متوسط مصرف $N_2(g)$ و $3H_2(g)$ را در این گسترهٔ زمانی حساب کنید.

$$\bar{R}(N_2\ \text{مصرف}) = \frac{1}{2}\bar{R}(NH_3\ \text{تولید}) = \frac{1}{2}\times 4\times10^{-2} = 2\times10^{-2}\ mol.S^{-1}$$

$$\bar{R}(H_2\ \text{مصرف}) = \frac{3}{2}\bar{R}(NH_3\ \text{تولید}) = \frac{3}{2}\times 4\times10^{-2} = 6\times10^{-2}\ mol.S^{-1}$$

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت‌کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\frac{\bar{R}(N_2\ \text{مصرف})}{1} = \frac{\bar{R}(H_2\ \text{مصرف})}{3} = \frac{\bar{R}(NH_3\ \text{تولید})}{2} = \frac{2\times10^{-2}}{1} = \frac{6\times10^{-2}}{3} = \frac{4\times10^{-2}}{2}\ mol.S^{-1}$$

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، رابطهٔ سرعت واکنش را بنویسید.

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(N_2\ \text{مصرف})}{1} = \frac{\bar{R}(H_2\ \text{مصرف})}{3} = \frac{\bar{R}(NH_3\ \text{تولید})}{2} = -\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = +\frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t}$$

ت) ارتباط معادلهٔ شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطهٔ زیر توضیح دهید.

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = +\frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = -\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t}$$

سرعت متوسط واکنش از تقسیم سرعت تولید فراورده یا سرعت مصرف واکنش‌دهنده بر ضریب استوکیومتری حاصل می‌شود.

ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

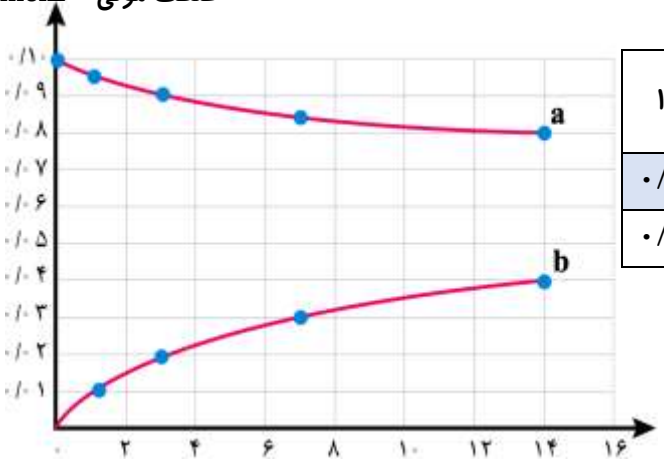
نیتروژن ، سرعت اجزایی از واکنش که ضریب استوکیومتری برابر یک دارند با سرعت متوسط واکنش برابر است.

---

۲) قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می‌شود. $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$

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، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

زمان(دقیقه) / غلظت مولی $molL^{-1}$	۰	۱	۳	۷	۱۴
$[C_6H_{12}O_6]$	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
$[C_{12}H_{22}O_{11}]$	۰/۱۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹	۰/۰۸۵	۰/۰۸



✓ سمنو که از **جوانه گندم** تهیه می‌شود محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله **مالتوز** است.

الف) در سه دقیقهٔ نخست، (گلوکز) $\overline{R}$ و (مالتوز) $\overline{R}$ را برحسب $mol.L^{-1}.S^{-1}$ حساب کنید.

$$\overline{R}(C_6H_{12}O_6)=\frac{(0/02-0)mol}{3minL}\times\frac{1min}{60s}=1/1\times10^{-4}molL^{-1}s^{-1}$$

$$\overline{R}(C_{12}H_{22}O_{11})=-\frac{(0/09-0/1)mol}{3minL}\times\frac{1min}{60s}=5/5\times10^{-5}molL^{-1}s^{-1}$$

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.

$$\overline{R}(\text{هفت دقیقه نخست})=-\frac{(0/085-0/1)mol}{7minL}=2/1\times10^{-3}molL^{-1}min^{-1}$$

$$\overline{R}(\text{هفت دقیقه دوم})=-\frac{(0/08-0/085)mol}{7minL}=7/1\times10^{-4}molL^{-1}min^{-1}$$

سرعت در هفت دقیقه نخست بیشتر است زیرا با گذشت زمان از غلظت واکنش‌دهنده‌ها 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 شیب نمودار منفی است.

b مربوط به گلوکز است زیرا با گذشت زمان در حال افزایش است و شیب نمودار مثبت است علاوه بر این شیب نمودار آن بیشتر است زیرا ضریب استوکیومتری بیشتر و شیب 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 برجای می‌گذارد. ردپای کربن‌دی‌اکسید، آب، غذا و . . . .

ردپای غذا

دو چهره دارد :

۱. چهرهٔ **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. چهرهٔ **پنهان** که خود شامل **دو** قسمت 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 **همهٔ** منابعی است که در **تهیهٔ 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، حمل‌و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین‌های بایر و... از جمله این منابع هستند.

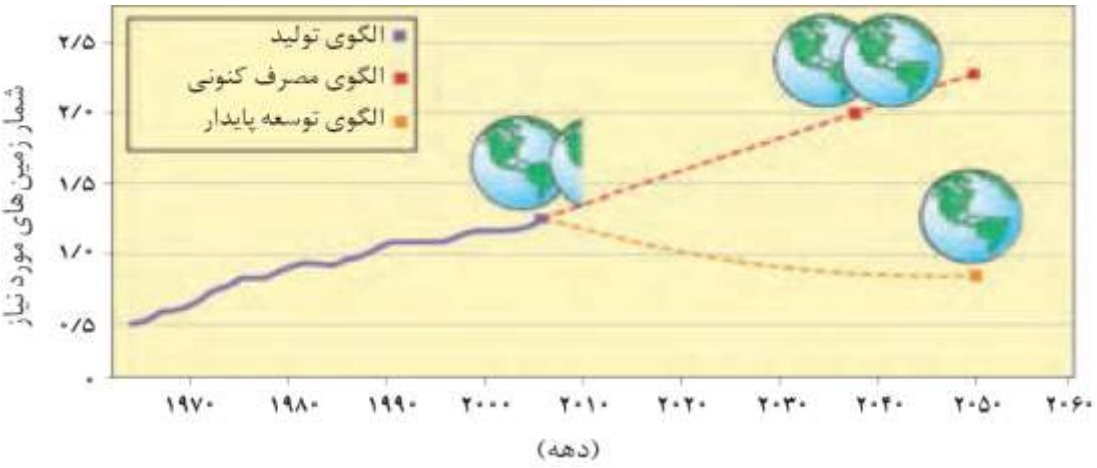
اثرات افزایش جمعیت جهان

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.

پیش بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

با توجه به الگوی تولید و مصرف غذا انتظار می‌رود مدیران جامعه جهانی با طراحی و انتخاب راه‌حل‌های 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 درسال ۲۰۴۰ دو برابر آن خواهد شد.



خود را بیازمایید : **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.

الگوی کاهش ردپای غذا	بیانی از اصل شیمی سبز
خرید به اندازهٔ نیاز	کاهش تولید زباله و پسماند
کاهش مصرف گوشت و لبنیات	کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست
استفاده از غذاهای بومی و فصلی	کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف غذاهای فراوری شده	طراحی مواد و فراورده‌های شیمیایی سالم‌تر

تمرین‌های دوره‌ای : **صفحه ۹۴ تا ۹۶ کتاب درسی**

۱) اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از بسته‌هایی استفاده می‌کنند که به سرعت گرما 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.

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

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

آ) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب‌دیدگی مناسب است؟ چرا؟

واکنش اول چون گرماگیر است و با جذب گرما از محل آسیب دیده آن را سرد می‌کند.

ب) از انحلال کامل ۲/ ۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

$$?\,kJ = 2/22\ g\ CaCl_2 \times \frac{1\,mol\,CaCl_2}{111\,g\,CaCl_2} \times \frac{83\,kJ}{1\,mol\,CaCl_2} = 1/66\,kJ$$

---

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 :

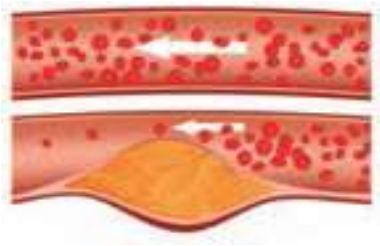
$$2C_{57}H_{110}O_6(s) + 163O_2(g) \rightarrow 114CO_2(g) + 110H_2O(l) \quad ، \quad \Delta H = -75520\,kJ$$

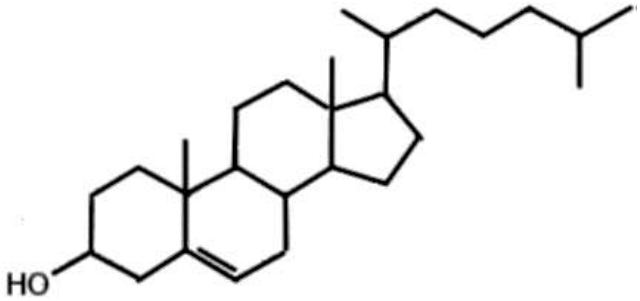
حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می‌شود؟

$$?\,kJ = 1kg \times \frac{1000\,g}{1kg} \times \frac{1\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}{890\,g\,C_{57}H_{110}O_6} \times \frac{75520\,kJ}{2\,mol\,C_{57}H_{110}O_6} = 42426/97\,kJ$$

---

۳) کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیوارهٔ 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 78 می‌باشد.
- ✓ کلسترول محلول درحلال‌های **آلی** است.

---

۴) از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت، 15/24 kJ گرما آزاد می‌شود. $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

الف) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهد؟

$$Q = mc\Delta\theta \quad : \quad 15/24\,kJ \times \frac{1000\,J}{1\,kJ} = 100\,g \times 4/184\,\frac{J}{g°C} \times \Delta\theta \quad \Rightarrow \Delta\theta = 36/42°C$$

ب) ΔH واکنش ترمیت را حساب کنید.

$$2\,mol\,Al \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} \times \frac{15/24\,kJ}{1\,g\,Al} = 822/96\,kJ \quad \Rightarrow \quad \Delta H = -822/96\,kJ$$

---

۵) با توجه به واکنش ترموشیمیایی: $H_2(g) + I_2(s) + 53kJ \rightarrow 2HI(g)$ آنتالپی واکنش $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$ را حساب کنید

(راهنمایی : آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را $62/5\ kJmol^{-1}$ در نظر بگیرید.)

مطابق قانون هس خواهیم داشت :

واکنش بدون تغییر

واکنش را در (–۱) ضرب می‌کنیم.

$$1)\ H_2(g) + I_2(s) \rightarrow 2HI(g) \qquad \Delta H_1 = 53\,kJ$$

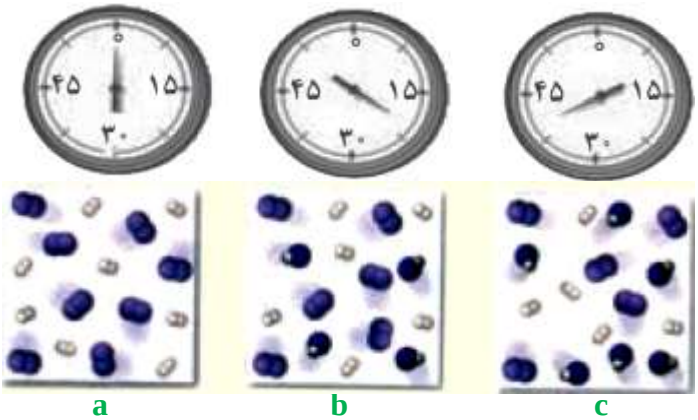
$$2)\ I_2(s) \rightarrow I_2(g) \qquad \Delta H_2 = 62/5\,kJ$$

$$H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g) \quad \Rightarrow \quad \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 53 - 62/5 = -9/5\,kJ$$

---

۶) شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفش رنگ ید را در دمای معینی نشان می‌دهد. $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$

اگر هر ذره هم ارز با ۰/۱ مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) برحسب $mol.L^{-1}.h^{-1}$ حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



a b c

در ۲۰ دقیقه نخست واکنش، دو مولکول هیدروژن مصرف شده است. پس تغییر مول هیدروژن برابر است با :

در ۲۰ دقیقه اول : $\Delta n(H_2) = 0/2\ mol \qquad \Delta[H_2] = \frac{0/2\,mol}{2\,L} = 0/1\,mol.L^{-1}$

چون ضریب H_2 در این واکنش برابر یک است پس سرعت متوسط مصرف هیدروژن با سرعت واکنش برابر است :

$$\Delta t = 20\,min \times \frac{1\,h}{60\,min} = \frac{1}{3}\,h$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{0/1\,mol.L^{-1}}{\frac{1}{3}\,h} = 0.3\,mol.L^{-1}h^{-1}$$

پس از ۴۰ دقیقه : $\Delta n(H_2) = 0/3\ mol$ $\qquad \Delta[H_2] = \frac{0/3\,mol}{2\,L} = 0/15\,mol.L^{-1}$

$$\Delta t = 40\,min \times \frac{1\,h}{60\,min} = \frac{2}{3}\,h$$

$$\bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(H_2) = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{0/15\,mol.L^{-1}}{\frac{2}{3}\,h} = 0.225\,mol.L^{-1}h^{-1}$$

---

۷) ΔH واکنش $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ را با استفاده از : الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

$\Delta H_{\text{واکنش}}$ = (مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی‌های پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

$\Delta H = (4\ C\text{-}H + 1\ C{=}C + 1\ H\text{-}H) - (6\ C\text{-}H + 1\ C\text{-}C)$

$\Delta H = (4\ mol \times 415\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 614\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 436\ kJ.mol^{-1}) -$

$(6\ mol \times 415\ kJ.mol^{-1} + 1\ mol \times 348\ kJ.mol^{-1})$

$\Delta H = 3320\ kJ - 3274\ kJ \Rightarrow \Delta H = -128\ kJ$

ب) آنتالپی سوختن اتن، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با ۱۴۱۰- ، ۱۵۶۰- و ۲۸۶-کیلو ژول بر مول است، حساب کنید.

سوختن کامل این سه ماده به صورت زیر است :

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -1410\,kJ$$

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -1560\,kJ$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_3 = -286\,kJ$$

برای رسیدن به واکنش تهیه اتان از اتن باید واکنش اول و سوم بدون تغییر و واکنش دوم برعکس شوند. بنابراین ΔH محاسبه شده از این روش برابر است با :

$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = -1410 + 1560 + (-286) = -86\ kJ$

محاسبات نشان می‌دهد که مقدار ΔH محاسبه شده به روش آنتالپی پیوند با مقدار اندازه‌گیری شده به روش تجربی (سوختن) تفاوت دارد و با خطای بیشتری همراه است. لذا آنتالپی واکنش بر حسب واکنش سوختن که خطای کمتری دارد، انتخاب می‌شود.

۱۰۰g اخوراکی / ارزش غذایی — ماده غذایی	برگه زردآلو	سیب	بادام
چربی (گرم)	۰/۵۱	۰/۱۷	۴۹/۹۰
کربوهیدرات(گرم)	۷۸/۷۰	۲۴/۲۰	۲۵/۹۰
پروتئین (گرم)	۳/۳۹	۰/۲۶	۲۱/۲۰

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 طولانی‌تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

بادام ، چون میزان چربی موجود در آن بیشتر است و چربی‌ها در مدت زمان طولانی‌تری در سوخت‌وساز شرکت می‌کنند و کم کم انرژی خود را از دست می‌دهند.

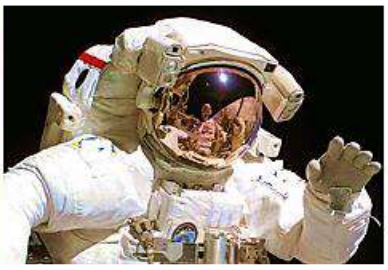
پ) اگر یک فرد 70 کیلوگرمی، 25 گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟ آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را $190\ kcal.h^{-1}$ در نظر بگیرید.

$$25\,g \times \frac{579\,kcal}{100\,g} \times \frac{1\,h}{190\,kcal} = 0/76\,h \quad \text{or} \quad 45/6\,min$$

فصل سوم : پوشاک، نیازی پایان ناپذیر

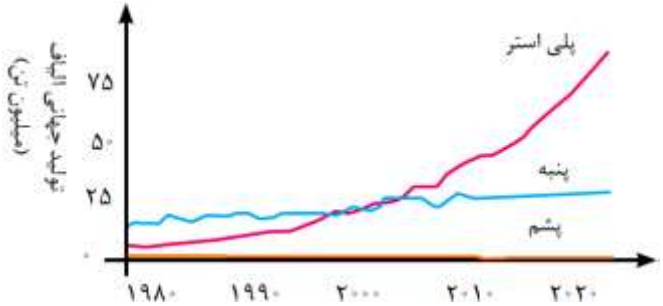
مباحث عمده فصل : الیاف و درشت مولکول‌ها ، پلیمری شدن (بسپارش) ، الکل‌ها و اسیدها ، پلی استرها ، واکنش استری شدن ، آب کافت استرها ، پلی آمیدها ، پلیمرها، ماندگار یا تخریب پذیر ، پلیمر سبز

- ✓ 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 **پوشاک** بوجود آمد.
- ✓ امروزه پوشاک به **شرایط آب و هوایی**، **فرهنگ**، **آداب و رسوم**، **باورها** و ... در هر جامعه بستگی دارد.
- ✓ پوشاک علاوه بر **پوشش بدن** در **تمدن بشری** نقش داشته است به طوری که نوع پوشاک در هر **قوم**، نشان‌دهنده :
- ➢ ۱- **توانایی و مهارت‌دستی** ۲- **هنر** ۳- **تصویرگری** ۴- **دانش** ۵- **فناوری** ۶- **شرایط آب و هوایی** و ۷- **آداب و رسوم** آن قوم است.
- ✓ پوشاک، بدن را در برابر **عوامل محیطی** گوناگون مانند **سرما** و **گرما**، **نور خورشید**، **باران**، **تگرگ**، **گزند حشرات** و ... محافظت می‌کند. برای مثال کلاه لبه‌دار، سر و صورت را در برابر تابش نور خورشید و آفتاب سوختگی 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 پوشاک تولید کند که از بدن در برابر **مواد شیمیایی** مانند **اسیدها**، **سموم**، **بخارهای سمی و غلیظ**، **پرتوها**، **آلودگی‌های عفونی**، **آتش**، **گلوله** و ... محافظت می‌کند. مانند **انواع کلاه ایمنی**، **کفش پنجه فولادی**، **عینک ایمنی** و ... تولید شد. پوشش‌هایی که هرکدام **ایمنی فیزیکی** بدن را در شرایط **دشوار** و **خطرناک** افزایش می‌دهد.



- ✓ انسان در گذشته پوشاک خود را از مواد طبیعی مانند **پشم گوسفند** و **شتر**، **پوست**، **چرم**، **پنبه** و ... تهیه می‌کرد.
- ✓ با **رشد جمعیت** جهان، **مصرف پوشاک** به میزان چشم‌گیری **افزایش** پیدا کرد بطوری که روش‌های سنتی تولید پوشاک 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 پوشاک 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 پایهٔ **نفت** (*طلای سیاه*) ، **شناسایی** و **تولید** کردند. الیافی که جایگزین الیاف طبیعی شده و امروزه بخش **عمده** پوشاک را تشکیل می‌دهد.

میزان نسبی الیاف تولیدشده در جهان

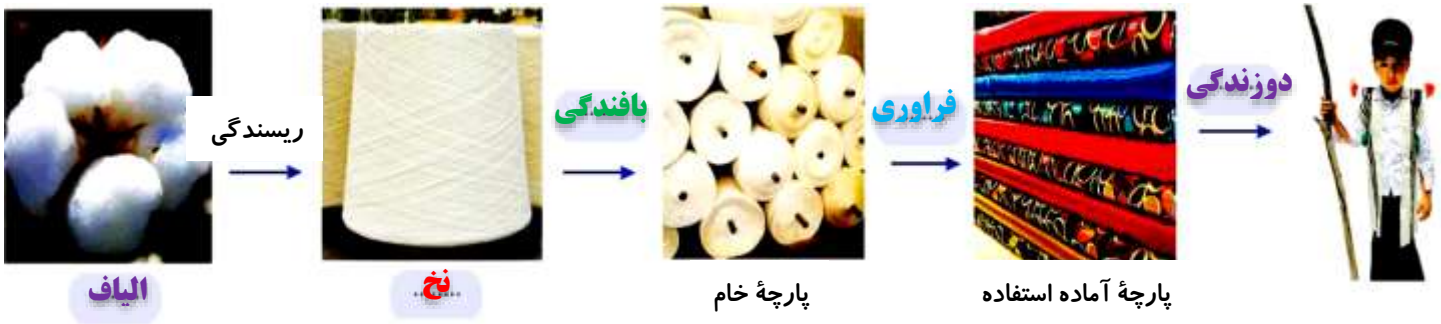


- در حال حاضر بخش **عمده** الیاف مصرفی را الیاف **ساختگی** مانند **پلی‌استرها** تشکیل می‌دهند به طوری که در سال **۲۰۱۴** نزدیک به **۱۰۰** میلیون تن الیاف در جهان تولید و مصرف شده است.
- در سال **۲۰۱۴**، الیاف مصنوعی **پلی‌استری** بیشتر از **نصف** کل الیاف تولید شده است.
- با توجه به نمودار، تولید **پشم** نزدیک به **صفر** 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 **پلی‌استری** از حدود **۷** میلیون تن در سال **۱۹۸۰** به **۷۰** میلیون تن در سال **۲۰۲۰** رسیده است.

- الیاف **ساختگی** (مانند پلی‌استر، 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 تهیهٔ **پارچه** و **پوشاک**، به طور گسترده‌ای در تهیهٔ انواع **پوشش‌ها**، **ظروف نچسب**، **یکبار مصرف** و **پلاستیکی**، **فرش**، **پرده** و ... استفاده می‌شود.

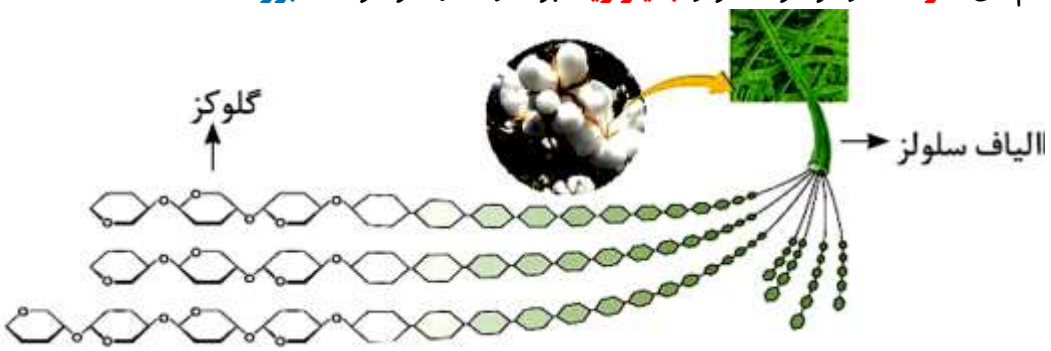
خود را بیازمایید : **صفحه ۹۹ کتاب درسی**

در هریک از جاهای خالی یکی از واژه‌های «نخ، الیاف، دوزندگی، فراوری و بافندگی» 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 **رویهٔ مبل**، **پرده**، **تور ماهیگیری**، **گاز استریل** و... استفاده می‌شود.
- پنبه از الیاف **سلولز** تشکیل شده، **زنجیری** بسیار بلند که از **اتصال** شمار بسیار زیادی مولکول **گلوکز** به یکدیگر ساخته می‌شود. با این توصیف شمار اتم‌های **سازندهٔ** هر مولکول سلولز، **بسیار زیاد** بوده و اندازهٔ 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.

- **مادهٔ مولکولی**، ماده‌ای است که ذره‌های سازندهٔ آن **مولکول‌ها** هستند.
- مولکول‌ها از نظر اندازه به **دو** دسته تقسیم می‌شوند، **ریز مولکول** و **درشت مولکول**
- ریز مولکول‌ها : برای مثال **کربن‌دی اکسید** (CO_2) ، **برم** (Br_2) ، **متان** (CH_4) ، **آب** (H_2O) ، **آمونیاک** (NH_3) ، **گوگرد تری اکسید** (SO_3) ، **هیدروکربن‌ها** و ... نمونه‌هایی از این ترکیب‌ها هستند. این مولکول‌ها **کوچک‌اند** و شمار اتم‌های سازندهٔ آن‌ها **کم**، در نتیجه **جرم مولی** آن‌ها **کم** تا **متوسط** است.

- ترکیبات **سلولز**، **پنبه**، **نشاسته**، **انسولین**، **پروتئین** موجود در **ابریشم** و **پشم**، **نایلون**، **تفلون** و ترکیباتی که پیشوند **پلی** دارند جزو **درشت مولکول‌ها** هستند بطوری که شمار اتم‌های آن‌ها به **ده‌ها 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.
- واژهٔ **پلیمر** از واژهٔ یونانی polys، به معنای « **بسپار** » و meros به معنای « **پاره** » گرفته شده است. به همین دلیل به پلیمر، بسپار گفته می‌شود.

با هم بیندیشیم : **صفحه ۱۰۱ و ۱۰۲ کتاب درسی**

با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

الف) جدول را کامل کنید.

نام ماده	اندازهٔ مولکول		جرم مولی		شمار اتم‌ها		جرم مولی برخی از مواد ($g.mol^{-1}$)
	کوچک یا متوسط	بسیار بزرگ	کم یا متوسط	بسیار زیاد	کم یا متوسط	بسیار زیاد	
آب	✓		✓		✓		۱۸
اتانول	✓		✓		✓		۴۶/۰۷
اتن	✓		✓		✓		۲۸/۰۵
پروپان	✓		✓		✓		۴۴
نفتالن	✓		✓		✓		۱۲۸
پلی اتن		✓		✓		✓	$۱۰^{۴}$-$۱۰^{۵}$
نشاسته گندم		✓		✓		✓	
انسولین		✓		✓		✓	۵۸۳۱/۶۵
سلولز		✓		✓		✓	
نایلون		✓		✓		✓	$۱۰^{۴}$-$۱۰^{۶}$
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.

✓ **همهٔ** پلیمرها **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؟

شباهت‌ها : 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.

پلیمرها 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؟

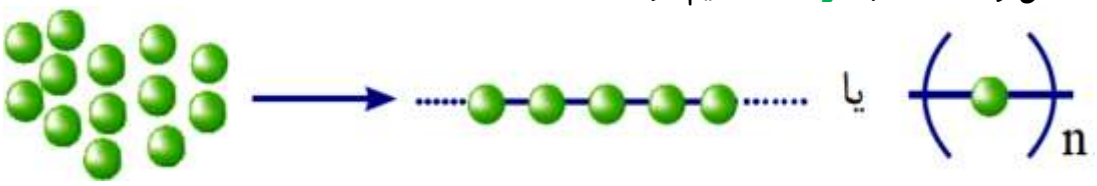
درشت مولکول‌ها، چون نیروهای بین مولکولی در آنها به دلیل زیاد بودن جرم مولکولی، قوی است.

پلیمری شدن (بسپارش) :

✓ **پلیمری شدن** واکنشی است که در آن **مولکول‌های کوچک** در **شرایط مناسب** به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌هایی با **زنجیرهای بلند** و **جرم مولی زیاد** تولید می‌کنند.

برای بررسی آسان‌تر پلیمری شدن‌ها می‌توان آن‌ها را به **دو** دسته تقسیم کرد :

الف) **پلیمری شدن افزایشی :**



پ) **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 **ده‌ها هزار گرم بر مول** است یعنی در ساختار هر مولکول آن **هزاران** اتم **کربن** و **هیدروژن** وجود دارد.

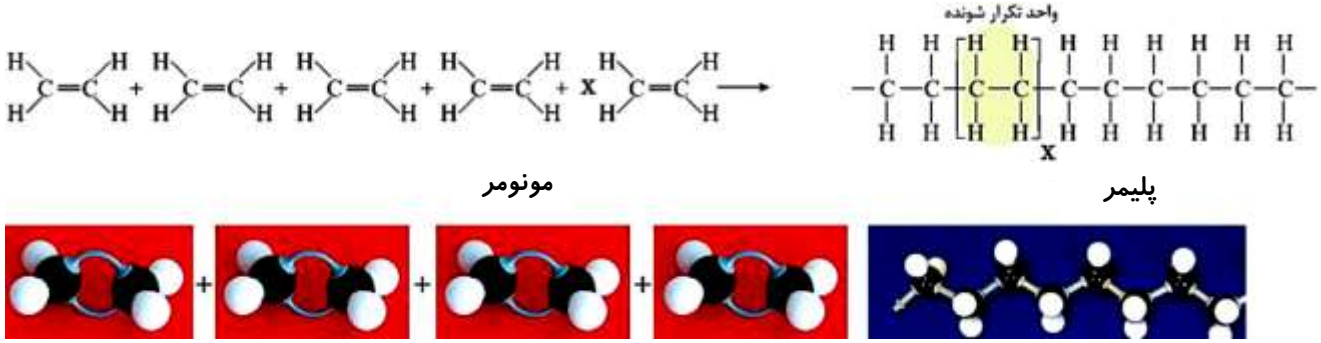
✓ معادلهٔ مقابل واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می‌کند.

$$n\,CH_2=CH_{2(g)} \xrightarrow{\text{گرما و فشار}} (-CH_2-CH_2-)_{n(S)}$$

اتن — پلی اتن

✓ **اتن** یک مولکول **سیرنشده** است در صورتی که در پلیمر شدن فراوردهٔ 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 ادامهٔ این روند **زنجیر کربنی** بلندی ایجاد می‌شود.



✓ مولکول‌های اتن، در **دما** و **فشار اتاق**، **گازی** هستند؛ در حالی که در اثر واکنش پلیمری‌شدن، 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.

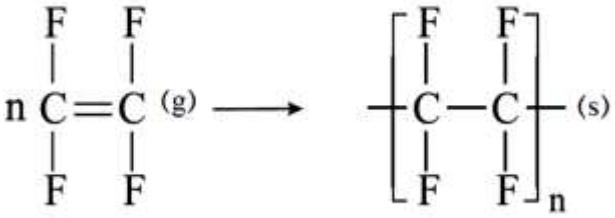
✓ به واکنش‌دهنده‌ها در واکنش پلیمری شدن، **مونومر** (**تک‌پار**) می‌گویند. در این واکنش‌ها شمار زیادی از **مونومرها** با یکدیگر واکنش می‌دهند و **پلیمر** را می‌سازند.

✓ با دقت در ساختار **پلی‌اتن** در می‌یابیم که از تکرار مجموعه‌ای از اتم های **کربن** و **هیدروژن** به نام **واحد تکرار شونده** به وجود آمده است.شیمی‌دان‌ها برای نمایش **پلیمرها**، **واحد تکرار شونده** را درون **کمانک** نوشته و زیروند n را برای آن می‌نویسند؛ زیرا تا کنون **هیچ قاعده‌ای** برای اتصال **شمار مونومرها** به یکدیگر ارائه **نشده** و **نمی‌توان** فرمول دقیقی 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: جرم مولی مونومر × n = **جرم مولی پلیمر افزایشی**

تعداد پیوند پلیمرهای افزایشی را می‌توان از رابطه روبرو بدست آورد: تعداد پیوند مونومر × n = **تعداد پیوند پلیمر افزایشی**



n نشان‌دهنده:

۱-**تعداد مونومرهای** به کار رفته برای تشکیل پلیمر

۲-تعداد **واحد تکرارشونده** در پلیمر

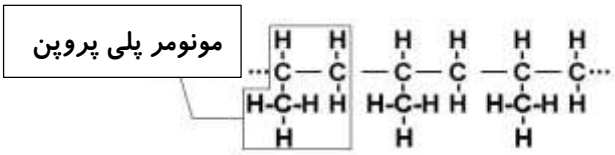
۳-**نسبت پیوندهای** پلیمر به پیوند مونومر

۴-**نسبت جرم مولی** پلیمر به جرم مولی مونومر

✓ در **همهٔ** واکنش‌های **پلیمری شدن**، تعداد بسیار زیادی پیوند **تشکیل** می‌شود از آنجا که تشکیل پیوند با **آزاد شدن** انرژی همراه است بنابراین واکنش پلیمری شدن **گرماده** 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 دوگانهٔ 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 **تأمین شرایط مناسب** واکنش داده و **پلیمرهای گوناگونی** تولید کنند.

مثال: اگر جرم مولی نمونه‌ای از پلیمر تفلون برابر با $10^6\ g.mol^{-1}$ باشد، تعداد واحد تکرارشونده (n) در این پلیمر، کدام است؟

($C = 12$ و $F=19 : g.mol^{-1}$)

۱) ۱۰۰۰ ۲- ۱۰۰۰۰ ۳- ۱۲۰۰۰ ۴- ۱۶۰۰۰

گزینه ۲ : $nC_2F_4\ (g) \rightarrow (-C_2F_4-)_n(s)$

جرم مولی تفلون = n × C_2F_4 جرم مولی $\Rightarrow 10^6 = n \times [2(12)+4(19)] \Rightarrow n=\frac{10^6}{100} = 10000$

مثال: با مصرف ۸۰۰ لیتر گاز اتن در شرایط STP ، چند کیلوگرم پلی‌اتن می‌توان تهیه کرد؟ ($C = 12 , H = 1 : g.mol^{-1}$)

۱- ۱ ۲- ۱/۵ ۳- ۲ ۴- ۳

پاسخ: گزینه ۱- با توجه به واکنش تهیه پلی‌اتن خواهیم داشت:

جرم مولی پلی‌اتن = n × جرم مولی اتن = 28n

$$800LC_2H_4 \times \frac{1mol\ C_2H_4}{22/4LC_2H_4} \times \frac{1\ mol\ \text{پلی‌اتن}}{n\ mol\ C_2H_4} \times \frac{28\ n\ g\ \text{پلی‌اتن}}{1\ mol\ \text{پلی‌اتن}} \times \frac{1kg\ \text{پلی‌اتن}}{1000g\ \text{پلی‌اتن}} = 1kg\ \text{پلی‌اتن}$$

در واکنش پلیمری‌شدن 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:

$$\text{جرم اتن مصرف شده : } 800LC_2H_4 \times \frac{1mol\ C_2H_4}{22/4LC_2H_4} \times \frac{28\ n\ g\ C_2H_4}{1\ mol\ C_2H_4} \times \frac{1kg\ C_2H_4}{1000g\ C_2H_4} = 1kg\ C_2H_4$$

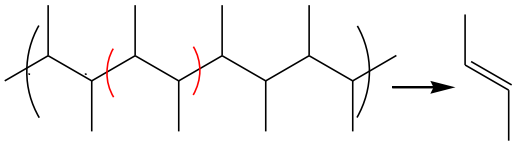
خود را بیازمایید : **صفحه ۱۰۴ کتاب درسی**

در جدول زیر هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

کاربرد پلیمر	ساختار پلیمر	نام پلیمر	ساختار مونومر	نام مونومر
پتو	$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle CN}{\underset{\vert}{CH}}-\right)_n$	پلی سیانو اتن	$CH_2=\underset{\displaystyle CN}{\underset{\vert}{CH}}$	سیانو اتن
سرنگ - تجهیزات آزمایشگاهی	$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-\right)_n$	پلی پروپن	$CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}$	پروپن
ظروف یکبار مصرف	$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{\vert}{CH}}-\right)_n$	پلی اِستیرن	$-CH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{\vert}{CH}}-$	اِستیرن یا وینیل بنزن

نخ دندان – ظروف نچسب – نوار تفلون– بدنهٔ اتو	$(-CF_2-CF_2-)_n$	تفلون	$CF_2=CF_2$	ترافلوئورواتن
کیسهٔ خون، نوارهای درز گیر و مواد ساختمانی	$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{\vert}{CH}}-\right)_n$	پلی وینیل کلرید P. V. C	$CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{\vert}{CH}}$	کلرو اتن یا وینیل کلرید
کیسه– لوله–دبه– اسباب بازی–تانکر–درب ظروف بسته‌بندی	$(-CH_2-CH_2-)_n$	پلی اتن	$CH_2=CH_2$	اتن

✓ 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 پیوندها **یگانه نیستند**. در ساختار پلی‌سیانواتن در ($-C\equiv N$) یک پیوند **سه‌گانه** بین اتم‌های کربن و نیتروژن ($-C\equiv N$) وجود دارد. در ساختار پلی‌استیرن هم **سه** پیوند **دوگانه** در حلقه **بنزنی** وجود دارد.

✓ در **تفلون** برخلاف بقیه این پلیمرها، اتم **هیدروژن** وجود ندارد.

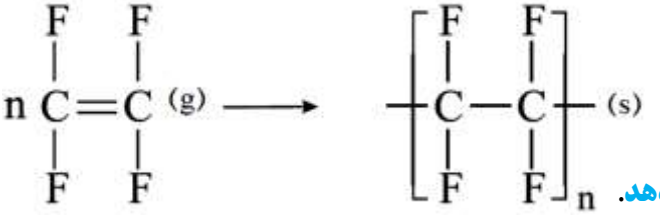
✓ از **پلی وینیل کلرید** (P. V. C) در **شیشهٔ خودرو** نیز استفاده می‌شود؛ به این صورت که لایهٔ نازکی از آن را بین دو صفحهٔ شیشه‌ای قرار می‌دهند بطوری که **مانع از فرو ریختن** خرده‌های آن در اثر ضربه می‌شود.

پیوند با زندگی : « **بخت، یار ذهن‌های آماده است** » **صفحه ۱۰۵ کتاب درسی**

تفلون و ویژگی‌های آن

۱. نام آن **پلی ترا فلوئورو اتن** (با نام تجاری **تفلون**) است.

۲. 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 **ترا فلوئورواتن** را که پر بود ولی **تخلیه** نمی‌شد را **برش** داد و با لایهٔ نازکی از یک **جامد** در ته کپسول مواجه شد که همان **تفلون** بود.



۳. نقطهٔ ذوب **بالایی** دارد.

۴. در برابر گرما **مقاوم** است.

۵. این پلیمر از نظر شیمیایی **بی اثر** است و با مواد شیمیایی واکنش **نمی‌دهد**.

۶. در حلال‌های آلی حل **نمی‌شود** و **نچسب** است.

۷. $nCF_2=CF_{2(g)} \xrightarrow{catalist,heat} (-CF_2-CF_2-)_{n(s)}$

✓ این ویژگی‌ها سبب شده است که تفلون علاوه بر **نخ دندان** در ساخت **نوار آب بندی**، **ظروف آشپزخانه** و **کفی اتو** کاربرد پیدا کند.

پیوند با صنعت : **صفحه ۱۰۶ کتاب درسی**

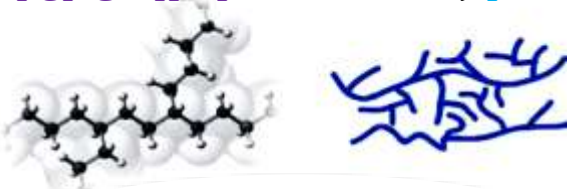
✓ پلی اتن یکی از مهم‌ترین پلیمرهای **ساختگی** است که در ساخت وسایل گوناگونی مانند **کیسه خرید**، **لولهٔ آب**، **بطری شیر**، **وسایل اسباب بازی**، **درب بطری**، **مخزن آب** و ... کاربرد دارد.

✓ در هنگام ساخت این وسایل دانه‌های **سفید** پلی اتن را **مذاب** کرده و در دستگاهی با **دمیدن هوا**، به ورقهٔ **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، **کِدِر**، **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 **زنجیر اصلی**، **شاخه‌های جانبی** نیز تشکیل دهد، **پلی اتن سبک** بوده (چگالی **کمتری** دارد =**۰/۹۲** گرم بر سانتی‌متر مکعب) و **شفاف** است؛ در مقابل پلیمری که زنجیرهٔ جانبی **ندارد**، چگالی **بیشتری** داشته (**۰/۹۷** گرم بر سانتی‌متر مکعب)، **کدر** بوده و به دلیل نیروهای **واندروالسی قوی‌تر** استحکام **بالاتری** دارد.



پلی اتن شاخه‌دار **پلی اتن بدون شاخه**

خود را بیازمایید : **صفحه ۱۰۷ کتاب درسی**

داده‌های تجربی نشان می‌دهد که چگالی پلی‌اتن‌های نشان داده شده در شکل بالا برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۲ گرم بر سانتی متر مکعب است.

الف) کدام چگالی به کدام پلی‌اتن تعلق دارد؟ چرا؟ **۰/۹۷ پلی اتن سنگین است زیرا در پلی اتن بدون شاخه در واحد حجم مولکول‌های بیشتری قرار می‌گیرند و جرم بیش تر خواهد بود و ۰/۹۲ پلی اتن سبک است.**

ب) کدام پلی اتن سبک و کدام سنگین است؟ **۰/۹۲ سبک (شاخه دار) و ۰/۹۷ سنگین (بدون شاخه) است.**

پ) نیروی بین مولکولی در پلی‌اتن چیست؟ **از نوع نیروهای واندروالس**

ت) چرا استحکام پلی‌اتن سنگین از سبک بیشتر است؟

زیرا با افزایش تعداد شاخه مولکول‌ها به دلیل ازدحام فضایی نمی‌توانند به هم نزدیک شوند اما در پلی‌اتن 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.

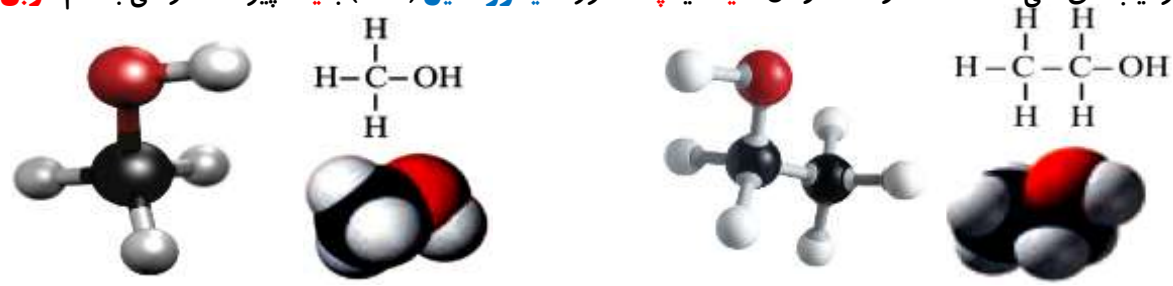
مقایسه پلی‌اتن سبک و سنگین:

ساختار	پلی‌اتن **سبک**، **شاخه‌دار**، ولی پلی‌اتن **سنگین**، **بدون شاخه** است.
چگالی	چگالی پلی‌اتن سبک، **کمتر** از پلی‌اتن سنگین است.
نیروی بین مولکولی	نیروی جاذبه هر دو، از نوع **واندروالسی** است، اما در پلی‌اتن سنگین، **قوی‌تر** از پلی‌اتن سبک است.
سختی و استحکام	پلی‌اتن **سنگین** نسبت به پلی‌اتن سبک، **سختی** و **استحکام** بیشتری دارد.
نقطه ذوب	پلی‌اتن **سنگین** نقطه ذوب **بالاتری** دارد.
شفاف یا کدر بودن	پلی‌اتن سبک، **شفاف**، ولی پلی‌اتن سنگین، **کدر** است.
کاربرد	پلی‌اتن سبک در ساخت **کیسه‌های پلاستیکی شفاف** و پلی‌اتن سنگین در ساخت **لوله‌های پلاستیکی**، **دبه‌های آب** یا **بطری کدر شیر** و **اسباب‌بازی کودکان** کاربرد دارد.

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 خانوادهٔ الکل‌های **یک عاملی** هستند.

برای نامگذاری الکل‌ها به دو روش عمل می‌کنیم :

۱) نام گروه هیدروکربنی (R) + الکل = نام الکل (نام متداول)

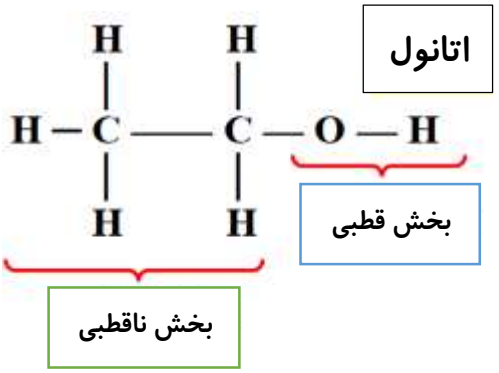
نام الکل	فرمول الکل	نام گروه هیدروکربنی	فرمول گروه هیدروکربنی	نام آلکان	فرمول آلکان
متیل الکل	CH_3-OH	متیل	CH_3-	متان	CH_4
اتیل الکل	CH_3-CH_2-OH	اتیل	C_2H_5-	اتان	C_2H_6
پروپیل الکل	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	پروپیل	C_3H_7-	پروپان	C_3H_8
ایزوپروپیل الکل	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-OH$	ایزوپروپیل	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-$		

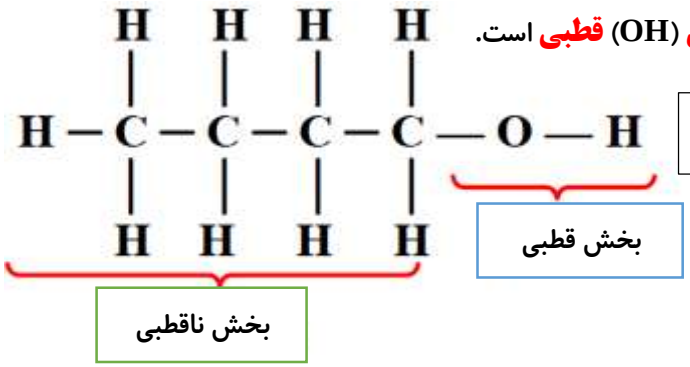
۲) نام آلکان هم کربن + اُل= نام الکل (نام آیوپاک)

نام الکل	فرمول الکل	آلکان	فرمول آلکان
متانول	CH_3-OH	متان	CH_4
اتانول	C_2H_5-OH	اتان	C_2H_6
۱–پروپانول	C_3H_7-OH	پروپان	C_3H_8
۲–پروپانول	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-OH$		

ویژگی‌های الکل‌ها:

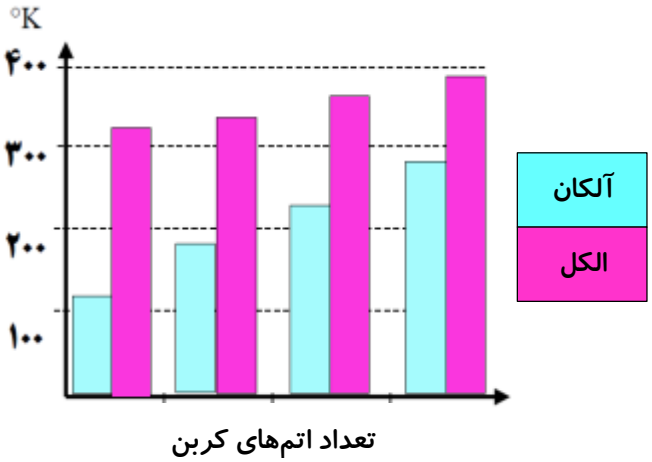
✓ مولکول الکل‌ها دو بخش **قطبی** و **ناقطبی** دارد. گشتاور دوقطبی بخش هیدروکربنی حدود **صفر** است پس **ناقطبی** است اما گروه **هیدروکسیل** (OH) **قطبی** است.





✓ الکل‌ها علاوه بر نیروی بین مولکولی **واندروالسی** به دلیل داشتن گروه **هیدروکسیل** (OH) قادر به تشکیل **پیوند هیدروژنی** نیز هستند. به همین دلیل نقطهٔ جوش آنها از آلکان‌های هم کربن **بیشتر** است.

✓ نمودار زیر اختلاف نقطهٔ 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.

نام الکل	فرمول ساختاری الکل	انحلال‌پذیری $\left(\frac{g}{100\ g\ H_2O}\right)$
متانول	CH_3-OH	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
اتانول	CH_3-CH_2-OH	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
۱– پروپانول	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
۱– بوتانول	$CH_3-(CH_2)_3-OH$	۸/۲۱
۱– پنتانول	$CH_3-(CH_2)_4-OH$	۲/۷
۱– هگزانول	$CH_3-(CH_2)_5-OH$	۰/۵۹
۱– اکتانول	$CH_3-(CH_2)_7-OH$	۰/۰۴۶

- 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-اُکتانول در آب **کم محلول** هستند.
- در صورتی که تعداد کربن‌ها در الکل **یک عاملی** بیشتر از **۸ تا** 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** داشته باشند. **اتیلن گلیکول** (ضد یخ) و **گلیسیرین** نمونه‌ای از الکل‌های چند عاملی هستند.

اتان دی اُل (اتیلن گلیکول) $CH_2(OH)-CH_2(OH)$ و **پروپان تری اُل(گلیسیرین)** $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$

- الکل‌های **چند عاملی** در تهیهٔ **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.**

مثلاً برای ترکیبی به فرمول C_2H_6O دو ساختار می‌توان رسم نمود. CH_3-O-CH_3 و C_2H_5-OH

با هم بیندیشیم : **صفحه ۱۱۰ کتاب درسی**

۱) با توجه به دو ساختار داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید:

CH_3-CH_2-OH

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

آ) پیش‌بینی کنید چه نوع نیروهای بین مولکولی در این دو الکل وجود دارد؟ **نیروی جاذبه واندروالس 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 انحلال‌پذیری کدام الکل در آب بیشتر است؟ **انحلال‌پذیری 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.**

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 انحلال‌پذیری کمی در آب دارد.

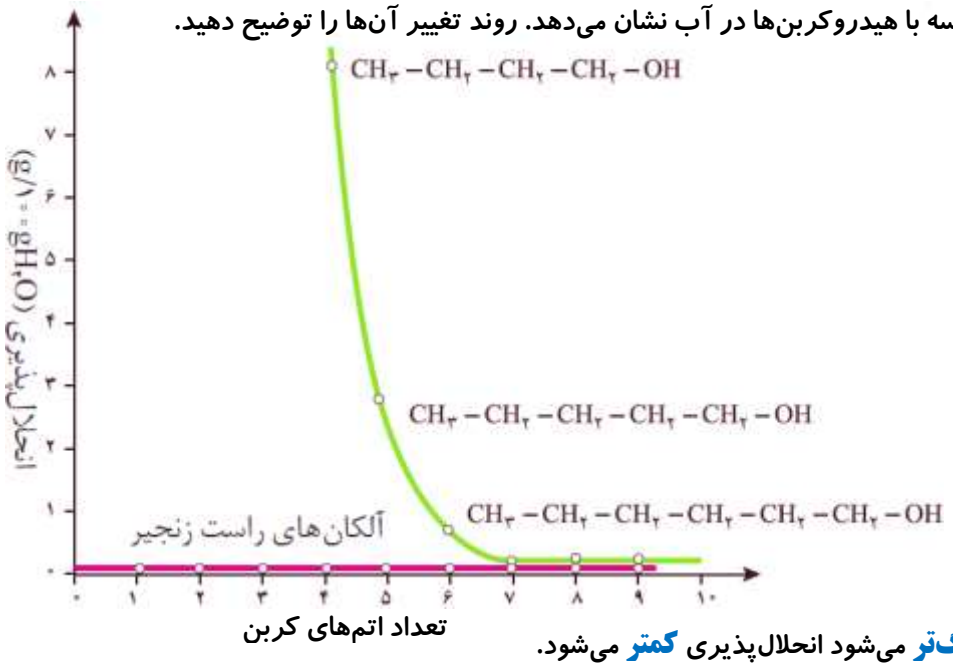
فرمول ساختاری الکل	انحلال‌پذیری $\left(\frac{g}{100\ g\ H_2O}\right)$
CH_3-CH_2-OH	به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
$CH_3-(CH_2)_7-OH$	۰/۰۴۶

ث) درباره درستی جمله زیر گفت‌وگو 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 انحلال‌پذیری الکل‌ها را در مقایسه با هیدروکربن‌ها در آب نشان می‌دهد. روند تغییر آن‌ها را توضیح دهید.



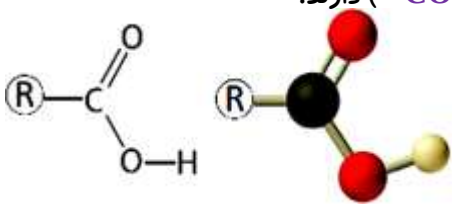
- ✓ هرچه بخش **ناقطبی** یا هیدروکربنی **بزرگ‌تر** می‌شود انحلال‌پذیری **کمتر** می‌شود.
- ✓ الکل‌های تا **پنج** کربن در آب **محلول** هستند یعنی تا پنج کربن، بخش **قطبی** بر **ناقطبی** غلبه دارد. (*پیوند هیدروژنی غالب است.*)
- ✓ ۱-هگزانول، ۱-هپتانول و ۱-اُکتانول در آب **کم محلول** هستند.
- ✓ در صورتی که تعداد کربن‌ها در الکل **یک عاملی** بیشتر از **۸ تا** باشد الکل مورد نظر **نامحلول** خواهد بود.

جمع‌بندی :

↑ کربن الکل‌ها = ↓ انحلال‌پذیری در آب (↑ افزایش آب‌گریزی) = ↑ انحلال‌پذیری در چربی (↑ افزایش 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 $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ و فرمول عمومی $C_nH_{2n}O_2$ هستند.
- ✓ این ترکیبات مزهٔ **ترش** دارند به طوری که مزهٔ 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 **آشناترین** 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 انحلال‌پذیری 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 انحلال‌پذیری آن در آب **کاهش** می‌یابد.
- ✓ پیوند هیدروژنی اسیدها از الکل‌های هم کربن **قوی‌تر** است، بنابراین نقطهٔ 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 :

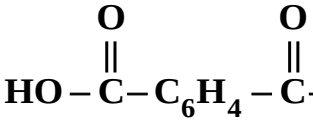
۱) نام متداول : فورمیک اسید چون از تقطیر مورچه که در لاتین فورمیکا نامیده می‌شود گرفته شده و استیک اسید از استوم به معنای سرکه گرفته شده است و ... .

۲) نام آیوپاک : نام آلکان هم کربن + وئیک اسید = نام اسید

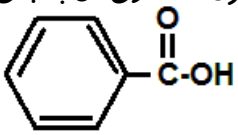
نام متداول	نام آیوپاک	فرمول اسید	نام آلکان	فرمول آلکان
فرمیک اسید	متانوئیک اسید	$HCOOH$	متان	CH_4
استیک اسید	اتانوئیک اسید	CH_3COOH	اتان	C_2H_6

✓ اسیدها می‌توانند چند عاملی باشند مانند **اتان‌دی اوئیک اسید** (**اگزالیک اسید**) :

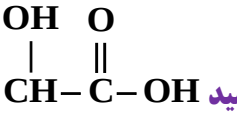
ترفتالیک اسید :



✓ **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**



تارتاریک اسید

✓ فرمول مولکولی عمومی **استرها** و **کربوکسیلیک‌اسیدهای** یک عاملی با **زنجیر هیدروکربنی سیر شده** ($C_nH_{2n}O_2$) است. اگرتعداد **کربن** کربوکسیلیک‌اسید و استر (زنجیر هیدروکربنی سیرشده و یک عاملی) **یکسان** باشد، این دوترکیب **ایزومر** هم خواهند بود. مثلا ترکیبی به فرمول $C_2H_4O_2$ دارای دو ساختار زیر است. CH_3COOH و $HCOOCH_3$ 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 موردِ دو ترکیبِ اتانول و اکتانول، کدام گزینه درست است؟

۱) واکنش‌پذیری اوکتانول از اتانول بیشتر است.

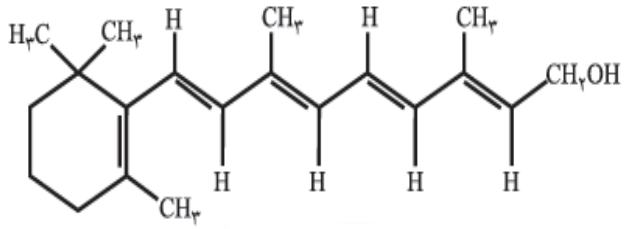
۲) در هر دو ترکیب، ۲ جفت الکترونِ ناپیوندی وجود دارد.

۳) نیروی بینِ مولکولی در اوکتانول از نوعِ هیدروژنی و در اتانول از نوعِ وان‌درووالسی است.

۴) در اکتانول، ۲۵ جفت الکترونِ پیوندی و در اتانول ۷ جفت الکترونِ پیوندی وجود دارد.

گزینه ۱: انحلال‌پذیریِ اتانول بیشتر است. گزینه ۳: عکس آن درست است. گزینه ۴ : در اوکتانول ۲۶ و در اتانول، ۸ جفت

مثال۲- کدام مورد، درباره‌ی ترکیبِ زیر نادرست است؟



۱) فرمول مولکولیِ آن، $C_{20}H_{30}O$ می‌باشد.

۲) نامحلول در آب است.

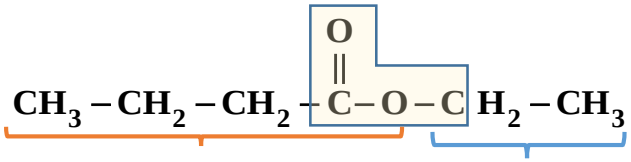
۳) دارای ۳۱ پیوندِ کووالانسی است.

۴) عاملِ هیدروکسیل در آن وجود دارد.

گزینه ۳ ، تعدادِ پیوندِ کووالانسی ۵۰ می‌باشد.

استرها :

- ✓ استرها از مشتقات **کربوکسیلیک‌اسیدها** 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 **اتیل بوتانوات** در آن است.

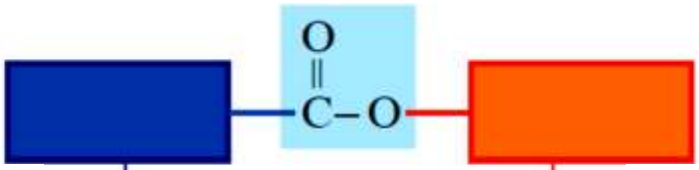


آلکانوات — آلکیل

- ✓ ساختار کلی استرها به صورت $RCOOR'$ است که در آن R می‌تواند H یا گروه **آلکیل** باشد، اما R' حتماً باید گروه **کربن‌دار** باشد.

با دقت در ساختار مولکول استر در می‌یابیم 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.

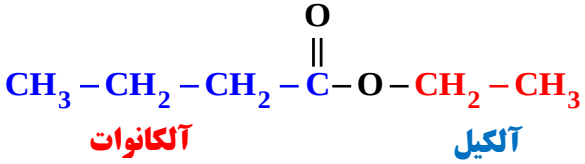
- ✓ گروه عاملی استری از واکنش یک **الکل** با یک **کربوکسیلیک‌اسید** ایجاد می‌شود.



گروه هیدروکربنی یا هیدروژن — گروه هیدروکربنی

نامگذاری استرها :

- ✓ برای نامگذاری استرها، آن را به **دو بخش** تقسیم می‌کنیم برای طرف گروه کربونیل ($R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}$) شماره کربن را با پسوند «وات» جمع می‌بندیم (بر وزن **آلکانوات**) و طرف اکسیژن ($-OR$) را بر وزن آلکیل (نام گروه هیدروکربنی) می‌نویسیم :



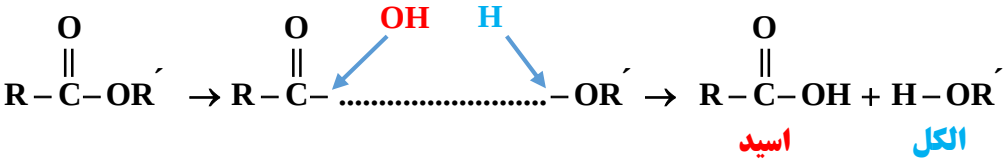
آلکانوات — آلکیل

- ✓ 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** سازندهٔ آن را مشخص کرد. نام کلی استرها به این صورت است :

آلکیل آلکانوآت — **نام الکل** بر وزن : آلکانول — **نام اسید** بر وزن : آلکانوئیک اسید

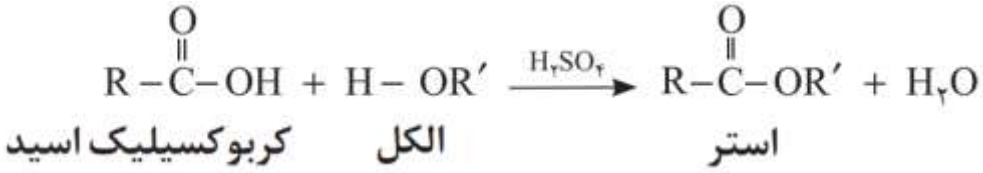
- ✓ برای به دست آوردن **اسید** و **الکل** سازندهٔ یک استر کافی است بین گروه **کربونیل** و **اکسیژن**، فاصله ایجاد کنیم و گروه **هیدروکسیل** را به **کربونیل** و **هیدروژن** را به **اکسیژن** متصل نماییم.



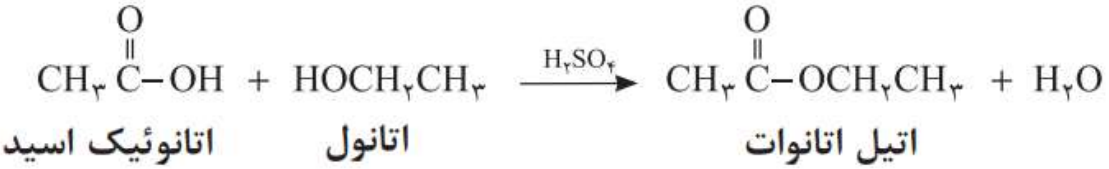
واکنش استری شدن و آبکافت استرها :

✓ یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی **کربوکسیلیک‌اسیدها** و **الکل‌ها**، واکنش میان آن‌هاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می‌دهند و با از دست دادن **آب**، به **استر** تبدیل می‌شوند.

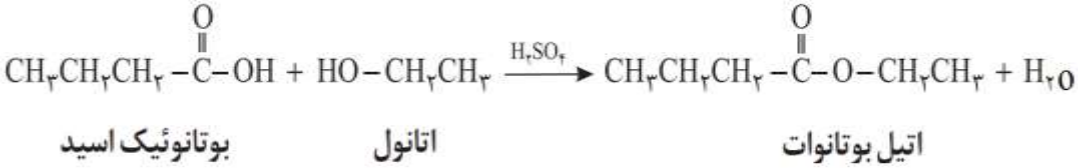
✓ در واکنش استری شدن **OH** از اسید و **H** از الکل، **آب** تولید می‌کند و فراورده دیگر نیز **استر** است.



مثال ۱ : از واکنش **اتانوئیک اسید** (استیک‌اسید) با **اتانول**، طبق معادلهٔ زیر **اتیل اتانوات** (اتیل‌استات) بدست می‌آید.

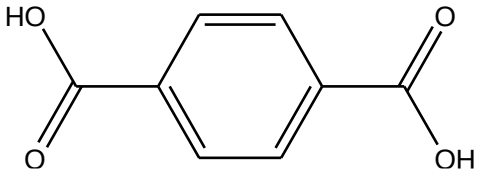


مثال ۲ : می‌توان **اتیل بوتانوات** را در مقیاس صنعتی از واکنش **بوتانوئیک اسید** و **اتانول**، تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی **آناناس** استفاده کرد.

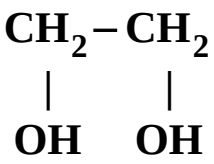


مثال ۳ : **ترفتالیک‌اسید** و **اتیلن‌گلیکول** برای تهیه **پلی اتیلن ترفتالات** برای تولید **بطری آب** استفاده می‌شود (**PET**).

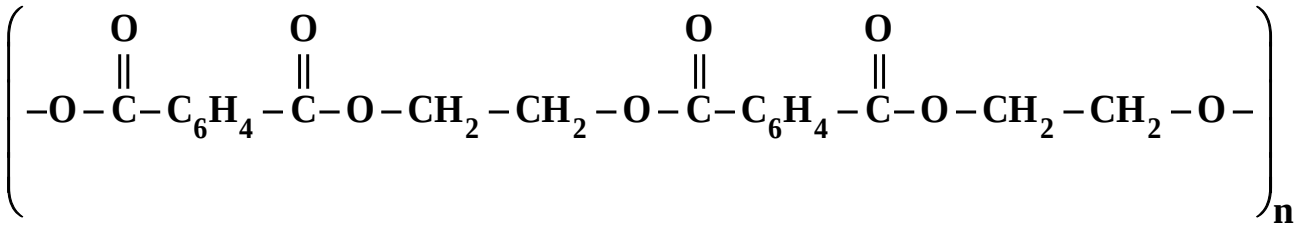
ترفتالیک اسید :



اتیلن گلیکول :



ساختار **پلی اتیلن ترفتالات** (PET) به صورت زیر در می‌آید :



✓ می‌توان با استفاده از **کربوکسیلیک‌اسیدها** و **الکل‌های** دوعاملی گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار متفاوت وگوناگون، تهیه کرد.

✓ به ازای هر **n** مول اسید و **n** مول الکل، **2n** مول **آب** تولید می‌شود.

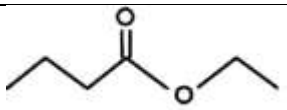
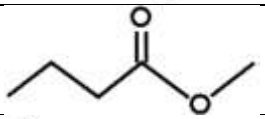
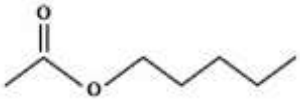
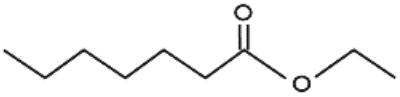
✓ **آبکافت استرها :** با توجه به اینکه واکنش **استری شدن** بصورت **برگشت‌پذیر** انجام می‌شود، **استرها** در شرایط مناسب (**حضور اسید** و

رطوبت و **گرما**) با **آب** واکنش داده و به **کربوکسیلیک اسید** و **الکل** اولیه تبدیل می‌شوند این واکنش به **آبکافت استرها** معروف است.

$$RCOOR' + H_2O \rightleftharpoons RCOOH + R'OH$$

$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OCH_2-CH_3 + H_2O \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + H-OCH_2-CH_3$$

استـــرهـــای مـــعـــروف :

نـام اسـتـر	فرمول شیمیایی	ساختار استر	الکل سازنده	اسید سازنده	عامل بو در
اتیل بوتانوات	$C_3H_7COOC_2H_5$		اتانول C_2H_5OH	بوتانوئیک اسید C_3H_7COOH	آنـانـاس
متیل بوتانوات	$C_3H_7COOCH_3$		متانول CH_3OH	بوتانوئیک اسید C_3H_7COOH	سـیـب
پنتیل اتانوات	$CH_3COOC_5H_{11}$		پنتانول $C_5H_{11}OH$	اتانوئیک اسید CH_3COOH	مـوز
اتیل هپتانوات	$C_6H_{13}COOC_2H_5$		اتانول C_2H_5OH	هپتانوئیک اسید $C_6H_{13}COOH$	انـگـور

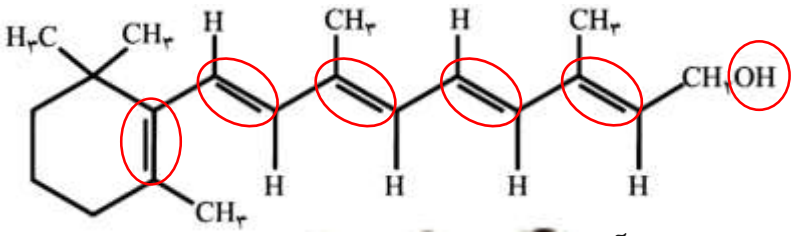
رمز استرهای معروف : آســـمـــــان « آنـانـاس – سـیـب – مـــوز – انگور »

خود را بیازمایید : ویتامین‌ها **صفحه ۱۱۱و ۱۱۲ کتاب درسی**

- ✓ قسمت‌های **هیدروکربنی** ترکیبات آلی بخش **ناقطبی** مولکول‌ها را می‌سازند و قسمت **چربی‌دوست** یا **آب‌گریز** می‌باشند.
- ✓ **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.
- ✓ رمزِ گذاری : ویتامین‌های دَکِه (DAKE) محلول در **چربی** هستند.

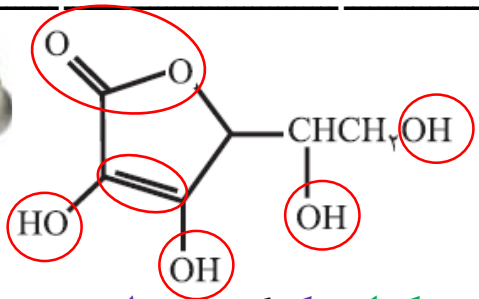
۱) کدام ویتامین‌های زیر در آب و کدام‌ها در چربی حل می‌شود؟ چرا؟

ویتامین آ (A) :



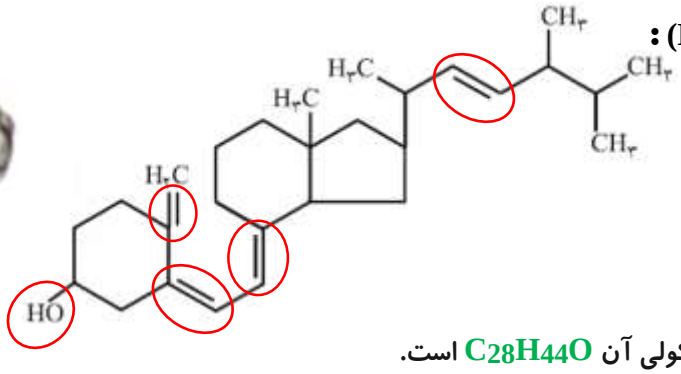
- ✓ فرمول مولکولی آن $C_{20}H_{30}O$ است.
- ✓ دارای یک گروه عاملی **هیدروکسیل** (قطبی) بوده اما قسمت عمده آن **هیدروکربنی** بوده و **ناقطبی** است، پس محلول در **چربی** است.

ویتامین ث (C) :



- ✓ فرمول مولکولی آن $C_6H_8O_6$ است.
- ✓ این مولکول دارای **۴** گروه عاملی **هیدروکسیل** و **یک** گروه عاملی **استِری** است (قسمت‌های **قطبی**)، در مقابل سایر قسمت‌های هیدروکربنی **ناقطبی** هستند و به دلیل غلبهٔ قسمت‌های **قطبی** بر **ناقطبی**، این ویتامین محلول در **آب** است.

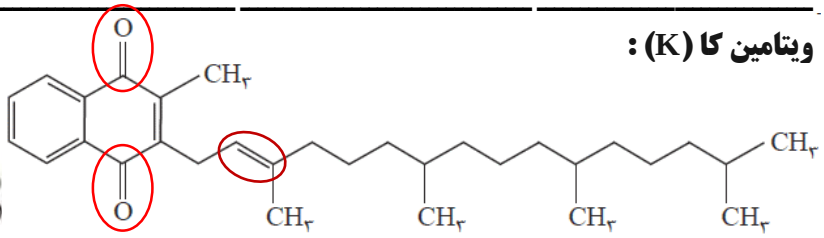
ویتامین دی (D) :



✓ 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.

ویتامین کا (K) :



✓ 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.

---

۲) مصرف بیش از اندازهٔ کدام دسته از ویتامین‌ها برای بدن مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند؟ چرا؟

ویتامین‌هایی مثل ویتامین ث که بخش قطبی بزرگی داشته باشند و در نتیجه در آب محلول باشند مشکلی ایجاد نمی‌کنند زیرا مقدار اضافی این ویتامین‌ها در بدن از طریق ادرار دفع می‌شود.

---

۳) گروه‌های عاملی موجود در هر یک از ترکیب‌های بالا را مشخص کنید.

---

۴) عبارت زیر را با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد کامل کنید.

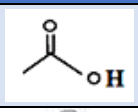
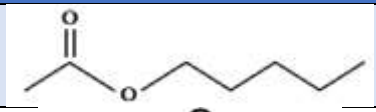
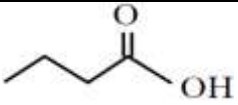
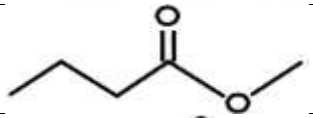
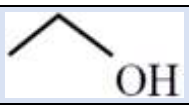
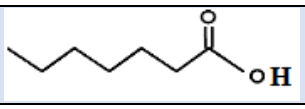
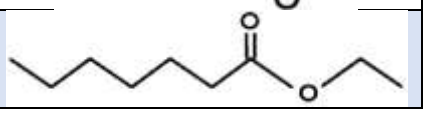
در ترکیب‌های آلی مانند الکل‌ها و کربوکسیلیک‌اسیدها که دو بخش قطبی و ناقطبی دارند، با افزایش طول زنجیر کربنی بخش (**ناقطبی** / قطبی) بزرگ‌تر می‌شود، قطبیت مولکول (**کاهش** / افزایش) می‌یابد و انحلال‌پذیری آن در آب (بیشتر / **کمتر**) می‌شود.

✓ 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 – آلکنی
ویتامین ث	پرتقال	آب	$C_6H_8O_6$	استری – الکلی – آلکنی
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 – آلکنی

خود را بیازمایید : **صفحه ۱۱۳ کتاب درسی**

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		
انگور			

پلی‌استرها :

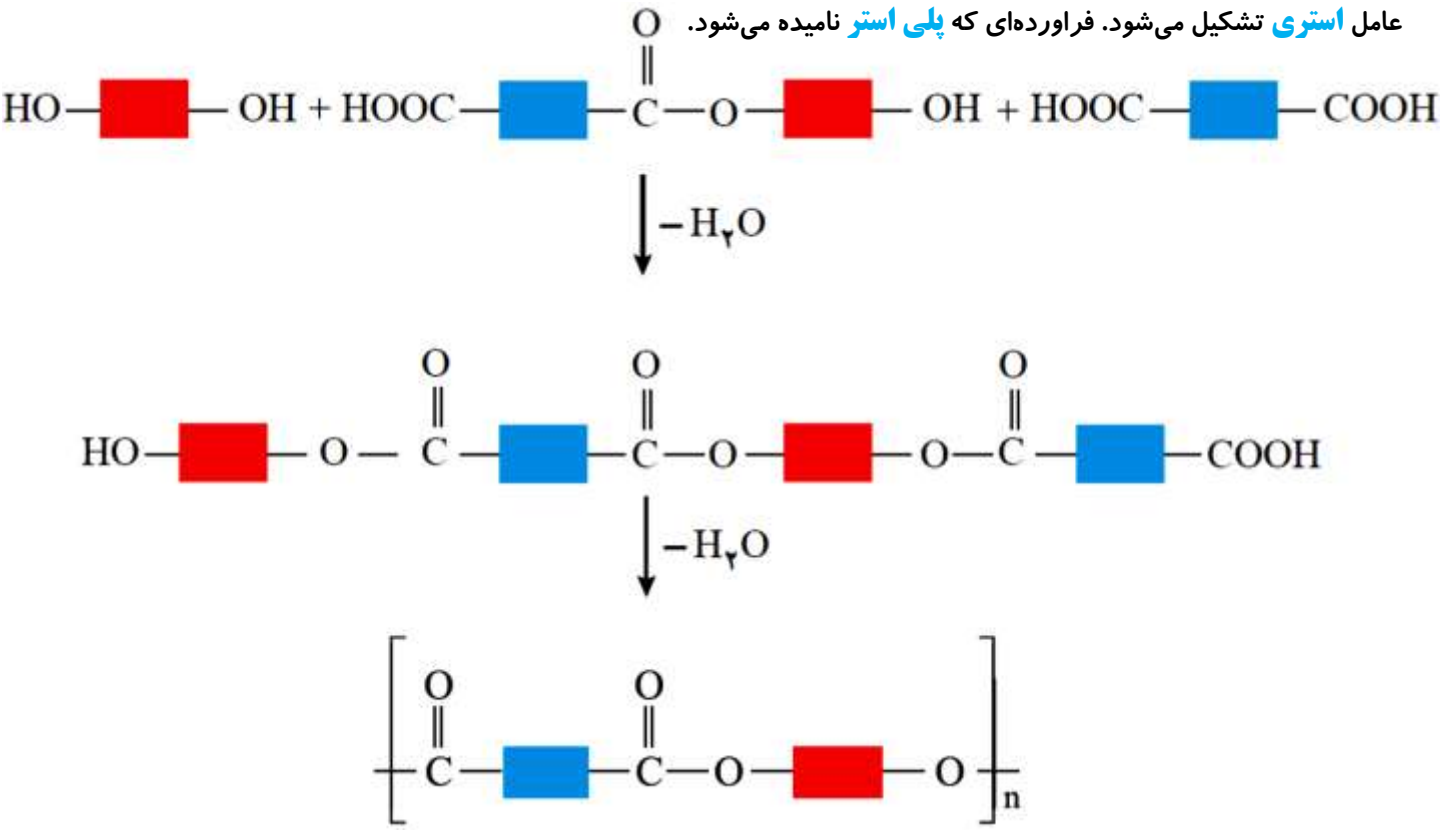
✓ نیاز به پوشاک بیشتر و با کاربردهای **گسترده‌تر**، شیمی‌دان‌ها را برای یافتن پلیمرهای جدید تشویق کرد. در طی این تلاش پلیمرهایی ساخته شد که علاوه بر H و C دارای N و O در ساختار خود بودند. **پلی‌آمیدها** و **پلی‌استرها** از جملهٔ این پلیمرها هستند.

پ) **پلیمری شدن تراکمی :** در این نوع پلیمری شدن، با اتصال **مونومرها** به هم علاوه بر پلیمر، مولکول‌های **کوچک‌تری** نیز تشکیل می‌شود. (مشابه این پلیمر شدن در سنتز آب‌دهی درس زیست‌شناسی وجود دارد.)

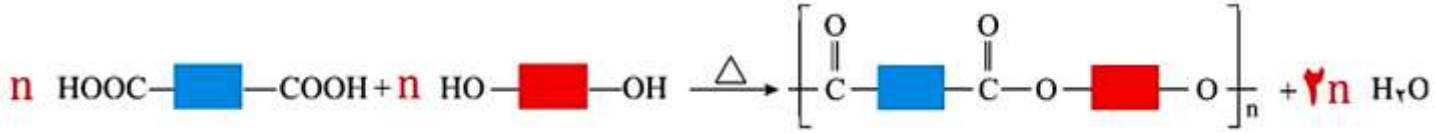
✓ پلی‌استرها دسته‌ای از پلیمرها هستند که از اتم‌های H ، C و O تشکیل شده‌اند. از این پلیمرها می‌توان **الیاف**، **نخ** و در نهایت **پارچه** تهیه نمود.

✓ با توجه به واکنش **استری شدن**، می‌توان نتیجه گرفت که از واکنش یک **کربوکسیلیک‌اسید دوعاملی** با یک **الکل دوعاملی** در شرایط مناسب، یک **پلی استر** تولید می‌شود. در مرحلهٔ **نخست** این واکنش، یکی از گروه‌های **هیدروکسیل** موجود در **الکل** با یکی از گروه‌های **کربوکسیل** موجود در **اسید** ترکیب شده و با از دست دادن **آب**، گروه عاملی **استری** را ایجاد می‌کند. باقیماندهٔ دو مونومر نیز به هم متصل می‌شوند.

✓ در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی **هیدروکسیل** و یک گروه عاملی **کربوکسیل** وجود دارد. این ساختار نوید می‌دهد که واکنش استری شدن می‌تواند ادامه پیدا کند، آن‌چنان که از یک سو با عامل **اسیدی** و از سوی دیگر با عامل **الکلی** در واکنش شرکت می‌کند. با ادامهٔ این روند مولکول‌های بیشتر و بیشتری با یکدیگر واکنش می‌دهند و سرانجام مولکول‌هایی با **زنجیر بلند** و شمار زیادی عامل **استری** تشکیل می‌شود. فراورده‌ای که **پلی استر** نامیده می‌شود.



واکنش کلی تشکیل یک پلی‌استر در زیر آمده است :



✓ از واکنش n مولکول دی‌اسید و n مولکول دی الکل، 2n-1 مولکول **آب** و 2n-1 گروه عاملی **استری** تولید می‌شود.

✓ **رفتار** و **ویژگی‌های** مواد به **ساختار** آنها بستگی دارد؛ بنابراین با **کربوکسیلیک‌اسیدها** و **الکل‌های دو عاملی** گوناگون، پلی‌استرهایی با ساختار **متفاوت** تهیه کرد.

انواع روش‌های پلیمری شدن

- **پلیمر شدن افزایشی**
  - **تشکیل پلیمرهای (پلی‌اتن–تفلون–پلی‌پروپن)**
  - **مونومر دارای پیوند دوگانه است. با شکستن پیوند دوگانه و بدون از دست دادن مولکول مونومرها به هم متصل می‌شوند.**
- **پلیمری شدن تراکمی**
  - **پلی استر (اسید آلی و الکل)**
  - **پلی آمیدها (اسید آلی+آمین ها) کولار–پروتئین‌ها**

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** (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 :

آمونیاک (NH_3)

a- CH_3-NH_2 ⇐ **متیل آمین** ⇐ (آمین نوع ۱)

b- $CH_3-NH-CH_3$ ⇐ **دی متیل آمین** ⇐ (آمین نوع ۲)

c- $N-(CH_3)_3$ ⇐ **تری متیل آمین** ⇐ (آمین نوع ۳)

✓ برای نام‌گذاری آمین کافیست، نام گروه **هیدروکربنی** را به کلمه **آمین** اضافه نماییم. متیل آمین CH_3NH_2 ، اتیل آمین $C_2H_5NH_2$

✓ اگر تعداد گروه‌های هیدروکربنی مشابه، اطراف نیتروژن بیش از **یک** باشد از پیشوند تعداد به صورت **رومی** استفاده می‌شود.

دی متیل آمین : $(CH_3)_2NH$ **تری اتیل آمین :** $(C_2H_5)_3N$

✓ اگر گروه‌های هیدروکربنی متفاوت باشند، **ابتدا** نام گروه‌های هیدروکربنی بر حسب حروف الفبای **لاتین** و سپس کلمه **آمین** آورده می‌شود. مثال : **اتیل، متیل آمین**

$$C_2H_5-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{NH}}$$

✓ **متیل‌آمین** 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** $\left(-\overset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle ||}{C}}-\underset{\displaystyle |}{N}-\right)$ در طول زنجیر کربنی تکرار شده است.

✓ 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.

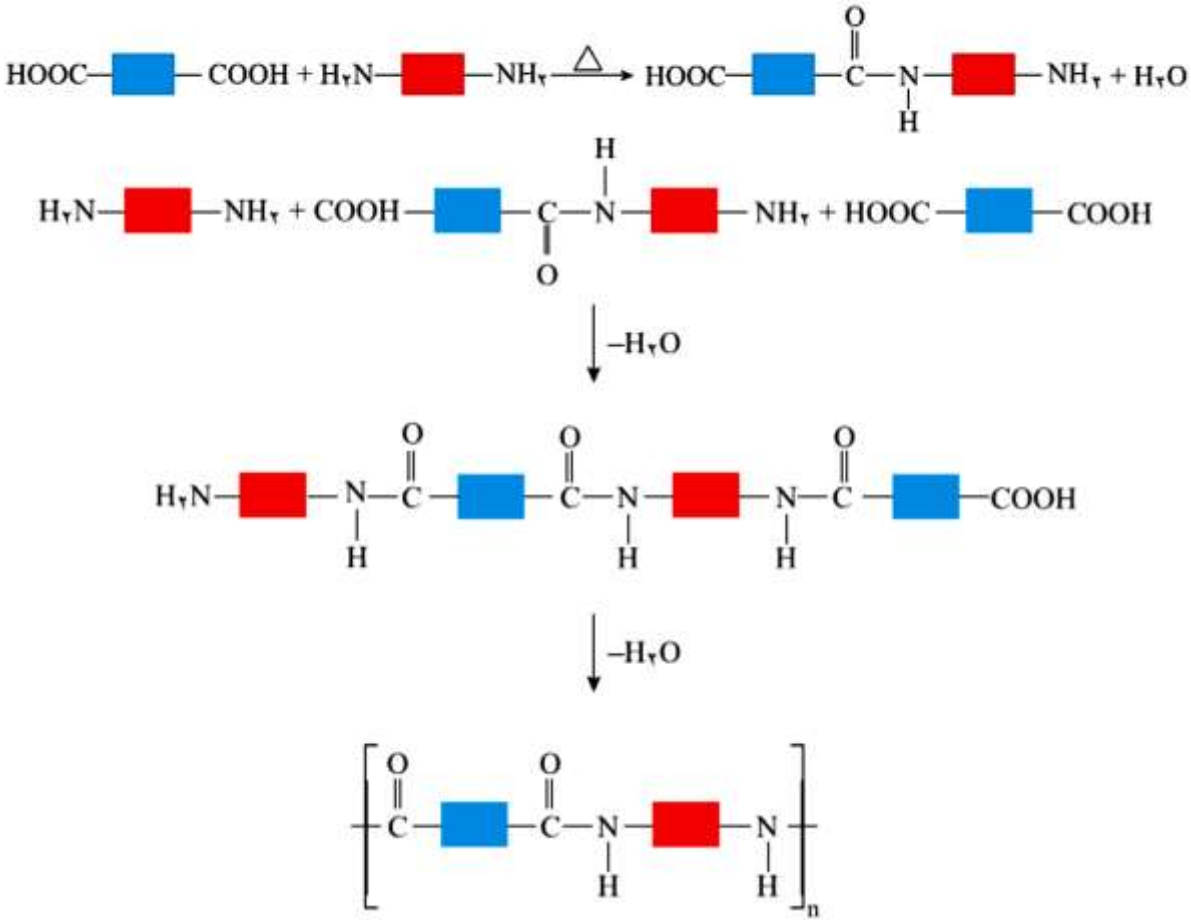
✓ در این واکنش، آمین بایستی حداقل یک **هیدروژن** داشته باشد که بتواند با **OH−** اسید، آب تشکیل دهد. (آمین نوع **سوم** نباشد.)

✓ واکنش تولید **پلی‌آمید** شبیه تولید **پلی‌استر** است، با این تفاوت که به جای الکل 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 **کربوکسیلیک‌اسید دوعاملی** با یک آمین **دو عاملی در شرایط مناسب**، یک **پلی‌آمید** تولید می‌شود.

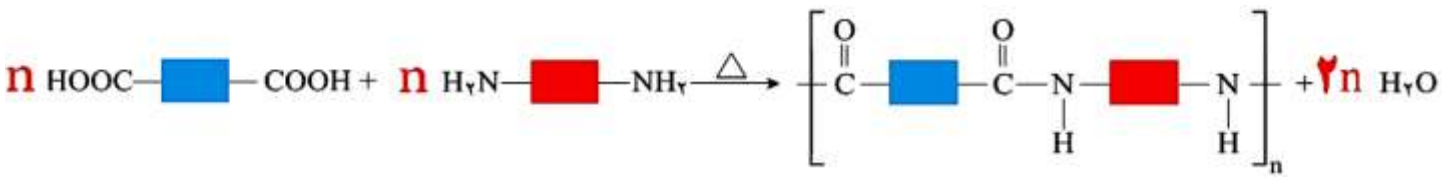
✓ در مرحلهٔ نخست این واکنش، یکی از گروه‌های **$-NH_2$** موجود درآمین با یکی از گروه‌های **کربوکسیل** موجود در اسید ترکیب شده و با از دست دادن **آب**، گروه عاملی **آمیدی** را ایجاد می‌کند.

✓ در ساختار فراورده همچنان **یک** گروه عاملی **$-NH_2$** 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.

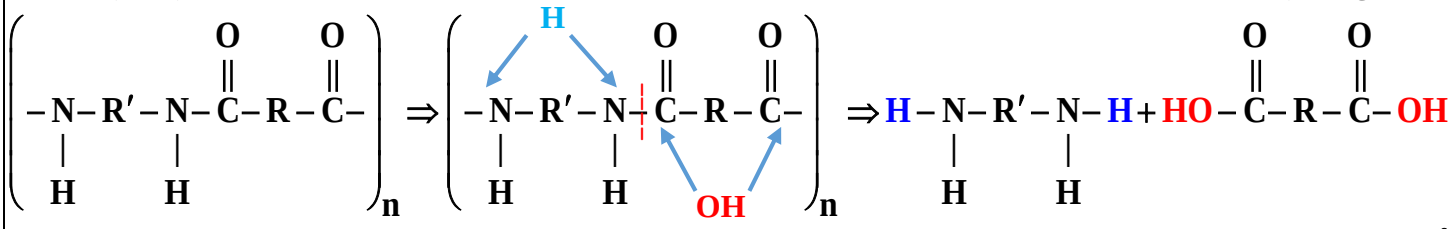


✓ با ادامه واکنش، گروه‌های آمیدی بیشتری تشکیل شده و سرانجام **پلی‌آمید** تولید می‌شود.

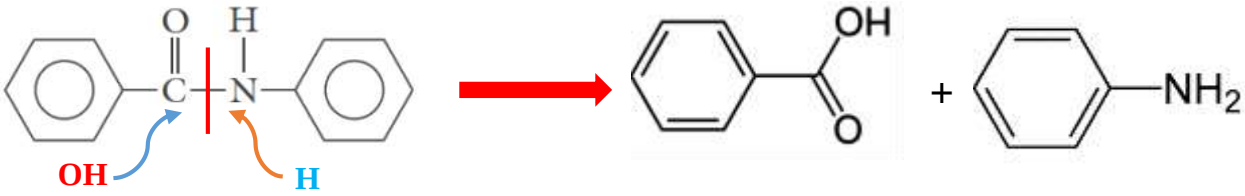
✓ از واکنش **n** مول **دی‌اسید** و **n** مول **دی‌آمین**، **2n-1** مول **آب** تولید می‌شود.



✓ برای بدست آوردن **دی‌اسید** و **دی‌آمین** سازنده یک **پلی‌آمید** کافی است پیوند **C-N** موجود در واحد تکرارشونده را بشکنیم و به نیتروژن‌ها ، اتم **H** و به کربن‌ها،گروه **OH** را اضافه کنیم :

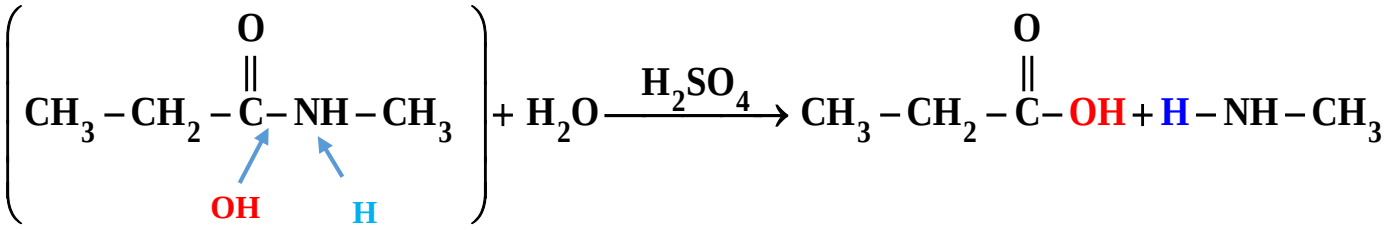


مثال : مونومرهای تشکیل دهنده آمید زیر را بنویسید.

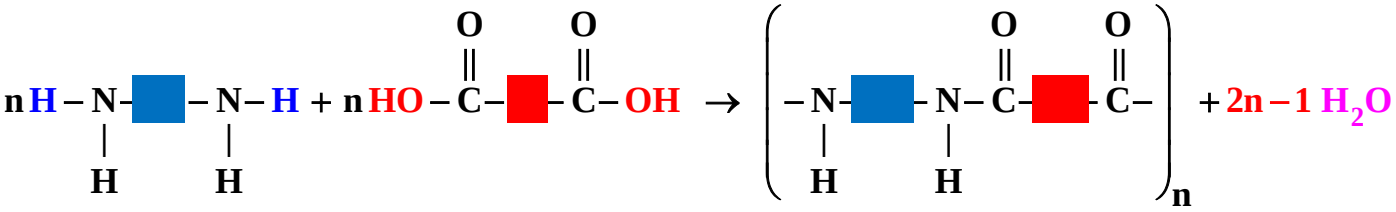


آبکافت آمیدها :

- ✓ 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.

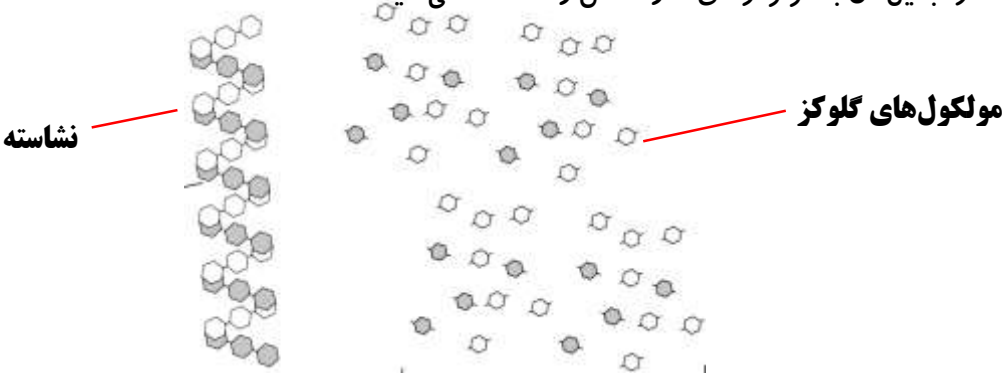
- ✓ پلی‌آمیدهای **ساختگی** را در صنایع پتروشیمی از واکنش **دی‌آمین‌ها** با **دی‌اسیدها** تولید می‌کنند.
- ✓ **کِولار** یکی از معروف‌ترین **پلی‌آمیدها**ست.
- ✓ **کِولار** از **فولاد** هم **جرم** خود **پنج** برابر **مقاوم‌تر** است.
- ✓ از **کِولار** در تهیه **تایر اتومبیل**، **قایق بادبانی**، *لباس‌های مخصوص مسابقه موتورسواری* و *جلیقه های ضد گلوله* استفاده می‌شود.
- ✓ پوشاک ساخته شده از **کِولار 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 $C_nH_{2n+2}O$	R-OH
اتر	-O-	اتری	$C_nH_{2n+2}O$	R-O-R´
آلدهید	-CHO یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	آلدهیدی	$C_nH_{2n}O$	R-CHO
کتون	– CO - یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	کتونی	$C_nH_{2n}O$	R-CO-R´
اسید (کربوکسیلیک اسید)	-COOH یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	کربوکسیل	$C_nH_{2n}O_2$	R-COOH
استر	–COO- یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	کربوکسیلات	$C_nH_{2n}O_2$	R-COO-R´
آمین	-NH-	آمینی	$C_nH_{2n+3}N$	R-NH-R´
آمید	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	آمیدی	$C_nH_{2n+1}ON$	R-CO-NH- R´

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 طولانی‌تری در دهان خود بجوید مزه‌ای **شیرین** احساس خواهید 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 مزهٔ **شیرین** ایجاد می‌کنند.
- نشاسته هنگام **گوارش** (که از دهان آغاز می‌شود) به گلوکز تبدیل می‌گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تجزیهٔ آن است که به کمک **آنزیم‌ها** تسریع می‌شود.
- در تصویر زیر واکنش تجزیه نشاسته و تبدیل آن به مونومرهای سازنده‌اش را مشاهده می‌کنید.



✓ هر نوع پوشاک تاریخ مصرفی دارد و پس از مدتی **تار** و **پود** آن‌ها سست و پوسیده می‌شوند زیرا مولکول‌های پلیمر سازندهٔ آن‌ها با مولکول‌های موجود در محیط پیرامون واکنش می‌دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آن‌ها مانند پیوند **استری** یا **آمیدی** شکسته می‌شوند. با شکستن این پیوندها، **استحکام** الیاف پارچه **کم** شده و تار و پود آن به سادگی **گسسته** 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.

خود را بیازمایید : **صفحه ۱۱۷ و ۱۱۸ کتاب درسی**

۱) درکدام شرایط زیر لباس‌های نخی زودتر پوسیده می‌شوند؟ چرا؟ الف) محیط سرد و خشک ب) محیط گرم و مرطوب

پلی‌آمیدها و پلی‌استرها 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) چرا استفاده بی رویه از شوینده‌ها در شستن لباس ها سبب پوسیده شدن سریع‌تر آن‌ها می‌شود؟

اسیدها و بازهای موجود در شوینده‌ها مانند کاتالیزگر عمل نموده و باعث افزایش سرعت آبکافت می‌شوند.

---

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 ایجاد شدن اسید و الکل حاصل از آبکافت بوی بد ایجاد می‌شود.

---

۴) برای شستن تمیزتر لباس‌ها از شوینده‌ها و سفیدکننده‌ها استفاده می‌کنند. اگر سفیدکننده‌ها را به طور مستقیم روی لباس بریزند، 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 ایجاد نمی‌شود. چرا؟

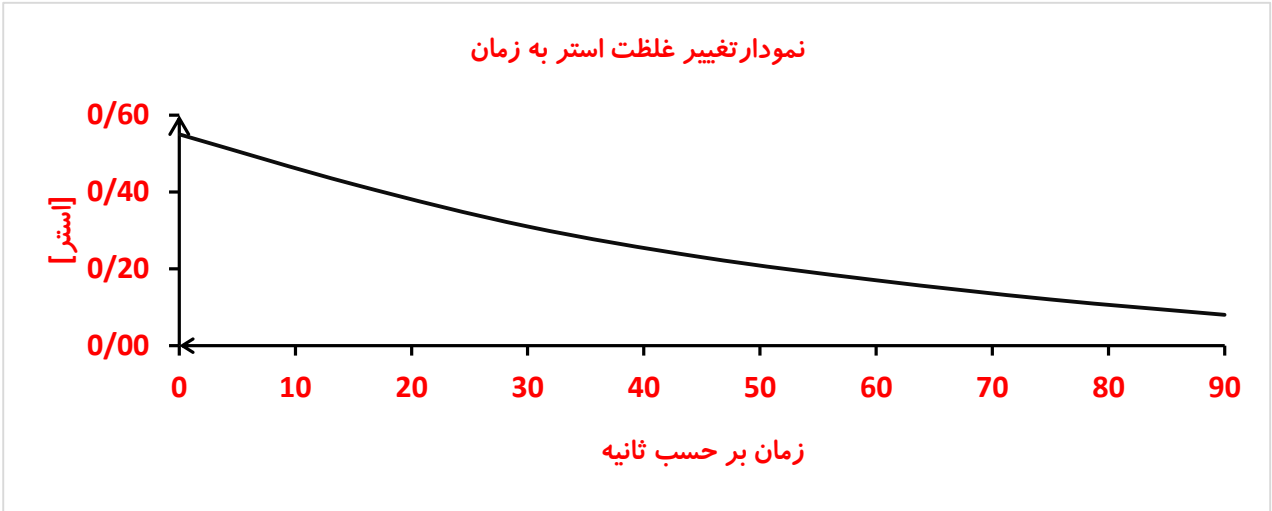
هنگامی که سفیدکننده مستقیماً روی لباس ریخته می‌شود به دلیل غلظت بالا سرعت واکنش انجام شده بیشتر است.

---

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 پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

[استر]	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۸
زمان (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰

الف) نمودار تغییر غلظت استر برحسب زمان را رسم کنید.



ب) سرعت متوسط تجزیه استر در بازه زمانی صفر تا ۳۰ ثانیه چند مول بر لیتر بر ثانیه است؟

$$\Delta n = 0/31 - 0/55 = -0/24\,mol \quad \Rightarrow \quad \overline{R} = -\frac{-0/24mol}{30L.s} = 0/008\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

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 شیب 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 تجزیهٔ پلی‌استر و پلی‌آمید به **ساختار مونومرهای سازنده** بستگی دارد. بنابراین بسته به **جنس لباس**، زمان استفاده از لباس‌ها متفاوت است.
- ✓ تجزیهٔ پلی‌استرها و پلی‌آمیدها **بسیار کند** است. به همین دلیل لباس‌های تهیه شده از این نوع پارچه‌ها برای مدت‌های **طولانی** قابل استفاده است زیرا **استحکام** خود را حفظ می‌کنند.
- ✓ پلیمرهای حاصل از **هیدروکربن‌های سیرنشده** مانند پلی‌اتن سنگین و سبک، پلی‌استیرن، پلی وینیل کلرید، پلی پروپن، تفلون و پلی‌اتیلن ترفتالات تمایلی به انجام واکنش **ندارند**، از اینرو پوشاک و پوشش‌های تهیه شده از این مواد در طبیعت تجزیه **نمی‌شوند** و برای سالیان طولانی **دست‌نخورده** باقی می‌مانند. در واقع پلیمرهای **ماندگارند**.
- ✓ پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های **سیرنشده** ساختاری **شبیه** به **آلکان‌ها** دارند و **سیرشده** هستند.

مشکلات استفاده از پلیمرهای ماندگار :

۱) این مواد به مدت **طولانی** در طبیعت **دست نخورده** باقی می‌مانند.

۲) هر چند استفاده از این پلیمرها صرفهٔ **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 چهرهٔ 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 چهرهٔ شهرها و محیط زیست توسط پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده :

۱. بازیافت پلیمرهای حاصل از هیدروکربن‌های سیرنشده

۲. جایگزینی پلیمرهای ساختگی با پایهٔ 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 کالاها **حک** می‌شود. این نشانه شامل عددی است که درون یک مثلث قرار دارد.

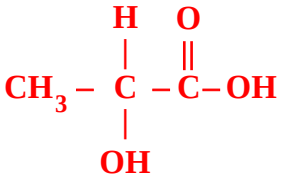
نام پلیمر	پلی اتیلن ترفتالات	پلی اتن سنگین	پلی وینیل کلرید	پلی اتن سبک	پلی پروپن	پلی استیرن
نشانه پلیمر	۱ PET	۲ HDPE	۳ PVC ,or V	۴ LDPE	۵ PP	۶ PS

انواع پلیمرها :

۱) تخریب پذیر (زیست تخریب پذیر)
(در طبیعت تجزیه می‌شوند.)
- **a) پلیمرهای طبیعی مثل نشاسته و سلولز**
- **b) پلیمرهای ساختگی مثل پلی‌استرها و پلی‌آمیدها**

۲) ماندگار (زیست تخریب ناپذیر)
(در طبیعت تجزیه نمی‌شوند.)
⇐ **پلیمرهای ساختگی مثل پلیمرهای افزایشی که ساختار آن‌ها شبیه آلکان‌هاست مانند پلی‌اتن، پلی‌استیرن، پلی‌پروپن و...**

پلیمر سبز :

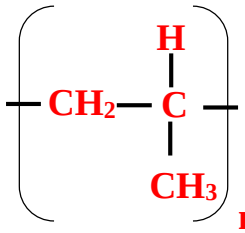
- ✓ پلیمرهایی که توسط جانداران **ذره‌بینی** تجزیه می‌شوند. هرگاه این پلیمرها و کالاهای ساخته شده از آن‌ها در طبیعت رها شوند، پس از چند ماه به مولکول‌های ساده مانند **آب** و **کربن‌دی اکسید** تبدیل می‌شوند.
- ✓ چنین پلیمرهایی **دوستدار** محیط زیست بوده و به **پلیمرهای سبز** معروف هستند.
- ✓ این پلیمرها 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 **نشاستهٔ** موجود در این مواد را به **لاکتیک‌اسید** 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**، **کیسهٔ 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 برجای می‌گذارند.
- ✓ **شیر ترش** شده دارای **لاکتیک اسید** است و فرمول آن  است.

تمرین‌های دوره‌ای : **صفحه ۱۲۰ و ۱۲۱ کتاب درسی**

۱) در هر یک از موارد زیر ساختار پلیمر یا مونومر خواسته شده را مشخص کنید.

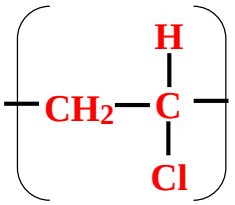
الف)

پلیمر است و مونومر آن پروپن است.



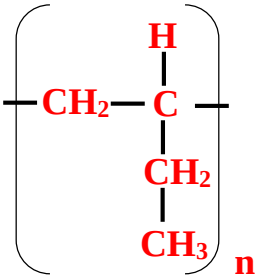
ب)

پلیمر است و مونومر آن کلرو اتن است.



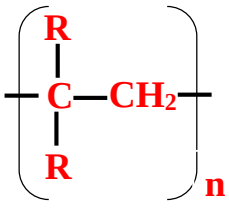
پ) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$

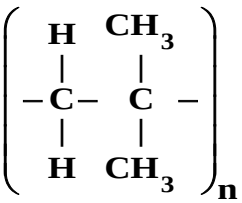
مونومر است و پلیمر آن به صورت مقابل است.



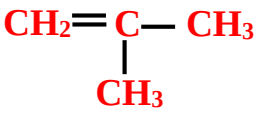
ت) $R_2C=CH_2$

مونومر است و پلیمر آن به صورت مقابل است.



ث) 

پلیمر است و مونومر آن متیل پروپن است.



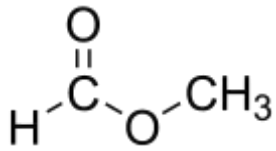
۲) در شرایط یکسان انحلال‌پذیری کدام کربوکسیلیک‌اسید در آب بیشتر است؟ چرا؟

۱) $CH_3\text{-}COOH$ ۲) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH$

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 ونیروهای واندروالسی بر پیوند هیدروژنی غلبه نموده و در آب که دارای پیوند هیدروژنی است حل نمی‌شود.

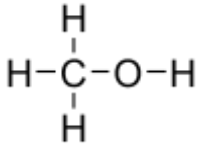
۳) برای استری با فرمول $C_2H_4O_2$:

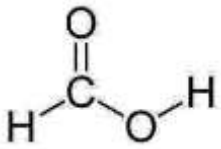
الف) ساختار آن را رسم کنید.



متیل متانوات

ب) ساختار الکل و اسید سازندهٔ آن را رسم کنید.

متانول 

متانوئیک اسید 

پ) نیروی بین مولکولی را مشخص کنید. **نیروهای بین مولکولی واندروالس از نوع دوقطبی – دوقطبی**

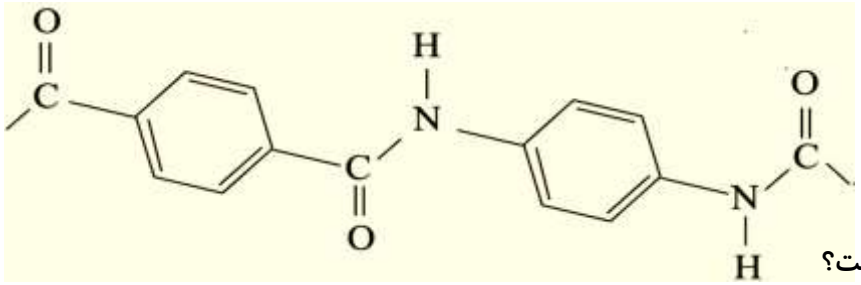
ت) جرم مولی را حساب کنید. $M = (2\times12) + (4\times1) + (2\times16) = 60\ g/mol$

ث) نقطه جوش آن را با بیان دلیل با اتانوئیک اسید مقایسه کنید.

اتانوئیک اسید و متیل‌متانوات 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 متیل متانوات : 31.8 °C **دمای جوش اتانوئیک اسید : 118.1 °C**

۴) بخشی از ساختار مولکول سازندهٔ یک پلیمر در شکل زیر ارائه شده است با توجه به آن :



الف) این پلیمر به کدام دسته از پلیمرها تعلق دارد؟

جزو دسته پلی‌آمیدهاست.

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

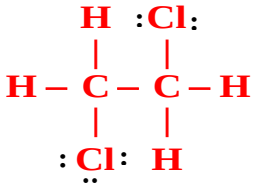
واحد سازنده آن دی‌آمین‌ها و دی‌اسیدهاست.

۵) با توجه به معادلهٔ واکنش زیر به پرسش‌های خواسته شده پاسخ دهید :

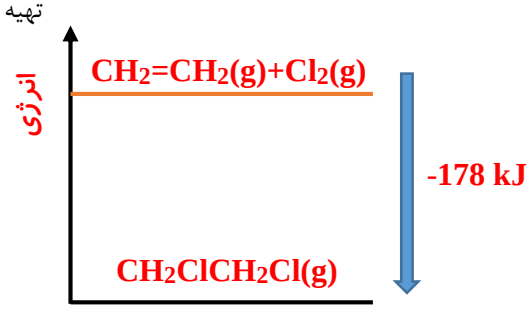
$$CH_2=CH_2(g)+Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_{3(s)}} CH_2ClCH_2Cl(g) \qquad \Delta H=-178\ kJ.mol^{-1}$$

۲،۱– دی کلرواتان

الف) ساختار لوویس فراورده (۱و۲– 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؟

$$Q = 42\,g\,C_2H_4 \times \frac{1\,mol\,C_2H_4}{28\,g\,C_2H_4} \times \frac{178\,kJ}{1\,mol\,C_2H_4} = 267\,kJ$$

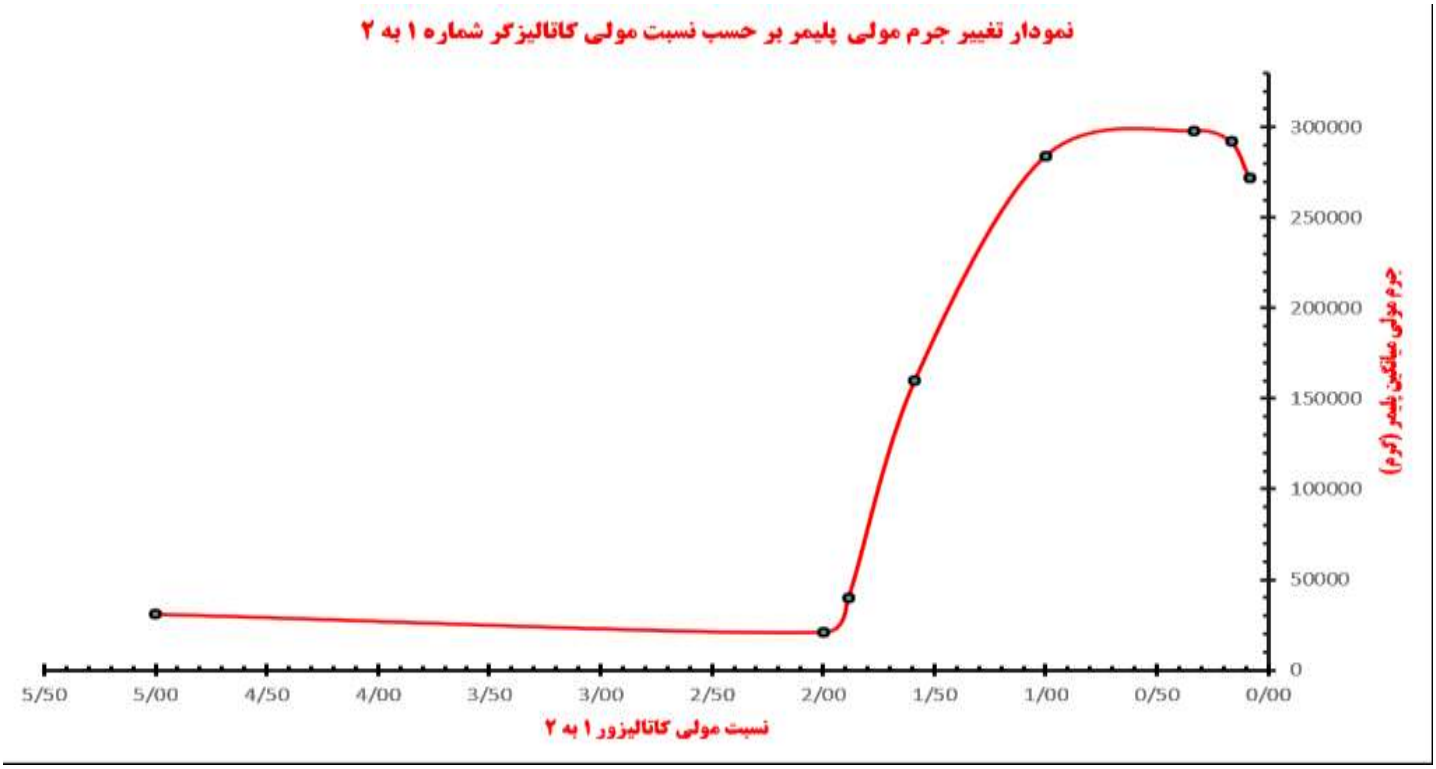
۶) واکنش پلیمری شدن اتن در شرایط گوناگونی به تولید پلی‌اتن‌هایی با جرم مولی میانگین متفاوت منجر می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که جرم مولی میانگین به مقدار کاتالیزگرهای واکنش بستگی دارد. در جدول زیر نتایج یک پژوهش تجربی در این مورد داده شده است.

شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی تیتانیم (شماره۱)	شمار مول‌های کاتالیزگر محتوی آلومینیم (شماره ۲)	جرم مولی میانگین پلیمر (گرم)	نسبت کاتالیزگر ۱ به ۲
۱	۱۲	۲۷۲۰۰۰	۰/۰۸
۱	۶	۲۹۲۰۰۰	۰/۱۷
۱	۳	۲۹۸۰۰۰	۰/۳۳
۱	۱	۲۸۴۰۰۰	۱
۱	۰/۶۳	۱۶۰۰۰۰	۱/۵۹
۱	۰/۵۳	۴۰۰۰۰	۱/۸۹
۱	۰/۵۰	۲۱۰۰۰	۲
۱	۰/۲۰	۳۱۰۰۰	۵

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 برحسب نسبت مولی کاتالیزگر شماره ۱ به ۲ رسم کنید.



پ) در نسبت مولی ۸ به ۱ از این کاتالیزگرها جرم مولی را پیش‌بینی کنید.

در محور ایکس نمودار $\frac{1}{8} = 0/125$ 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																	18
1 H 1.008	2					Meysam Ahmadvand Chemistry						13	14	15	16	17	2 He 4.03
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.80	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
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	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
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					Meysam_ Ahmadvand Chemistry						13	14	15	16	17	
Li^+ لیتیم														N^{3-} نیترید	O^{2-} اکسید	F^- فلوئورید	
Na^+ سدیم	Mg^{2+} منیزیم	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al^{3+} آلومینیم	Sn^{2+} قلع(II)	P^{3-} فسفید	S^{2-} سولفید	Cl^- کلرید	
K^+ پتاسیم	Ca^{2+} کلسیم	Sc^{3+} اسکاندیم	Ti^{2+} تیتانیم(II)	V^{2+} وانادیم(II)	Cr^{2+} کروم(II)	Mn^{2+} منگنز(II)	Fe^{2+} آهن (II)	Co^{2+} کبالت (II)	Ni^{2+} نیکل (II)	Cu^+ مس (I)	Zn^{2+} روی	Ga^{3+} گالیم	Sn^{4+} قلع(IV)	As^{3-} آرسنید	Se^{2-} سلنید	Br^- برمید	
Rb^+ روبیدیم	Sr^{2+} استرانسیم		Ti^{4+} تیتانیم(IV)	V^{3+} وانادیم(III)	Cr^{3+} کروم (III)	Mn^{3+} منگنز(III)	Fe^{3+} آهن(III)	Co^{3+} کبالت (III)	Ni^{3+} نیکل (III)	Cu^{2+} مس (II)	Cd^{2+} کادمیم		Pb^{2+} سرب(II)			I^- یدید	
Cs^+ سزیم	Ba^{2+} باریم									Ag^+ نقره	Hg^{2+} جیوه		Pb^{4+} سرب (IV)				

یون‌های چند اتمی مهم که باید آن ها را حفظ باشیم.

فسفات	PO_4^{3-}	کلرات	ClO_3^-	نیترات	NO_3^-	هیدروژن فسفات	HPO_4^{2-}
سیانید	CN^-	یون آمونیوم	NH_4^+	نیتریت	NO_2^-	دی هیدروژن فسفات	$H_2PO_4^-$
هیدروکسید	OH^-	کربنات	CO_3^{2-}	سیلیکات	SiO_4^{4-}	هیدروژن سولفات	HSO_4^-
سولفات	SO_4^{2-}	پراکسید	O_2^{2-}	پرمنگنات	MnO_4^-	هیدروژن کربنات	HCO_3^-
اگزالات	$C_2O_4^{2-}$	استات (اتانوات)	$CH_3CO_2^-$	فرمات(متانوات)	HCO_2^-	بنزوات	$C_6H_5CO_2^-$