

جزوه جمع بندی

شیمی ۲

تهیه و تنظیم:

مهندس میرقائم



فصل اول

جدول تناوبی و طبقه بندی عناصرها

همانطور که از شیمی سال دهم به یاد داریم اگر عناصرها را به ترتیب افزایش بنیادی ترین ویژگی آن ها یعنی عدد اتمی (Z) از $Z=1$ تا $Z=118$ در ۷ ردیف و ۱۸ ستون مرتب کنیم، جدول دوره ای (تناوبی) امروزی بدست می آید به طوریکه با پیمایش هر ردیف از چپ به راست، خواص عناصرها به طور مشابه تکرار می شود؛ از این رو چنین جدولی را جدول دوره ای (تناوبی) عناصرها نامیده اند. در جدول تناوبی امروزی، هر ردیف افقی، که نشان دهندهٔ چیدمان عناصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد و هر ستون، که شامل عناصرها با خواص شیمیایی مشابه (یعنی عنصرهایی که شمار الکترون های بیرونی ترین لایهٔ الکترونی اتم آنها با هم برابر باشد) است، گروه نامیده می شود. شکل زیر نمای کلی از جدول تناوبی امروزی است که در سال گذشته با آن آشنا شدیم:

جدول تناوبی عناصر با مشخصات:

- عدد اتمی: Z
- نماد شیمیایی: X
- نام: نام عنصر
- جرم اتمی میانگین: A_r

نکات مربوط به جدول تناوبی:

۱. در تناوب اول تنها دو عنصر هیدروژن و هلیوم حضور دارند.
۲. تناوب دوم و سوم هر کدام دارای ۸ عنصر است.
۳. تناوب چهارم و پنجم هر کدام دارای ۱۸ عنصر است.
۴. تناوب ششم و هفتم هر کدام دارای ۳۲ عنصر است.
۵. عناصرهای ۵۷ تا ۷۱ با نام لانتانیدها و ۸۹ تا ۱۰۳ با نام اکتینیدها در گروه ۳ و به ترتیب در تناوب های ۶ و ۷ قرار دارند.
۶. به عناصر گروه اول و دوم به ترتیب فلزات قلیایی و قلیایی خاکی، گروه سوم تا دوازدهم فلزات واسطه، گروه هفدهم هالوژن ها (نمک سازها) و گروه هجدهم گازهای نجیب (بی اثر) گفته می شود.



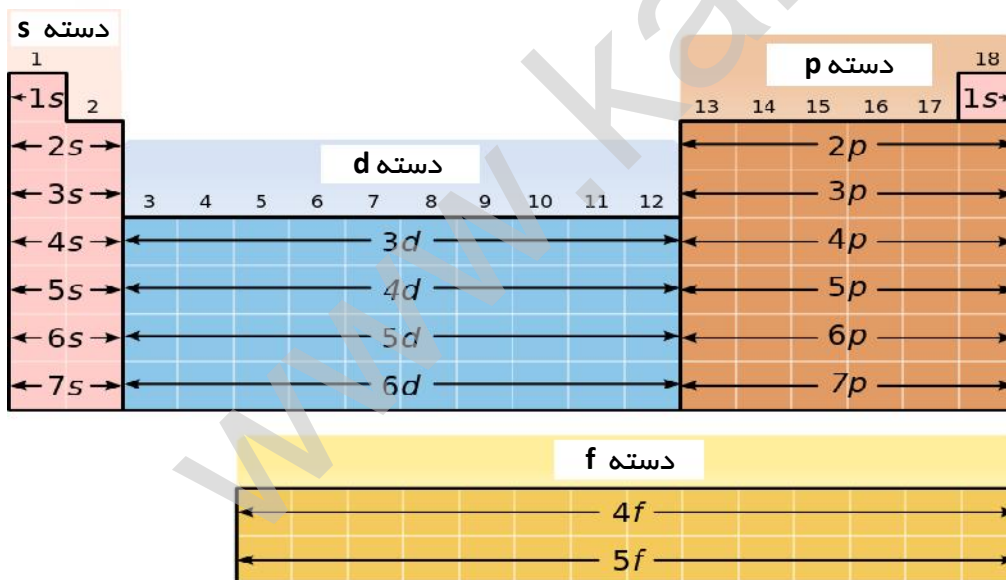
با توجه به آموخته های قبلی، تعیین موقعیت (دوره و گروه) یک عنصر در جدول تناوبی، کمک شایانی به پیش بینی خواص و رفتار آن خواهد کرد، بنابراین برای تعیین تناوب و گروه یک عنصر لازم است گازهای نجیب به همراه عدد اتمی هر کدام از آن ها را به ترتیب از بالا به پایین به خاطر بسپاریم. بدین ترتیب که برای تعیین گروه هر عنصر کافی است عدد اتمی مربوط به گاز نجیب قبل از آن را از عدد اتمی آن عنصر کم کنیم تا شماره گروه آن عنصر بدست آید. همچنین برای تعیین تناوب هر عنصر می بایست یک واحد به تناوب گاز نجیب قبل از آن عنصر اضافه کنیم. به عنوان مثال عنصر نقره Ag_{47} با عدد اتمی ۴۷ را در نظر بگیرید. با توجه به عدد اتمی نقره، گاز نجیب قبل از آن کریپتون Kr_{36} با عدد اتمی ۳۶ می باشد، بنابراین شماره گروه نقره Ag_{47} برابر $47 - 36 = 11$ است. همچنین کریپتون در تناوب چهارم جدول تناوبی قرار دارد بنابراین عنصر نقره Ag_{47} با عدد اتمی ۴۷ در تناوب ۵ می بایست قرار داشته باشد. به عبارت دیگر عنصر نقره Ag_{47} در تناوب ۵ و گروه ۱۱ قرار دارد.

نکته: برای تناوب های ۲ و ۳، گروه ۳ تا ۱۲ را در نظر نمی گیریم و همانطور که در جدول تناوبی هم مشاهده می کنید، در این دو تناوب بعد از گروه ۲، بلافاصله گروه ۱۳ را خواهیم داشت.

نکته: طولانی ترین گروه، گروه ۳ با تعداد ۳۲ عنصر و طولانی ترین تناوب، تناوب های ۶ و ۷ با تعداد ۳۲ عنصر می باشند.

نکته: در جدول تناوبی امروزی خواص فیزیکی و شیمیایی عناصرها به صورت دوره ای تکرار می شود که این روند به قانون دوره ای عناصرها معروف است.

نکته: عنصرهای جدول تناوبی را می توان بر حسب زیر لایه ای که در آرایش الکترونی آن ها در حال پر شدن است، در ۴ دسته s, p, d, f صورت زیر مرتب نمود:



نکته: ۱۴ عنصر اول دسته لانتانیدها و اکتینیدها در دسته f جدول تناوبی جای دارند در صورتی که عناصر لوتسیم (Lu_{71}) و لورنسیم (Lr_{103}) که آخرین عضو این گروه ها می باشند، در دسته d جدول تناوبی قرار دارند.

نکته: از مجموع ۱۱۸ عنصر موجود در جدول تناوبی امروزی، ۱۴ عنصر مربوط به دسته s، ۴۰ عنصر مربوط به دسته d، ۳۶ عنصر مربوط به دسته p و ۲۸ عنصر مربوط به دسته f می باشد.



جدول تناوبی شارل ژانت

همان طور که می دانید جدول تناوبی امروزی بر اساس تلاش ها و فعالیت های مندلیف (شیمیدان روسی) و همین طور فعالیت های هنری موزلی شکل گرفته است. مندلیف عناصر جدول تناوبی زمان خود را بر اساس جرم اتمی مرتب کرد اما با این روش چند مشکل در جدول پیشنهادی او ایجاد شد که بعد ها موزلی با مرتب کردن عناصر جدول تناوبی بر اساس عدد اتمی توانست تمامی نارسایی های جدول تناوبی مندلیف را توجیه کند و بر اساس آن جدول تناوبی امروزی شکل گرفت. از سوی دیگر در سال های اخیر عناصری با عدد اتمی ۱۲۰ و ۱۲۱ در آزمایشگاه های تحقیقاتی، به صورت مصنوعی ساخته شده اند که نمی توان آن ها را در جدول تناوبی متداول امروزی قرار داد.

شارل ژانت شیمیدان فرانسوی در سال ۱۹۲۷ با کنار هم چیدن عنصرهای شناخته شده در زمان خود، الگویی ارائه کرد که بر اساس آن می توان عنصرهایی با عدد اتمی بزرگ تر از ۱۱۸ را نیز طبقه بندی کرد. در جدول پیشنهادی او که با مدل کوانتومی نیز همخوانی دارد، در دو ردیف جدید، زیرلایه g به عنوان زیرلایه پنجم پس از زیرلایه های s, p, d, f پر می شود.

همان طور که در شکل صفحه بعد مشاهده می کنیم در جدول تناوبی شارل ژانت عناصر دسته s در سمت راست و زیر هم و به همین ترتیب عناصر دسته p در ستون های ۳ تا ۹ جدول قرار می گیرند و به همین ترتیب بر اساس آرایش الکترونی عناصری با عدد های اتمی بیشتر از ۱۱۸ (تا عدد اتمی ۱۷۰) را می توان در جدول تناوبی شارل ژانت قرار داد. در الگوی جدول تناوبی شارل ژانت با پر شدن زیر لایه s ، هر دوره تمام می شود و به همین ترتیب با یک الگوی منظم از هر دو دوره یک زیرلایه اضافه می شود به طوری که در دوره هفتم زیرلایه f و در دوره نهم زیر لایه g را می توان پیش بینی کرد.

نکته: همانطور که در جدول زیر مشاهده می کنید، چیدمان این جدول بر اساس دوره نیست بلکه بر اساس نوع زیر لایه هاست.

نکته: جدول تناوبی شارل ژانت دارای نه دوره (ردیف) و ۵۰ ستون است.

نکته: در جدول تناوبی شارل ژانت بعد از پر شدن زیرلایه $8s$ ، الکترون ها در زیرلایه $5g$ قرار می گیرند. به عبارت دیگر زیرلایه g با عدد کوانتومی فرعی $(l=4)$ و حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون، از لایه پنجم شروع به پر شدن می کند.

نکته: در جدول تناوبی مندلیف عناصر دسته s در سمت چپ جدول قرار می گیرند در صورتی که در جدول شارل ژانت عناصر دسته s در سمت راست جدول قرار گرفته اند، به عبارت دیگر در جدول مندلیف، هر دوره با عناصر دسته s شروع و با عناصر دسته p پایان می یابد. درحالیکه در جدول شارل ژانت هر دوره به عناصر دسته s ختم می شود.

نکته: در جدول تناوبی شارل ژانت، دو دوره (ردیف) اول شامل عناصر دسته s می باشد در صورتی که در جدول تناوبی مندلیف فقط دوره اول شامل این دسته از عناصر است.

نکته: در هر دو جدول تناوبی، عناصر بر اساس افزایش عدد اتمی مرتب شده اند و نحوه پر شدن زیرلایه ها با قاعده آفبا همخوانی دارد.

نکته: در جدول تناوبی شارل ژانت، همانند جدول تناوبی مندلیف روند تناوبی مشخصی از فلزات به سمت نا فلزات وجود ندارد. همچنین در این جدول هلیم به عنوان یک گاز نجیب در جای خود (گروه گازهای نجیب) قرار ندارد.



نکته: عناصر ۱۱۹ و ۱۲۰ در انتهای دوره ۸ در جدول تناوبی شارل ژانت قرار گرفته اند که زیر لایه ۸S در آن ها در حال پر شدن است.

نکته: عنصر ۱۲۱، اولین عصر دوره ۹ جدول تناوبی شارل ژانت می باشد که زیر لایه ۵G در آن در حال پر شدن است.

نکته: در جدول تناوبی امروزی، نوع زیر لایه هایی که در هر تناوب از جدول در حال پر شدن می باشند از رابطه آفبا به شکل $ns(n-2)f(n-1)dnp$ پیروی می کند، در صورتی که در جدول تناوبی شارل ژانت نوع زیر لایه هایی که در هر تناوب از جدول در حال پر شدن می باشند از رابطه آفبا به شکل $ns(n-1)d(n-2)f(n-3)g(n-4)$ پیروی می کند.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|--------|----|
| ۱ ردیف | H ۱.۰۰۷۹۴ | He ۴.۰۰۲۶۰ | | | | | | | | | | | | | | | | | He ۴.۰۰۲۶۰ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲ ردیف | Li ۶.۹۴۱ | Be ۹.۰۰۷۸۰ | Na ۲۲.۹۹۰ | Ne ۲۰.۱۷۹ | Mg ۲۴.۳۰۴ | Ar ۳۹.۹۴۸ | K ۳۹.۰۹۸ | Ca ۴۰.۰۷۸ | | | | | | | | | Rb ۸۵.۴۶۸ | Sr ۸۷.۶۲ | Ba ۱۳۷.۳۲ | Ra ۲۲۶.۰۲۵ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۳ ردیف | B ۱۰.۸۱۱ | C ۱۲.۰۱۱ | N ۱۴.۰۰۷ | O ۱۶.۰۰۰ | F ۱۸.۹۹۸ | Si ۲۸.۰۸۶ | P ۳۰.۹۷۴ | S ۳۲.۰۶ | Cl ۳۵.۴۵۳ | Br ۷۹.۹۰۴ | Se ۷۸.۹۶ | As ۷۴.۹۲۱ | Ge ۷۲.۶۴۰ | Ga ۷۰.۹۲۳ | Zn ۶۵.۳۸ | Cu ۶۳.۵۴۶ | Ni ۵۸.۹۳۳ | Co ۵۸.۹۳۳ | Fe ۵۵.۸۴۵ | Mn ۵۴.۹۳۸ | Cr ۵۲.۰۰۴ | V ۵۰.۹۴۱ | Ti ۴۷.۸۸۷ | Sc ۴۴.۹۵۶ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۴ ردیف | Al ۲۶.۹۸۱ | Si ۲۸.۰۸۶ | P ۳۰.۹۷۴ | S ۳۲.۰۶ | Cl ۳۵.۴۵۳ | Ar ۳۹.۹۴۸ | K ۳۹.۰۹۸ | Ca ۴۰.۰۷۸ | Sc ۴۴.۹۵۶ | Ti ۴۷.۸۸۷ | V ۵۰.۹۴۱ | Cr ۵۲.۰۰۴ | Mn ۵۴.۹۳۸ | Fe ۵۵.۸۴۵ | Co ۵۸.۹۳۳ | Ni ۵۸.۹۳۳ | Cu ۶۳.۵۴۶ | Zn ۶۵.۳۸ | Ga ۷۰.۹۲۳ | Ge ۷۲.۶۴۰ | As ۷۴.۹۲۱ | Se ۷۸.۹۶ | Br ۷۹.۹۰۴ | Kr ۷۹.۹۰۴ | Rb ۸۵.۴۶۸ | Sr ۸۷.۶۲ | Y ۸۸.۹۰۶ | Zr ۹۱.۲۲۴ | Nb ۹۲.۹۰۶ | Mo ۹۵.۹۴ | Tc ۹۸.۹۰۶ | Ru ۱۰۱.۰۷ | Rh ۱۰۱.۰۷ | Pd ۱۰۶.۹۰۶ | Au ۱۹۷.۰۰۳ | Hg ۲۰۰.۵۹ | Tl ۲۰۴.۳۸ | Pb ۲۰۷.۲ | Bi ۲۰۸.۹۸ | Po ۲۰۹ | At ۲۱۰ | Rn ۲۲۲ | | | | | | | | |
| ۵ ردیف | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ | ۴۸ | ۴۹ | ۵۰ |
| ۶ ردیف | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ | ۴۸ | ۴۹ | ۵۰ |
| ۷ ردیف | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ | ۴۸ | ۴۹ | ۵۰ |
| ۸ ردیف | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ | ۴۸ | ۴۹ | ۵۰ |
| ۹ ردیف | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ | ۴۸ | ۴۹ | ۵۰ |
| دسته s | دسته p | | | | | | | | | | | | | | | | دسته d | | | | | | | | | | | | | | | | دسته f | | | | | | | | | | | | | | | | دسته g | |



فواص فلزی، نافلزی و شبه فلزی عنصرهای جدول تناوبی

عنصرهای جدول تناوبی را بر اساس رفتار آنها می توان در سه دسته شامل فلز، نافلز و شبه فلز جای داد:

• فلزات

دسته ای از عناصر جدول تناوبی می باشند که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی زیر هستند:

۱. سطحی صیقلی و براق (خاصیت درخشندگی)
 ۲. رسانایی خوب گرما و الکتریسیته
 ۳. خاصیت چکش خواری
 ۴. خاصیت شکل پذیری (قابلیت ورقه و مفتول شدن)
 ۵. از دست دادن الکترون به هنگام واکنش با دیگر اتم ها
- نکته:** بیش از نیمی از عناصر جدول تناوبی را فلزات تشکیل می دهند که حالت فیزیکی همه آن ها در دمای محیط به شکل جامد است به غیر از جیوه (Hg) که در محیط به شکل مایع یافت می شود.

نکته: عنصرهای دسته d و f همگی فلز می باشند.

نکته: از ۱۴ عنصر دسته s، ۱۲ تای آن ها دارای خاصیت فلزی هستند.

نکته: رفتار شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آن ها به از دست دادن الکترون وابسته است، بطوریکه هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان تر الکترون از دست بدهد، خصلت فلزی بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است.

• نافلزات

دسته ای از عناصر جدول تناوبی می باشند که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی زیر هستند:

۱. سطحی تیره و کدر (فاقد جلا)
 ۲. عموماً نارسانا و یا رسانایی بسیار ضعیف گرما و الکتریسیته
 ۳. فاقد خاصیت چکش خواری (شکننده بودن در برابر ضربه)
 ۴. فاقد خاصیت شکل پذیری
 ۵. گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون به هنگام واکنش با دیگر اتم ها
- نکته:** اکثر نافلزات در جدول تناوبی به حالت گازی شکل می باشند، بعنوان مثال هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، کلر (Cl)، گازهای نجیب و

نکته: کربن (C)، گوگرد (S)، فسفر (P) و ید (I) از جمله نافلزات جامد در جدول تناوبی هستند.

نکته: کربن (C) تنها نافلزی در جدول تناوبی است که دارای خاصیت رسانایی الکتریکی است در صورتی که رسانای گرما نیست.

نکته: برم (Br) تنها نافلز مایع در جدول تناوبی می باشد که در گروه ۱۷ (هالوژن ها) قرار دارد.

نکته: اکثر نافلزات مربوط به دسته p جدول تناوبی می باشند و تنها دو عنصر نافلزی هیدروژن و هلیم مربوط به دسته s هستند.

نکته: نافلزها در واکنش های شیمیایی برخلاف فلزها تمایل دارند با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل شوند. به عبارت دیگر رفتار شیمیایی نافلزها به میزان توانایی اتم آن ها به گرفتن الکترون وابسته است، بطوریکه هر چه اتم نافلزی در شرایط معین آسان تر الکترون بگیرد، خصلت نافلزی بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است.



• شبه فلزات

دسته ای از عناصر جدول تناوبی می باشند که دارای خواصی ما بین خواص فلزات و نافلزات هستند. به عبارت دیگر خواص فیزیکی شبه فلزها بیشتر به فلزها شبیه بوده در حالی که رفتار شیمیایی آنها همانند نافلزها است. در جدول تناوبی ۸ شبه فلز (بور، سیلیسیم، ژرمانیم، آرسنیک، آنتیموان، تلوریم، پلونیوم و استاتین) وجود دارد که تنها دوتای آن ها در متن کتاب درسی معرفی شده است:

۱. سیلیسیم (Si) :

- سطح براق و درخشانی دارد.
- رسانایی الکتریکی کمی دارد.
- رسانایی گرمایی خوبی دارد.
- شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.
- در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد.

۲. ژرمانیم (Ge) :

- سطح براق و درخشانی دارد.
- رسانایی الکتریکی کمی دارد.
- رسانایی گرمایی خوبی دارد.
- شکننده است و در اثر ضربه خرد می شود.
- در واکنش با دیگر اتم ها الکترون به اشتراک می گذارد.

نکته: تمامی شبه فلزات در جدول تناوبی به حالت جامد شکل می باشند.

نکته: تمامی شبه فلزات مربوط به دسته p جدول تناوبی می باشند.

نکته: فلزها به طور عمده در سمت چپ و مرکز جدول قرار دارند. اما نافلزها در سمت راست و بالای جدول چیده شده اند. شبه فلزها همانند مرزی بین فلزها و نافلزها قرار دارند.

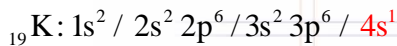
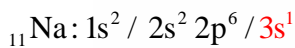
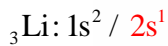


شعاع اتمی و بررسی روند تناوبی فواصل عنصرها در جدول

روندهای تناوبی در جدول بر اساس کمیت های وابسته به اتم قابل توضیح است. یکی از این کمیت ها، شعاع اتمی است. مطابق مدل کوانتومی، می توان اتم را مانند کره ای در نظر گرفت که الکترون ها پیرامون هسته و در لایه های الکترونی در حال حرکت اند. در واقع شعاع اتمی را می توان فاصله مرکز یک اتم (هسته اتم) تا آخرین لایه الکترونی (لایه ظرفیت) از آن فرض کرد. بدیهی است که شعاع اتم های مختلف، یکسان نیست.

• بررسی شعاع اتمی در یک گروه از جدول تناوبی

به طور کلی شعاع اتمی در یک گروه از بالا به پایین افزایش می یابد. بعنوان مثال سه عنصر اول فلزات قلیایی از گروه اول جدول تناوبی را در نظر بگیرید:

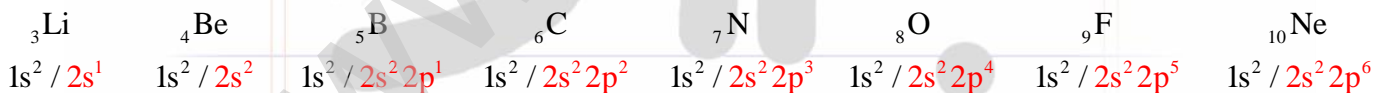


با توجه به آرایش الکترونی گسترده برای هر عنصر خواهیم داشت:

در نتیجه می توان گفت که شعاع اتمی در یک گروه از بالا به پایین افزایش می یابد.

• بررسی شعاع اتمی در یک تناوب از جدول تناوبی

به طور کلی شعاع اتمی در یک تناوب از چپ به راست کاهش می یابد. بعنوان مثال هشت عنصر دوره دوم جدول تناوبی را در نظر بگیرید:



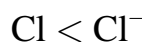
با توجه به آرایش الکترونی گسترده برای هر عنصر خواهیم داشت:

در نتیجه می توان گفت که شعاع اتمی در یک تناوب از چپ به راست کاهش می یابد.

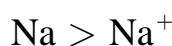
• شعاع یونی

به فاصله مرکز یک یون تا آخرین لایه الکترونی از آن شعاع یونی گفته می شود:

شعاع یون منفی < شعاع اتم خنثی همان یون



شعاع یون مثبت > شعاع اتم خنثی همان یون



مقایسه شعاع یون ها:



• بررسی فصلت فلزی و نافلزی عناصرها در جدول تناوبی

به طور کلی رفتار شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آنها به از دست دادن الکترون و رفتار شیمیایی نافلزها به میزان توانایی اتم آنها به گرفتن الکترون وابسته است. به عبارت دیگر، هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان تر الکترون از دست بدهد، خصلت فلزی بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است. از سوی دیگر هر چه اتم نافلزی در شرایط معین آسان تر الکترون بگیرد، خصلت نافلزی بیشتری دارد و فعالیت شیمیایی آن بیشتر است.

بنابراین می توان نتیجه گرفت:

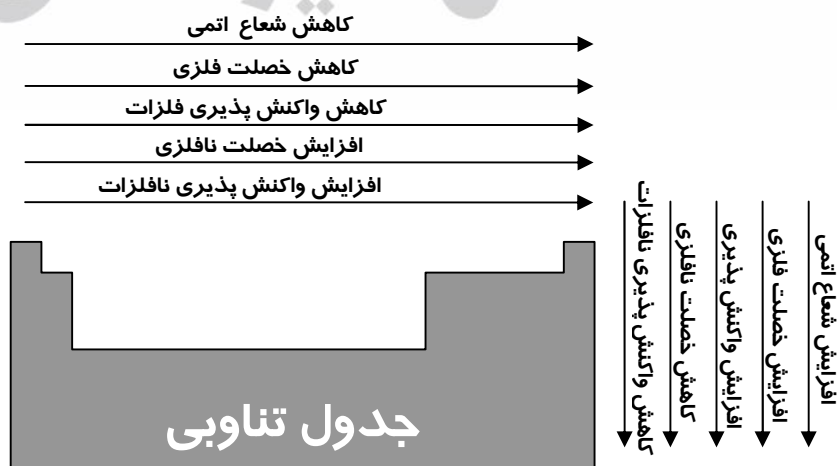
۱. در یک گروه (از بالا به پایین) خصلت فلزی و یا واکنش پذیری برای فلزات **افزایش** می یابد.
۲. در یک دوره (از چپ به راست) خصلت فلزی و یا واکنش پذیری برای فلزات **کاهش** می یابد.
۳. در یک گروه (از بالا به پایین) خصلت نافلزی و یا واکنش پذیری برای نافلزات **کاهش** می یابد.
۴. در یک دوره (از چپ به راست) خصلت نافلزی و یا واکنش پذیری برای نافلزات **افزایش** می یابد.

بعنوان مثال واکنش پذیری فلزات قلیایی با گاز کلر (در شرایط یکسان) از بالا به پایین افزایش می یابد چرا که نور و گرمای آزاد شده از ظرف واکنش خیره کننده تر و بیشتر است. به همین ترتیب واکنش پذیری هالوژن ها با گاز هیدروژن از بالا به پایین کاهش می یابد به طوری که **فلوئور** حتی در دمای 200°C - به سرعت واکنش می دهد در صورتی که گاز کلر در دمای اتاق به آرامی وارد واکنش می شود.

| شرایط واکنش با گاز هیدروژن | نام هالوژن |
|---|------------|
| حتی در دمای 200°C - به سرعت واکنش می دهد. | فلوئور |
| در دمای اتاق به آرامی واکنش می دهد. | کلر |
| در دمای 200°C واکنش می دهد. | برم |
| در دمای بالاتر از 400°C واکنش می دهد. | ید |

نکته: تولید 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.

نکته: به طور کلی مطالب گفته شده تا الان را می توان بصورت زیر جمع بندی کرد:





آرایش الکترونی در اتم

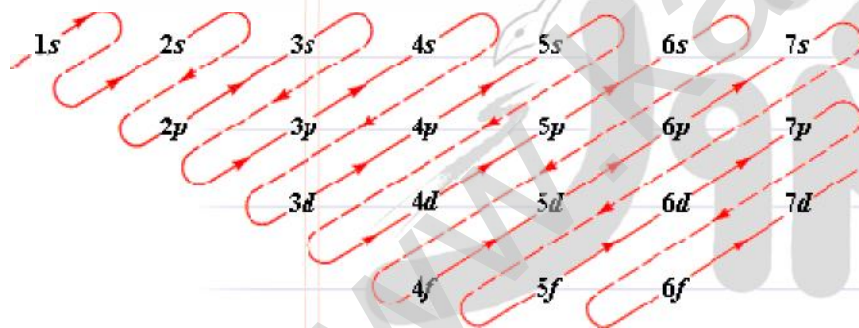
در مدل کوانتومی، اتم را به صورت کره ای در نظر می گیرند که هسته در فضای بسیار کوچک و در مرکز آن جای دارد و الکترون ها در فضایی بسیار بزرگ تر و در لایه هایی پیرامون هسته پیوسته در حال گردش به دور هسته می باشند. در این مدل شماره هر لایه را با عدد کوانتومی اصلی (n) نمایش می دهند. هر لایه از یک یا چند زیر لایه تشکیل شده است که هر کدام دارای ظرفیت گنجایش الکترون ویژه ای است. به هر نوع زیر لایه یک عدد کوانتومی نسبت می دهند که با نماد (l) نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی نامیده می شود. مقادیر معین و مجاز برای این عدد به صورت زیر است:

۱. زیر لایه نوع s با عدد کوانتومی $l=0$: شامل حداکثر ۲ الکترون
۲. زیر لایه نوع p با عدد کوانتومی $l=1$: شامل حداکثر ۶ الکترون
۳. زیر لایه نوع d با عدد کوانتومی $l=2$: شامل حداکثر ۱۰ الکترون
۴. زیر لایه نوع f با عدد کوانتومی $l=3$: شامل حداکثر ۱۴ الکترون

پر شدن الکترون ها در لایه ها و زیر لایه ها از یک قاعده کلی به نام قاعده آفبا پیروی می کند که مطابق این قاعده، هنگام افزودن الکترون به یک اتم، نخست زیر لایه های نزدیکتر به هسته پر می شوند. به عبارت دیگر الکترون ها تمایل دارند زیر لایه ای را زودتر پر کنند که دارای سطح انرژی کمتری (پایدار) باشد.

نکته: طبق قاعده آفبا، سطح انرژی نسبی زیر لایه ها از جمع عدد های کوانتومی اصلی و فرعی ($n+l$) بدست می آید. اگر مقدار $n+l$

برای دو یا چند زیر لایه یکسان باشد، زیر لایه با n بزرگ تر، انرژی بیشتری دارد و دیرتر از الکترون پر می شود.



بنابراین ترتیب پر شدن زیر لایه ها به صورت زیر می باشد:

$1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, \dots$ ⇒ ترتیب پر شدن

رسم آرایش الکترونی فشرده

هرگاه بخواهیم آرایش الکترونی فشرده اتم یک عنصر بدون در دست داشتن آرایش الکترونی گسترده آن اتم، در زمانی کوتاه بنویسیم می توانیم از رابطه زیر (رابطه آفبا) استفاده کنیم:

$${}_Z X: [X] ns (n-2)f (n-1)d np$$

[نماد شیمیایی گاز نجیب قبل از عنصر X]

بدین ترتیب که ابتدا لازم است گازهای نجیب ۵ تناوب اول را به ترتیب به همراه عدد اتمی هر کدام حفظ کنیم. سپس با توجه به عدد اتمی عنصر X و مقایسه آن با عدد اتمی گازهای نجیب، می توانیم گاز نجیب قبل از آن را حدس زده و در داخل کروشه، نماد شیمیایی آن را بنویسیم. در ادامه لازم است که به شماره تناوب گاز نجیب مربوطه یک واحد اضافه کنیم و آن عدد را در فرمول مورد نظر به جای n قرار دهیم، بنابراین زیر لایه هایی که باید از الکترون پر شوند را به ترتیب پر شدنشان به دست می آوریم. در نهایت با تفاضل عدد اتمی گاز نجیب



مربوطه و عدد اتمی عنصر X ، تعداد الکترون هایی را که باید وضعیت آرایششان مشخص شود را بدست آورده و طبق ترتیب پرشدن زیر لایه ها، آن ها را در زیر لایه ها می نویسیم تا آرایش الکترونی تکمیل شود. در انتها یادمان نرود که حتما آرایش الکترونی مرتب کنیم.

حل یک مثال: آرایش الکترونی فشرده اتم عناصر ${}_{52}\text{Te}$ را رسم کنید.

پاسخ: طبق نکته گفته شده ابتدا رابطه آفبا را می نویسیم:

$${}_{52}\text{Te}: [\text{Te} \text{ عنصر قبل از نجیب}] ns \quad (n-2)f \quad (n-1)d \quad np$$

با توجه به عدد اتمی ${}_{52}\text{Te}$ می توانیم مطمئن شویم که عنصر گاز نجیب قبل از آن ${}_{36}\text{Kr}$ با شماره تناوب ۴ است. بنابراین نماد شیمیایی این گاز نجیب را در داخل کروشه می نویسیم:

$${}_{52}\text{Te}: [\quad] ns \quad (n-2)f \quad (n-1)d \quad np$$

سپس یک واحد به شماره تناوب ${}_{36}\text{Kr}$ اضافه می کنیم ($4+1=5$) و در فرمول مورد نظر به جای n قرار می دهیم، بنابراین خواهیم داشت:

$${}_{52}\text{Te}: [{}_{36}\text{Kr}] \quad s \quad f \quad d \quad p$$

بنابراین تمامی زیر لایه ها لازم با ترتیب پر شدن بدست می آید. با توجه به این نکته که زیر لایه f از لایه چهارم به بعد وجود دارد، می توانیم نتیجه بگیریم که زیر لایه $3f$ نداریم و آن را حذف می کنیم:

$${}_{52}\text{Te}: [{}_{36}\text{Kr}] 5s \quad 4d \quad 5p$$

با توجه به اختلاف عدد اتمی عنصر ${}_{52}\text{Te}$ و ${}_{36}\text{Kr}$ که برابر $52 - 36 = 16$ است، می توانیم زیر لایه ها را با توجه به گنجایش آن ها با ۱۶ الکترون پر کنیم، بنابراین خواهیم داشت:

$${}_{52}\text{Te}: [{}_{36}\text{Kr}] 5s^{\square} \quad 4d^{\square} \quad 5p^{\square}$$

در انتها لازم است که زیر لایه های پر شده را بر اساس عدد کوانتومی اصلی (n) مرتب کنیم:

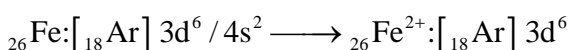
$${}_{52}\text{Te}: [{}_{36}\text{Kr}] 4d^{10} / 5s^2 \quad 5p^4$$

نکته: هرگاه در رسم آرایش الکترونی یک اتم به آرایش الکترونی $d^9 s^2$ و $d^4 s^2$ برخوردیم، این آرایش ها به ترتیب تبدیل به $d^5 s^1$ و $d^{10} s^1$ می شوند (بدلیل پایداری زیر لایه ها). این نکته در مورد عنصر ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{29}\text{Cu}$ مطرح می شود. بنابراین آرایش الکترونی این ۲ عنصر به صورت زیر می باشد:

$${}_{24}\text{Cr}: [\quad]$$

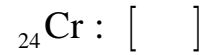
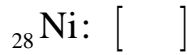
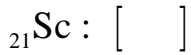
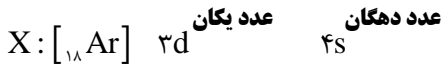
$${}_{29}\text{Cu}: [\quad]$$

نکته: برای رسم آرایش الکترونی یک یون (مثبت یا منفی)، ابتدا لازم است آرایش الکترونی (گسترده یا فشرده) عنصر مورد نظر را در حالت خنثی رسم کنیم و پس از مرتب نمودن آن به تعداد بار مثبت از بیرونی ترین لایه آن، الکترون می گیریم و یا به تعداد بار منفی به بیرونی ترین لایه آن، الکترون اضافه کنیم. مثال:





نکته: رسم سریع آرایش الکترونی عناصر واسطه (از ۲۱ تا ۲۹):



سوال تشریحی: با توجه به عناصر دوره سوم جدول تناوب به سوالات خواسته شده پاسخ دهید.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|---|----|----|
| Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
|----|----|----|----|---|---|----|----|

آ) کدام اتم‌ها تمایل دارند ضمن شرکت در تشکیل ترکیبات یونی، به کاتیون تبدیل شوند؟ چرا؟

ب) کدام اتم‌ها تمایل دارند ضمن شرکت در تشکیل ترکیبات یونی، به آنیون تبدیل شوند؟ چرا؟

پ) کدام اتم‌ها در شرایط معمولی تمایلی به شرکت در واکنش‌های شیمیایی ندارند؟ چرا؟

ت) خصلت فلزی کدام عنصر بیشتر است؟ چرا؟

ث) کدام عنصر(ها) خواص شیمیایی مشابه نافلزات و خواص فیزیکی شبیه فلزات دارند؟

ج) کدام یک از عنصرهای Si و Na خاصیت چکش‌خواری بیشتری دارد؟ چرا؟

چ) از بین عناصر داده شده در این جدول، کدام عنصرها بیش‌ترین و کم‌ترین شعاع اتمی را دارند؟

سوال تشریحی: با توجه به داده های جدول زیر:

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| E^{2+} | D^{2-} | C^{3+} | B^{2+} | A^{2-} | یون |
| $2p^6$ | $2p^6$ | $3p^6$ | $3d^3$ | $3p^6$ | زیرلایه آخر |

آ) کدام عناصر از دسته d هستند؟

ب) کدام عناصر با یکدیگر هم‌دوره هستند؟

پ) کدام عناصر خواص فیزیکی و شیمیایی مشابهی دارند؟

ت) کدام عنصرها فلز و کدام نافلز هستند؟

ث) واکنش پذیری اتم‌های A و D را با یکدیگر مقایسه کنید.

ج) کدامیک از عناصر A و E شعاع اتمی کوچکتری دارد؟

چ) عدد اتمی عنصر B را بنویسید.

خ) کدام عناصر می‌تواند ترکیبات رنگی تولید کنند؟



استوکیومتری و روابط کمی در واکنش های شیمیایی

همانطور که می دانید اتم ها به طور باور نکردنی کوچک هستند به طوری که نمی توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آنها، تعداد دقیق آن ها را به دست آورد. با وجود این می توان از روی جرم مواد تعداد ذره های تشکیل دهنده آن را بدست آورد. استوکیومتری بخشی از شیمی است که با نسبت مقدار عنصرها در ترکیبها و نیز ارتباط کمی بین مواد شرکت کننده در واکنش های شیمیایی (واکنش دهنده ها و فرآورده ها) سر و کار دارد. به عبارت دیگر به روابط مقداری بین مواد موجود در یک واکنش شیمیایی، استوکیومتری می گویند.

قبل از بیان این روابط، لازم است مفاهیم اصلی در مسائل استوکیومتری را بررسی کنیم:

عدد آوو گادرو (N_A): عدد 6.022×10^{23} را «عدد آوو گادرو» می نامند.

مول (mole یا mol): به تعداد 6.022×10^{23} عدد از هر ذره (اتم، مولکول و یا یون)، یک مول از آن ذره می گویند.

نکته: مول در واقع یک واحد شمارش است. البته گاهی گفته می شود که «مول» واحد یا یکای کمیتی به نام «مقدار ماده» است.

جرم مولی (وزن مولی): برابر است با جرم یک مول از هر ذره (اتم، مولکول و یا یون)، ترجیحاً برای جرم مولی به جای واحد (g) از واحد ($\frac{g}{mol}$)

استفاده می کنیم. جرم مولی همه عناصر اندازه گیری و در جدول تناوبی گزارش شده است. به عنوان مثال:

$$(O) \quad \text{جرم مولی اکسیژن} = 16 \frac{g}{mol}$$

$$(C) \quad \text{جرم مولی کربن} = 12 \frac{g}{mol}$$

$$(H) \quad \text{جرم مولی هیدروژن} = 1 \frac{g}{mol}$$

نکته: جرم مولی یک مولکول یا یون چند اتمی نیز برابر با مجموع جرم های مولی اتم های تشکیل دهنده آن است، به عنوان مثال:

$$\left. \begin{array}{l} \text{جرم مولی } C = 12 \frac{g}{mol} \\ \text{جرم مولی } O = 16 \frac{g}{mol} \end{array} \right\} \rightarrow \text{جرم مولی } CO_2 = 1 \times (C) + 2 \times (O) = 1 \times (12 \frac{g}{mol}) + 2 \times (16 \frac{g}{mol}) = 44 \frac{g}{mol}$$

نکته: با توجه به مطالب اخیر می توان به این نکته پی برد که جرم اتمی عناصر و جرمی مولی آن ها از لحاظ عددی با هم برابر می باشند در صورتی که از لحاظ واحد با یکدیگر متفاوتند. عنوان مثال جرم اتمی عنصر کربن $^{12}_6C$ برابر با ۱۲ amu می باشد در صورتی که جرم مولی آن برابر $12 \frac{g}{mol}$ است.

شرایط استاندارد دما و فشار (STP): شرایط استاندارد دما و فشار، شرایطی است که در آن دما برابر با $0^\circ C$ ($273.15 K$) و فشار برابر با 1 atm (760 mmHg) باشد.

نکته: دمای $25^\circ C$ و فشار 1 atm را **شرایط آزمایشگاه (اتاق یا متعارفی)** می باشد.

حجم مولی: برابر است با حجم یک مول ماده ی گازی شکل، واحد آن معمولاً $\frac{Lit}{mol}$ یا $\frac{mlit}{mol}$ است.

نکته: حجم مولی همه ی گازها در شرایط ترمودینامیکی یکسان (دما و فشار یکسان) با هم برابر است. (قانون آووگادرو)

نکته: در شرایط (STP) حجم مولی همه ی گازها برابر با 22.4 Lit (22400 mlit) می باشد.



عامل (کسر) تبدیل: همانطور که توضیح داده شد استوکیومتری به محاسبات مربوط به مقادیر مواد در واکنش های شیمیایی می پردازد. محاسبات استوکیومتری با استفاده از کسرهای استوکیومتری (کسرهای تبدیل) صورت می گیرد. به طور کلی کسر های تبدیل به سه دسته کلی تقسیم می شوند که در اینجا به معرفی آن ها می پردازیم:

(۱) کسرهایی که صورت و مخرج آنها دقیقاً یک موضوع با بیان های مختلف است، مثال: $\frac{22.4 \text{ Lit H}_2}{1 \text{ mol H}_2}$ ، $\frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2}$ ، $\frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}}$ و $\frac{6.022 \times 10^{23} \text{ #O}_2}{1 \text{ mol O}_2}$ و ...

نکته: این کسرها برای تبدیل واحد به کار می روند و واحد مخرج را به واحد صورت تبدیل می کنند. از این رو این نوع کسرها را «کسر تبدیل واحد» می نامیم.

(۲) کسرهایی که صورت یا مخرج آنها شامل دیگری است، مثال: $\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}$ و $\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}}$ و ... نیز در واقع زیر مجموعه ای از این نوع کسرها می باشند. $\frac{10 \text{ e}^-}{1 \text{ }_{11}\text{Na}^+}$ یا $\frac{7 \text{ atom}}{1 \text{ H}_2\text{SO}_4}$ و ...

(۳) کسرهایی که صورت آنها در مورد یک ماده و مخرج آنها در مورد ماده ی دیگر صحبت می کند، مثال: $\frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}}$

نکته: این کسرها برای تبدیل ماده به کار می روند و محاسبات را از سمت ماده ی مخرج به سمت ماده ی صورت تغییر جهت می دهند. از این رو این کسرها را «کسر تبدیل ماده» می نامیم.

نکته: در نوشتن کسرهای تبدیل ماده لازم است که سه شرط زیر رعایت شوند:

- i. مواد صورت و مخرج مربوط به یک واکنش شیمیایی باشند.
- ii. اعداد صورت و مخرج همان ضرایب مواد مذکور در معادله ی موازنه شده باشند.
- iii. واحد های صورت و مخرج باید مول (mol) باشند.

با توجه به مطالب و نکات گفته شده، برای محاسبه تعداد ذرات تشکیل دهنده مواد مختلف و یا مقدار یک ماده بر حسب ماده دیگر در یک واکنش شیمیایی می توان از کسرهای تبدیل مناسب استفاده کرد. در واقع محاسبات مربوطه شامل نوشتن کسرهایی از انواع فوق به دنبال یکدیگر است. این کسرها می توانند به هر تعداد و از هر نوعی باشند و همگی در هم ضرب خواهند شد. در نوشتن کسرهای تبدیل می بایست به چند مورد توجه کنیم:

- i. صورت و مخرج همه کسرها می بایست دارای یک عدد، یک واحد و یک نماد شیمیایی مربوط به ذره مورد نظر (اتم، مولکول و...) باشد.
- ii. کسرها را از سمت مخرج به سمت صورت می نویسیم.

$$\frac{1000 \text{ g C}}{1 \text{ Kg C}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} \times \frac{6.022 \times 10^{23} \text{ atom C}}{1 \text{ mol C}}$$

iii. واحد و نماد شیمیایی مخرج هر کسر لزوماً باید مشابه واحد و نماد شیمیایی صورت کسر قبل باشد.

$$\frac{\boxed{\text{mol C}}}{\text{mol C}} \times \frac{\text{mol C}}{\boxed{\text{mol C}}}$$

iv. نوشتن کسرها را در هر زمان دلخواه می توان قطع کرد. در این صورت، عددی با واحد و نماد شیمیایی صورت کسر آخر به دست خواهد آمد.

$$\dots \times \frac{\boxed{\text{g C}}}{\text{g C}} = \dots \boxed{\text{g C}}$$



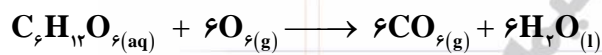
نکته: رابط بین تمام واحد ها، همان واحد مول می باشد. به این ترتیب که برای تبدیل یک واحد به واحد دیگر ابتدا باید آن را به واحد مول تبدیل کرده و سپس از واحد مول به واحد مورد نظر، کسر تبدیل مناسب نوشته شود.

✓ استوکیومتری واکنش

به طور کلی برای حل مسائل استوکیومتری در واکنش های شیمیایی می بایست ابتدا مقادیر داده شده برای ماده معلوم مسئله را به مقدار مول آن و سپس با استفاده از کسرهای تبدیل ماده و تبدیل واحد، مقدار جرمی و یا حجمی خواسته شده برای ماده مجهول مسئله را بدست آوریم. روند کلی برای حل مسائل استوکیومتری جرمی و حجمی در شکل (۱) نشان داده شده است.

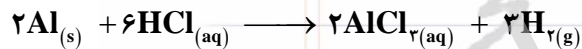
حل یک مثال: اگر در بدن انسان در دما و فشار ثابت، در هر شبانه روز ۳۳۶ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف شود، با توجه به

واکنش تنفس، در هر شبانه روز چند گرم گلوکز مصرف می گردد؟
 $(C_6H_{12}O_6 = 180 \text{ g/mol})$



حل یک مثال: برای تهیه ۰/۳۶ لیتر گاز هیدروژن با چگالی 0.089 g.L^{-1} طبق واکنش زیر، چند گرم پودر آلومینیم لازم است؟

$(Al = 27, H = 1: \text{g.mol}^{-1})$



درصد فلوص

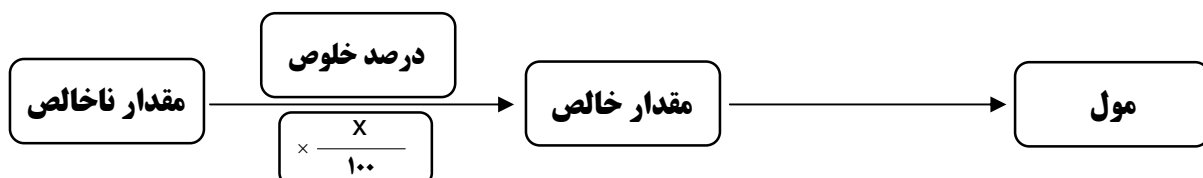
هنگام شرکت مواد ناخالص در واکنش های شیمیایی بایستی ابتدا مقدار خالص آنها را محاسبه نمود. درصد خلوص یک ماده در مخلوطی از مواد از رابطه زیر محاسبه می شود:

جرم ماده خالص

$$\text{درصد فلوص} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم کل مخلوط (ناخالص)}} \times 100$$

جرم کل مخلوط (ناخالص)

- **تیپ اول:** در این تیپ مسائل، مجهول مسئله به ازای مقدار ناخالص یک ماده دیگر پرسیده می شود، به عبارت دیگر معلوم مسئله به صورت ناخالص داده می شود که می توان مطابق شکل زیر به عنوان روش حل اینگونه مسائل استفاده کرد:





نکته: در محاسبات استوکیومتری برای محاسبه مقدار ماده خالص بایستی مقدار ناخالص را در درصد خلوص ماده ضرب نمود.

- **تیپ دوم:** در این تیپ مسائل، مجهول مسئله به صورت ناخالص پرسیده می شود که می توان مطابق شکل زیر به عنوان روش حل اینگونه مسائل استفاده کرد:



نکته: در محاسبات استوکیومتری برای محاسبه مقدار ماده ناخالص بایستی ابتدا مقدار خالص آن ماده را در عکس درصد خلوص ماده ضرب نمود.

بازده و واکنش های شیمیایی

بازده نظری: عبارت است از مقدار فرآورده مورد انتظار که از طریق محاسبات استوکیومتری به دست می آید.

بازده عملی: عبارت است از مقدار فرآورده ای که در عمل تولید می شود.

بازده درصدی واکنش: بازده درصدی یک واکنش در واقع نسبت بازده عملی و بازده نظری است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{بازده نظری مربوط به همان فرآورده}}{\text{بازده عملی مربوط به یک فرآورده}} \times 100$$

- **تیپ اول:** در این تیپ مسائل، مقدار یکی از فرآورده های واکنش به ازای یک مقدار معلوم از واکنش دهنده ها داده شده است و مقدار بازده درصدی واکنش پرسیده می شود. به عبارت دیگر مقدار بازده عملی گزارش شده است. بنابراین می بایست ابتدا بازده نظری و سپس بازده درصدی محاسبه شود.

- **تیپ دوم:** در این تیپ مسائل، مقدار یک فرآورده به ازای مقداری معلوم از یک واکنش دهنده در واکنشی با بازده درصدی مشخص پرسیده می شود که می توان مطابق شکل زیر به عنوان روش حل اینگونه مسائل استفاده کرد:



نکته: در محاسبات استوکیومتری برای محاسبه مقدار یک فرآورده بایستی مقدار واکنش دهنده را در درصد بازده واکنش ضرب نمود.

- **تیپ سوم:** در این تیپ مسائل، مقدار یک واکنش دهنده به ازای مقداری معلوم از یک فرآورده در واکنشی با بازده درصدی مشخص پرسیده می شود که می توان مطابق شکل زیر به عنوان روش حل اینگونه مسائل استفاده کرد:

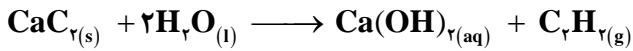


نکته: در محاسبات استوکیومتری برای محاسبه مقدار یک واکنش دهنده بایستی مقدار فرآورده را در عکس درصد بازده واکنش ضرب نمود.

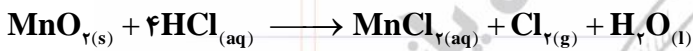


حل یک مثال: در شرایط استاندارد، مقدار کافی از آب را بر روی ۰/۳۲ گرم کلسیم کاربید ناخالص ریخته ایم. ۲۸ میلی لیتر گاز اتین تولید می شود. درصد خلوص و مقدار ناخالصی های این نمونه کلسیم کاربید را محاسبه کنید؟ (ناخالصی ها در واکنش شرکت نمی کنند)

$$(Ca = 40, C = 12: g.mol^{-1})$$



حل یک مثال: از واکنش منگنز دی اکسید کافی با ۱۰۰ میلی لیتر محلول $3 mol.L^{-1}$ هیدروکلریک اسید در شرایط استاندارد، چند لیتر گاز کلر آزاد می شود، در صورتی که بازده واکنش ۸۰ درصد باشد؟ ($Cl = 35.5 g.mol^{-1}$)



حل یک مثال: ۴/۴ گرم گاز پروپان C_3H_8 طبق واکنش (۱) به طور کامل سوزانده می شود. اگر گاز CO_2 حاصل از این واکنش را در محلول کلسیم اکسید وارد کنیم، چند گرم کلسیم کربنات ۵۰٪ خلوص تولید خواهد شد؟ (بازده واکنش سوختن پروپان برابر ۸۸ درصد است). ($Ca = 40, C = 12, O = 16: g.mol^{-1}$)



مهندس میرقائمی



شیمی کربن و ترکیب های آلی

با نگاهی به جدول تناوبی درمی یابیم که کربن در تناوب دوم و در رأس گروه چهاردهم، جایی میان فلز فعال لیتیم در سمت چپ جدول و نافلز بسیار فعال فلوئور در سمت راست جدول، قرار گرفته است. اتم های سمت چپ کربن تمایل دارند الکترون از دست بدهند، در حالی که اتم های سمت راست آن تمایل دارند الکترون بپذیرند تا به آرایش پایدار گازهای نجیب دست یابند. کربن در وسط این دو دسته از عناصر قرار دارد و از این رو هیچ یک از این دو ویژگی را ندارد. در عوض اتم های کربن می توانند از طریق به اشتراک گذاشتن چهار الکترون ظرفیتی با خود یا اتم عنصرهای دیگر پیوندهای کووالانسی تشکیل دهند. پیوندهایی که طی آنها کربن به آرایش هشتایی دست می یابد. این رفتار منحصر به فرد اتم کربن سبب شده است که ترکیب های شناخته شده از آن، از مجموع ترکیب های شناخته شده از دیگر عنصرهای جدول دوره ای بیشتر باشد.

اتم کربن افزون بر تشکیل پیوند اشتراکی یگانه، توانایی تشکیل پیوندهای اشتراکی دوگانه و سه گانه را با خود و برخی اتم های دیگر مانند هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و ... را نیز دارد. همچنین ویژگی این اتم در توانایی تشکیل زنجیر و حلقه های کربنی باعث شده است تا زنجیرها و حلقه هایی از این اتم در اندازه های گوناگون بوجود آید. افزون بر این، اتم های کربن می توانند با یکدیگر به روش های گوناگون متصل شده و دگر شکل (آلوتروپ) های متفاوتی مانند گرافیت، الماس و ... ایجاد کنند.

برای شناخت و مطالعه گروه های مختلف ترکیب های آلی نخست می بایست با هیدروکربن ها آشنا شویم. هیدروکربن ها فقط از دو عنصر هیدروژن و کربن ساخته شده اند. تقریباً تمام هیدروکربن ها از نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی به دست می آیند. نفت خام مخلوطی شامل شمار زیادی از انواع هیدروکربن ها است.

هیدروکربن ها را می توان در دو گروه اصلی زنجیری و حلقوی طبقه بندی کرد. هیدروکربن های زنجیری شامل آلکان ها، آلکن ها و آلکین ها و هیدروکربن های حلقوی شامل سیکلوآلکان ها، ترکیبات آروماتیک می باشند.

آلکان ها

آلکان ها دسته ای از هیدروکربن ها هستند که در آنها هر اتم کربن با چهار پیوند یگانه به چهار اتم دیگر متصل شده است. فرمول همگانی آلکان ها بصورت C_nH_{2n+2} , ($n \geq 1$) نوشته می شود. در مولکول یک آلکان، اتم های کربن و هیدروژن با پیوندهای کووالانسی یگانه به یکدیگر متصل شده اند و امکان جذب هیدروژن بیشتر برای اتم کربن وجود ندارد. از این رو آلکان ها را هیدروکربن های سیر شده می نامند.

در جدول زیر نام و فرمول شیمیایی ده آلکان اول نشان داده شده است:

| فرمول مولکولی | CH_4 | C_2H_6 | C_3H_8 | C_4H_{10} | C_5H_{12} | C_6H_{14} | C_7H_{16} | C_8H_{18} | C_9H_{20} | $C_{10}H_{22}$ |
|---------------|--------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| نام | متان | اتان | پروپان | بوتان | پنتان | هگزان | هپتان | اوکتان | نونان | دکان |

همان طور که می بینید نام همه آلکان ها به پسوند (آن) ختم می شود. در شکل زیر فرمول مولکولی و ساختار مولکول های متان، اتان، پروپان و بوتان نشان داده شده است:



اتم های کربن در ساختار آلکان ها می توانند پشت سرهم و همانند یک زنجیر به هم متصل شده باشند. در صورتی که برخی از آنها به شکل شاخه جانبی به زنجیر متصل می شوند. به ساختار های مختلف مولکول بوتان توجه کنید:

فرمول شیمیایی هر یک از دو ساختار فوق C_4H_{10} است در صورتی که ساختار آن ها ، یعنی چگونگی اتصال اتم ها به یکدیگر متفاوت است. ترکیب های متفاوتی را که دارای فرمول مولکولی یکسان اما فرمول ساختاری متفاوتی باشند را ایزومر یا هم پار می نامیم. بنابراین دو ساختار فوق، مربوط ایزومرهای بوتان است.

با توجه به توضیحات اخیر، در هر آلکان راست زنجیر هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است، در حالی که در آلکان شاخه دار، برخی کربن ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل اند.

در هر یک از ساختارهای رسم شده، فرمول ساختاری آلکان مورد نظر را نشان دادیم، فرمولی که در آن تعداد و چگونگی اتصال اتم های کربن و هیدروژن نمایش داده می شود. البته برای نمایش ساده تر می توان از فرمول ساختاری متراکم و یا فرمول نقطه - خط استفاده کرد.

در فرمول ساختاری متراکم پیوند ساده بین اتم های کربن و هیدروژن نشان داده نمی شوند، بلکه تنها پیوند بین اتم های کربن نشان داده می شود. گاهی از نشان دادن این پیوندها نیز صرف نظر می شود:



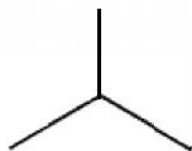
(فرمول ساختاری متراکم هگزان)

فرمول های ساختاری نشان داده شده را می توان باز هم خلاصه تر نوشت. به عنوان مثال $(CH_2)_4$ - به معنای $-CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$ است. بنابراین هگزان را می توان بصورت زیر نمایش داد:



به همین ترتیب می توان ساختار ایزومر شاخه دار بوتان را بصورت $CH_3CH(CH_3)CH_3$ نیز نشان داد.

در فرمول نقطه - خط اتم های کربن را با نقطه و پیوند بین آنها را با خط تیره نشان می دهند اما اتم های هیدروژن نشان داده نمی شوند. برای نمونه ساختار هگزان و یا ایزومر شاخه دار بوتان بصورت زیر نشان داده می شود:



ایزومر شاخه دار بوتان



هگزان



نام گذاری آلکان ها

نام گذاری آلکان های راست زنجیر به نسبت ساده است. همانطور که دیدید به جز چهار عضو نخست، شمار اتم های کربن در هر آلکان با یک پیشوند یونانی و پسوند (آن) آورده شده است. در صورتی که برای نام گذاری آلکان های شاخه دار نخست می بایست با انواع شاخه های هیدروکربنی و غیر هیدروکربنی آشنا شویم.

بر اساس یک قاعده کلی، با برداشتن یک اتم هیدروژن از یک آلکان، یک گروه آلکیلی بدست می آید که می توان از آن به عنوان یک شاخه هیدروکربنی استفاده کرد. به عنوان مثال با گرفتن یک اتم هیدروژن از مولکول متان (CH_4) یک گروه متیلی ($-\text{CH}_3$) بدست می آید که به عنوان یک شاخه تک کربنی استفاده می شود. نام چند گروه آلکیلی متداول در جدول زیر آورده شده است:

| فرمول | نام گروه آلکیلی |
|--|-----------------|
| $-\text{CH}_3$ | متیل |
| $-\text{C}_2\text{H}_5$ یا $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | اتیل |

یکی دیگر از انواع شاخه ها، شاخه های هالوژنی می باشد. به این ترتیب که اتم یک هالوژن به عنوان یک شاخه مستقل در ساختارهای هیدروکربنی در نظر گرفته می شود. در جدول زیر نام شاخه های هالوژنی آورده شده است:

| فرمول | نام شاخه |
|--------------|----------|
| $-\text{F}$ | فلورو |
| $-\text{Cl}$ | کلرو |
| $-\text{Br}$ | برمو |
| $-\text{I}$ | یدو |

برای نام گذاری آلکان های شاخه دار طبق قاعده زیر عمل می کنیم:

۱. ابتدا بیشترین تعداد اتم کربنی که در ساختار آلکان مورد نظر وجود دارد را به عنوان زنجیر اصلی کربنی انتخاب می کنیم.

نکته: اگر در آلکان مورد نظر دو یا چند زنجیر طویل با طول یکسان (تعداد کربن برابر) وجود داشته باشد، زنجیری را به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می کنیم که تعداد شاخه ها بر روی آن بیشتر باشد.

۲. شماره گذاری اتم های کربن زنجیر اصلی را همیشه از جهتی آغاز می کنیم که به نخستین شاخه نزدیکتر باشد. (به بیان دیگر شماره گذاری زنجیر اصلی بایستی از سمتی انجام شود که کوچکترین عدد مربوط به جایگاه شاخه ها را نشان دهد)

۳. با مشخص کردن نوع، تعداد و جایگاه شاخه ها و با استفاده از فرمول زیر، آلکان مورد نظر را نام گذاری می کنیم:

شماره شاخه(ها) + بیان تعداد شاخه ها با استفاده از پیشوندهای یونانی (به جز مونو) + نام شاخه + نام زنجیر اصلی کربنی بر وزن آلکان

تکرار برای هر نوع شاخه به ترتیب حروف الفبای لاتین

نکته: برای بیان اعداد مربوط به شاخه های یکسان، میان هر یک از آن ها ویرگول (،) و بین آخرین عدد و کلمه بعدی (پیشوند یا نام شاخه)

خط تیره (-) می گذاریم.



نکته: اگر بر روی یک کربن در زنجیر اصلی، دو شاخه یکسان قرار گرفته باشد، عددی که شماره آن کربن را معین می کند، دو بار تکرار می شود.

نکته: اگر روی زنجیر اصلی، دو یا چند شاخه یکسان قرار گرفته باشد، برای بیان تعداد آن ها از پیشوندهای

یونانی که در جدول روبرو آورده شده است استفاده می کنیم:

نکته: ترتیب نام گذاری شاخه ها بر اساس حروف الفبای لاتین صورت می گیرد که از به ترتیب از راست به

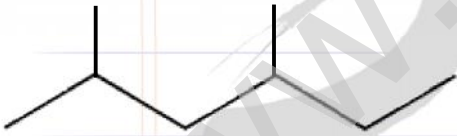
چپ به قرار زیر می باشد:

برمو - کلرو - اتیل - فلورو - یدو - متیل

ترتیب نام گذاری شاخه ها

| تعداد | پیشوند |
|-------|--------|
| ۲ | دی |
| ۳ | تری |
| ۴ | تترا |
| ۵ | پنتا |
| ۶ | هگزا |

تمرین: هر کدام از ساختارهای زیر را به روش آیوپاک نام گذاری کنید:

| | |
|---|---|
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$ |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 \end{array}$ |
|  | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$ |

رسم ساختار آلکان ها

در روش نام گذاری آیوپاک اطلاعات دقیقی راجع به ساختار مولکولی ترکیب های آلی بدست می آید، به طوری که می توان با تکیه بر نام ترکیب، ساختار مولکولی آن را به آسانی رسم کرد. برای این کار کافی است نام ترکیب مورد نظر از سمت چپ خوانده شود و به ترتیب قسمت های مختلف ساختار مورد نظر رسم گردد.

تمرین: برای هر یک از ترکیب های زیر، ساختاری را رسم کنید که با نام آن مطابقت داشته باشد:

الف) ۲،۳،۳ - تری متیل پنتان

ب) ۳ - اتیل - ۲ - متیل هگزان

پ) ۳،۳ - دی اتیل - ۲ - متیل هپتان



ویژگی ها و رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آلکان ها

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 ها تغییر می یابد و در پی آن نیروی بین مولکولی، نقطه جوش و... تغییر می کنند. در اینجا می خواهیم با روند تغییرات خواص فیزیکی و شیمیایی آلکان های راست زنجیر بر حسب تغییر ساختار آن ها آشنا شویم و بتوانیم این تغییرات را پیش بینی کنیم.

همانطور که می دانیم آلکان ها نیز مانند سایر هیدروکربن ها تنها از اتم های کربن و هیدروژن تشکیل شده اند. بنابراین مولکول آن ها ناقطبی و نیروهای جاذبه بین مولکولی در آلکان ها از نوع نیروهای ضعیف واندروالسی و یا نیروی جاذبه بین مولکولی ناقطبی - ناقطبی است. همچنین از سال گذشته به یاد داریم که هر اندازه مولکول های ناقطبی بزرگتر باشند، نیروی جاذبه واندروالسی بین آن ها قوی تر خواهد بود، در نتیجه در آلکان های راست زنجیر با افزایش تعداد اتم های کربن در طول زنجیر، نیروی جاذبه بین مولکولی آن ها قوی تر شده و حالت فیزیکی آن ها از حالت گازی (۱ تا ۴ اتم کربن) به حالت مایع (۵ اتم کربن یا بیشتر) تغییر پیدا می کند. به طور خلاصه، با افزایش تعداد اتم های کربن در ساختار آلکان های راست زنجیر می توان روند تغییرات خواص فیزیکی آن ها را بصورت زیر پیش بینی کرد:



به عنوان مثال در دو آلکان راست زنجیر گریس با فرمول مولکولی $C_{18}H_{38}$ و وازلین با فرمول مولکولی $C_{25}H_{52}$ ، با افزایش تعداد اتم های کربن در طول زنجیر کربنی به ترتیب نقطه جوش، گرانی و خصلت چسبندگی افزایش و فرار بودن و انحلال پذیری در آب کاهش می یابد.

دیگر ویژگی مهم و برجسته همه آلکان ها این است که در ساختار آنها، هر اتم کربن با چهار پیوند اشتراکی به چهار اتم دیگر متصل بوده و به اصطلاح سیرشده هستند. از این رو آن ها را پارافین (بی میل) نیز می نامند، چرا که آلکان ها تمایل چندانی به انجام واکنش های شیمیایی ندارند.

آلکان ها

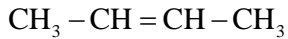
آلکان ها دسته ای از هیدروکربن ها هستند که در ساختار آنها یک پیوند دوگانه کربن-کربن ($C=C$) وجود دارد. فرمول همگانی آلکان ها بصورت C_nH_{2n} , ($n \geq 2$) نوشته می شود. آلکان ها دو اتم هیدروژن کمتر از آلکان های هم کربن نظیر خود دارند. از اینرو به آلکان ها، هیدروکربن های سیر نشده گفته می شود.

اتن یا اتیلن (C_2H_4) ساده ترین و نخستین عضو خانواده آلکان هاست که در آن دو اتم کربن با پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شده اند. اتن ماده هورمون مانندی است که در بیشتر گیاهان وجود دارد. موز و گوجه فرنگی رسیده گاز اتن آزاد می کنند. اتن آزاد شده از یک میوه رسیده به نوبه خود موجب رسیدن سریع تر میوه های نارس می شود. به همین دلیل در کشاورزی، از گاز اتن به عنوان عمل آورنده استفاده می شود زیرا اغلب میوه ها را با توجه به مشکلات حمل و نقل پیش از رسیدن می چینند، سپس در محل توزیع در اتاقک هایی به کمک گاز اتن آنها را به عمل می آورند.

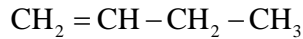


نام گذاری آلکن ها

برای نام گذاری آلکن های راست زنجیر، کافی است پسوند (آن) را در نام آلکن راست زنجیر بردارید و به جای آن پسوند (ن) قرار دهید. سپس محل پیوند دو گانه را با شماره نخستین کربنی که به پیوند دوگانه متصل است، مشخص کنید. به عنوان مثال در زیر نام و ساختار چند آلکن راست زنجیر ساده نشان داده شده است:



۲- بوتن



۱- بوتن



پروپن



۲- پنتن

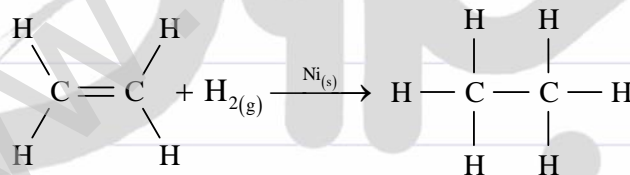


۱- پنتن

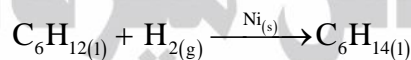
ویژگی ها و رفتارهای فیزیکی و شیمیایی آلکن ها

آلکن ها همانند آلکان ها، ترکیباتی ناقطبی هستند. بنابراین می توان این گونه پیش بینی کرد که اغلب خواص فیزیکی آلکن ها مشابه آلکان هاست. در صورتی که وجود پیوند دوگانه در آلکن ها سبب شده است تا رفتار شیمیایی آنها با آلکان ها تفاوت زیادی پیدا کند. آلکن ها بر خلاف آلکان ها واکنش پذیری بیشتری دارند و در واکنش های گوناگونی شرکت می کنند که در ادامه به معرفی یکی از مهمترین واکنش آلکن ها می پردازیم:

آ. واکنش هیدروژن دار کردن آلکن ها: در این واکنش با افزودن یک مولکول هیدروژن به پیوند دوگانه کربن-کربن ($\text{C} = \text{C}$) آلکن مورد نظر در حضور یک کاتالیزگر مناسب مانند نیکل، یک آلکان (هیدروکربن سیر شده) بدست می آید:

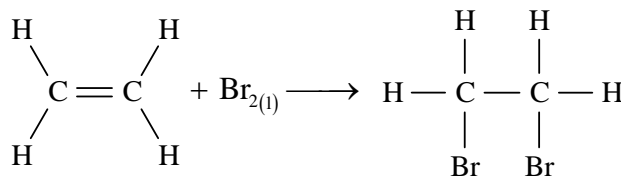


واکنش هیدروژن دار کردن گاز اتن (اتیلن) و تولید اتان



واکنش هیدروژن دار کردن ۱- هگزن مایع و تولید هگزان مایع

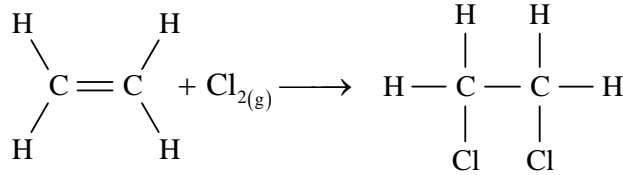
ب. واکنش هالوژن دار کردن آلکن ها: در این واکنش با افزودن یک مولکول هالوژن به پیوند دوگانه کربن-کربن ($\text{C} = \text{C}$) آلکن مورد نظر، یک هیدروکربن سیر شده بدست می آید:



واکنش برم مایع با گاز اتن (اتیلن) و تولید ۱،۲- دی برمواتان مایع

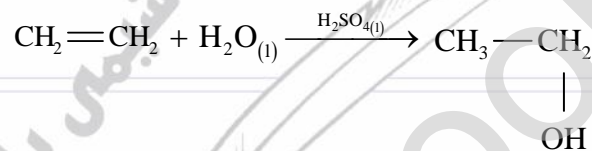


نکته: در این واکنش رنگ سرخ برم مایع به سرعت از بین می رود، چرا که ۱،۲-دی برمواتان تشکیل شده بی رنگ است. همه آلکن ها در این واکنش شرکت می کنند به گونه ای که این واکنش یکی از روش های شناسایی آنها از هیدروکربن های سیر شده است.



واکنش گاز کلر با گاز اتن (اتیلن) و تولید ۱،۲-دی کلرواتان

پ. واکنش افزودن آب به اتیلن (آلکن) در حضور اسید سولفوریک: در این واکنش با افزودن یک مولکول آب به پیوند دوگانه کربن-کربن (C=C) اتن (اتیلن) در اسید سولفوریک بعنوان کاتالیزگر، اتانول در مقیاس صنعتی بدست می آید:



نکته: اتانول یک الکل دو کربنه سیر شده است که بعد از آب، مهمترین حلال صنعتی می باشد. این الکل بی رنگ و فرار است و بدلیل قطبیت زیاد مولکول و ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول های آب، به هر نسبتی در آب حل می شود. از اتانول در تهیه مواد دارویی، بهداشتی، آرایشی و همچنین به عنوان ضد عفونی کننده در بیمارستان ها استفاده می شود.

نکته: پلیمری شدن و یا بسپارش دسته دیگری از واکنش آلکن هاست که با استفاده از آن می توان انواع لاستیک ها، پلاستیک ها، الیاف و پلیمرهای سودمند را تهیه کرد. با این واکنش ها در فصل سوم آشنا خواهیم شد.

آلکین ها

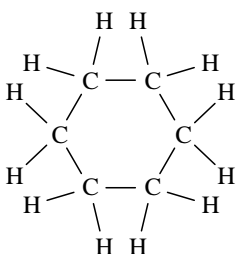
آلکین ها دسته ای از هیدروکربن ها هستند که در ساختار آنها یک پیوند سه گانه کربن-کربن (C≡C) وجود دارد. فرمول همگانی آلکین ها بصورت $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, ($n \geq 2$) نوشته می شود. آلکین ها چهار اتم هیدروژن کمتر از آلکان های هم کربن نظیر خود دارند. از اینرو به آلکین ها همانند آلکن ها، هیدروکربن های سیر نشده گفته می شود.

اتین یا استیلن (C_2H_2) ساده ترین و نخستین عضو خانواده آلکین هاست که در آن دو اتم کربن با پیوند سه گانه به یکدیگر متصل شده اند. فرمول ساختاری اتین در شکل روبرو نشان داده شده است. گاز اتین یا استیلن همان گاز جوشکاری است که از سوزاندن آن برای تولید گرمای مورد نیاز در جوشکاری و برشکاری فلزات استفاده می شود.

پروپین دومین عضو خانواده آلکین هاست که فرمول ساختاری آن بصورت $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$ می باشد.

نکته: آلکین ها نیز همانند آلکن ها واکنش پذیری زیادی دارند و با مواد شیمیایی مختلف واکنش می دهند.

سیکلوآلکان ها

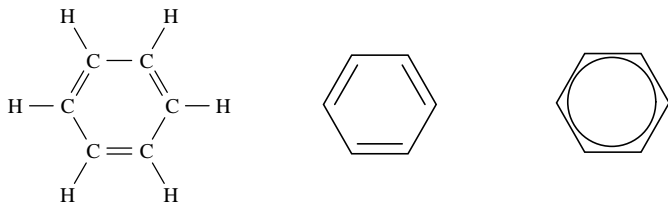


سیکلوآلکان ها دسته ای از هیدروکربن های سیر شده هستند که ساختار حلقوی دارند. فرمول همگانی سیکلوآلکان ها بصورت C_nH_{2n} , ($n \geq 3$) نوشته می شود. سیکلو هگزان با فرمول ساختاری روبرو نمونه ای از این هیدروکربن هاست.

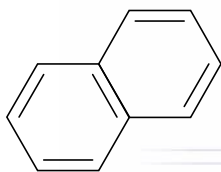


هیدروکربن های آروماتیک

به دسته ای از هیدروکربن ها که دارای ساختار حلقوی سیر نشده بنزنی باشند، هیدروکربن های آروماتیک گفته می شود. بنزن، هیدروکربنی سیر نشده با فرمول شیمیایی C_6H_6 و فرمول ساختاری زیر است. در یک حلقه بنزن ۶ اتم کربن با یکدیگر با پیوندهای یگانه و دوگانه بصورت یک در میان متصل شده اند:



یکی دیگر از هیدروکربن های آروماتیک، نفتالن با فرمول شیمیایی $C_{10}H_8$ است که شامل دو حلقه بنزنی در ساختار خود می باشد. نفتالن مدت ها به عنوان ضد بید برای نگهداری فرش و لباس بصورت قرص های سفید رنگ، کاربرد داشته است.



دیگر ترکیب های آلی

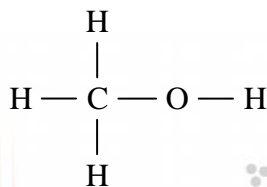
علاوه بر ترکیب های هیدروکربنی که تا به الان با آن ها آشنا شدیم، ترکیب های آلی دیگری نیز وجود دارند که در ساختار خود افزون بر اتم های کربن و هیدروژن، اتم های اکسیژن و گاهی نیتروژن نیز دارند. بررسی مواد آلی موجود در آن ها نشان می دهد که وجود آرایش ویژه ای از اتم ها به نام گروه عاملی نقش تعیین کننده ای در خواص آن ها دارد. به بیان دیگر، گروه عاملی، آرایش مشخصی از اتم هاست به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می بخشد. در این بخش به بررسی مختصر مهمترین ترکیب های آلی اکسیژن دار و نیتروژن دار یعنی الکل ها و اترها، آلدهیدها و کتون ها، کربوکسیلیک اسیدها و استرها، آمین ها و آمیدها می پردازیم.

| نام ترکیبات | نماد | گروه عاملی | نام ترکیبات | نماد | گروه عاملی |
|----------------|---|------------|----------------|---|-----------------|
| آلکیل اتر | -O- | اتر | آلکانول | -OH | الکل |
| آلکانون | $\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$ | کتون | آلکانال | $\begin{array}{c} O \\ \\ -C-H \end{array}$ | آلدهید |
| آلکیل آلکانوات | $\begin{array}{c} O \\ \\ -C-O- \end{array}$ | استر | آلکانوئیک اسید | $\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$ | کربوکسیلیک اسید |
| --- | $\begin{array}{c} O \\ \\ (-C-\ddot{N}-) \\ \end{array}$ | آمید | آلکیل آمین | $\begin{array}{c} \\ -N- \\ \end{array}$ | آمین |

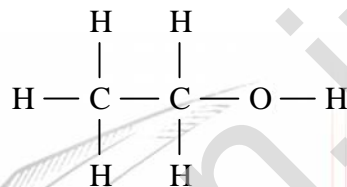


الکل ها

الکل ها یکی از مهمترین ترکیب های آلی اکسیژن دار به شمار می آیند که در ساختار خود دارای گروه عاملی هیدروکسیل ($-OH$) هستند و اغلب بصورت $R-OH$ نمایش داده می شوند. **متانول** با فرمول شیمیایی CH_3OH و **اتانول** با فرمول شیمیایی C_2H_5OH ، به ترتیب از جمله الکل های یک و دو کربنه ساده ای هستند که کاربردهای صنعتی و دارویی فراوانی دارند. در شکل زیر ساختارهای هر یک از این الکل ها نشان داده شده است:

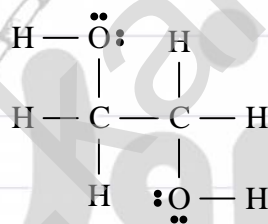


متانول



اتانول

نکته: به الکل هایی که در ساختار خود دارای بیش از یک گروه عاملی هیدروکسیلی ($-OH$) باشند، الکل های چند عاملی گفته می شود. بعنوان مثال مایع سبز رنگ ضد یخ (اتیلن گلیکول) که در خودروها مورد استفاده قرار می گیرد، یک الکل دو عاملی است که بصورت زیر نشان داده می شود:

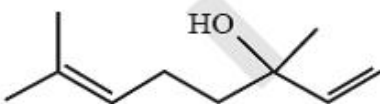


اتیلن گلیکول (۲.۱- اتان دی ال)

نکته: وجود اتم اکسیژن در الکل های سبک (الکل هایی با ۱ تا ۵ اتم کربن) باعث شده است تا گشتاور دوقطبی این مولکول ها عددی بزرگتر از صفر باشد، بنابراین مولکول الکل های سبک دارای خصلت قطبی است و به همین دلیل می توان انحلال پذیری قابل قبولی را در آب برای آن ها انتظار داشت. از سوی دیگر وجود گروه عاملی هیدروکسیلی ($-OH$) در ساختار الکل های سبک باعث شده است تا مولکول های آب در تماس با مولکول های الکل پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، از این رو الکل های ۱ تا ۳ کربنه، به هر نسبتی در آب حل می شوند.

نکته: با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل ها، نیروی وان دروالس بر هیدروژنی غلبه می کند و ویژگی ناقطبی الکل افزایش می یابد. **نکته:** الکل ها در مقایسه با سایر هیدروکربن هایی که جرم مولکولی تقریباً یکسانی نسبت به آن ها دارند، دارای نقطه جوش بالاتری هستند. دمای جوش بالای الکل ها را می توان به پیوند هیدروژنی میان مولکول های آن ها نسبت داد.

نکته: طعم و بوی گشنیز به طور عمده وابسته به وجود گروه عاملی هیدروکسیلی در ساختار آن است. فرمول شیمیایی این ترکیب آلی بصورت $C_{10}H_{18}OH$ است که ساختار آن در شکل روبرو نشان داده شده است:

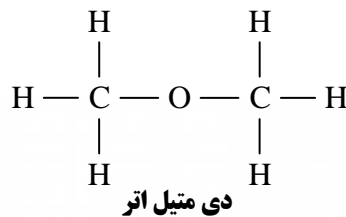


نکته: کلسترول، یک الکل سیرنشده است که در غذاهای جانوری یافت می شود و مقدار اضافی آن در دیواره رگ ها رسوب می کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ ها و سکته می شود.

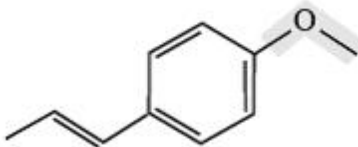


اترها

اترها گروهی از ترکیب های آلی اکسیژن دار به شمار می آیند که در ساختار خود دارای گروه عاملی اتری (-O-) هستند و اغلب بصورت R-O-R' نمایش داده می شوند. دی متیل اتر با فرمول شیمیایی CH₃OCH₃ ساده ترین اتر شناخته شده است که فرمول ساختاری آن بصورت زیر نشان داده می شود:

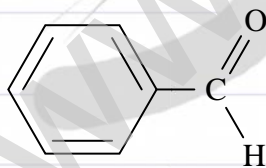


نکته: طعم و بوی رازیانه به طور عمده وابسته به وجود گروه عاملی اتری در ساختار آن است. فرمول شیمیایی این ترکیب آلی بصورت C₁₀H₁₂O است که ساختار آن در شکل روبرو نشان داده شده است:

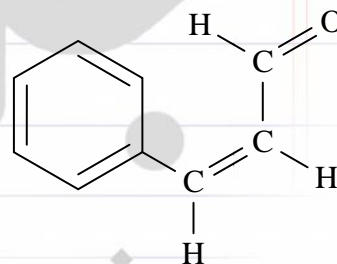


آلدهیدها

آلدهیدها یکی دیگر از ترکیب های آلی اکسیژن دار به شمار می آیند که در ساختار خود دارای گروه عاملی آلدهیدی (-C(=O)H) هستند و اغلب بصورت R-C(=O)H نمایش داده می شوند. ماده آلی موجود در بادام و دارچین دارای گروه عاملی آلدهیدی در ساختار خود است:



بادام (بنزآلدهید)



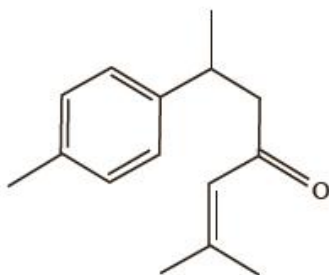
دارچین

کتون ها

کتون ها یکی دیگر از ترکیب های آلی اکسیژن دار به شمار می آیند که در ساختار خود دارای گروه عاملی آلدهیدی (-C(=O)-) هستند و اغلب بصورت R-C(=O)-R' نمایش داده می شوند. پروپانون یا استون با فرمول شیمیایی C₃H₆O ساده ترین عضو خانواده کتون ها است.

نکته: ماده آلی موجود در زردچوبه دارای گروه عاملی کتونی در ساختار خود است. فرمول شیمیایی ترکیب آن

موجود در زردچوبه بصورت C₁₅H₂₀O است که ساختار آن در شکل روبرو نشان داده شده است:



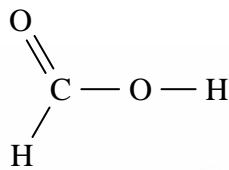
نکته: آلدهیدها و کتون های هم کربن ایزومر یکدیگرند.



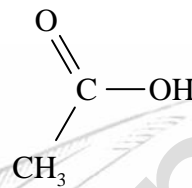
کربوکسیلیک اسیدها

کربوکسیلیک اسیدها یکی دیگر از مهمترین ترکیب های آلی اکسیژن دار به شمار می آیند که در ساختار خود دارای گروه عاملی

کربوکسیل (-C(=O)OH) هستند اغلب بصورت R-C(=O)OH یا R-COOH نمایش داده می شوند. متانوئیک اسید یا فورمیک اسید (جوهر مورچه) با فرمول شیمیایی HCOOH و اتانوئیک اسید یا اسید استیک (جوهر سرکه) با فرمول شیمیایی CH_3COOH آشناترین عضوهای خانواده کربوکسیلیک اسیدها به شمار می آیند:



متانوئیک اسید

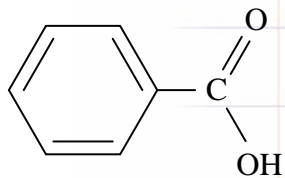


اتانوئیک اسید

نکته: متانوئیک اسید یا فورمیک اسید بر اثر گزش مورچه سرخ وارد بدن شده و باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می شود.

نکته: ماده آلی موجود در تمشک و توت فرنگی دارای گروه عاملی کربوکسیلی در ساختار خود است. فرمول شیمیایی این کربوکسیلیک اسید

آروماتیک بصورت $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ است که ساختار آن در شکل روبرو نشان داده شده است:



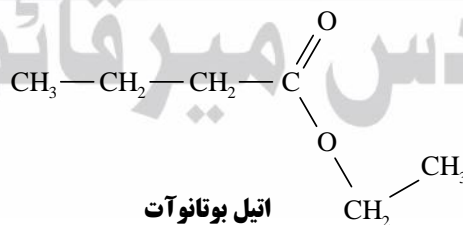
بنزوئیک اسید

نکته: از بنزوئیک اسید به عنوان نگهدارنده در صنایع غذایی استفاده می شود.

استرها

استرها دسته ای از مواد آلی اکسیژن دار هستند که منشأ بوی خوش شکوفه ها، گل ها، عطرها و نیز بو و طعم میوه ها هستند. این مواد در

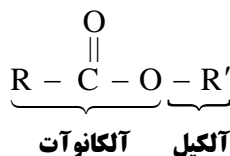
ساختار خود دارای گروه عاملی کربوکسیل (-C(=O)O-) می باشند و اغلب بصورت R-C(=O)O-R' نمایش داده می شوند. اتیل بوتانوات با فرمول شیمیایی $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ آشناترین عضو خانواده استرهاست که بو و طعم خوش آناناس به دلیل وجود آن می باشد:



اتیل بوتانوات

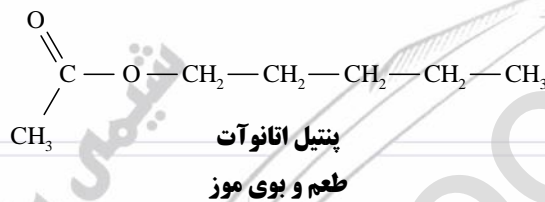
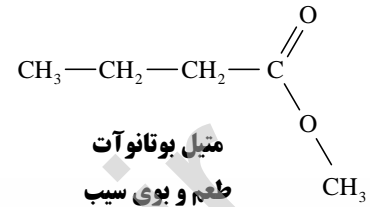
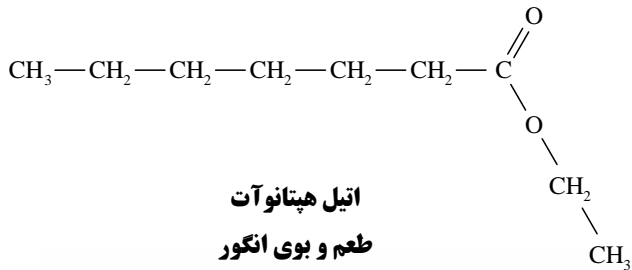
نکته: برای نام گذاری استرها ساده (R-C(=O)O-R')، کافی است نام زنجیر کربنی یا گروه آلکیلی متصل به اکسیژن دارای پیوند یگانه

یعنی R' را بر وزن آلکیل و به دنبال آن نام بنیان اسید اولیه مربوط به استر را بر وزن آلکانوات بیاوریم.



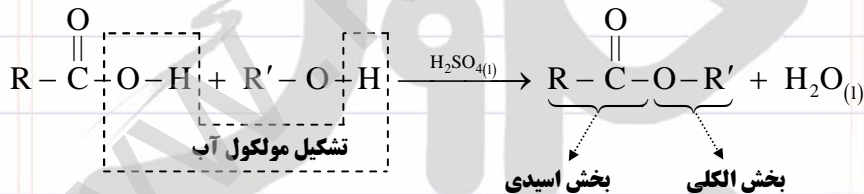


نکته: ماده آلی موجود در طعم و بوی سیب، موز و انگور دارای گروه عاملی استری در ساختار خود است که نام و ساختار هر کدام از آن ها در شکل زیر نشان داده شده است:

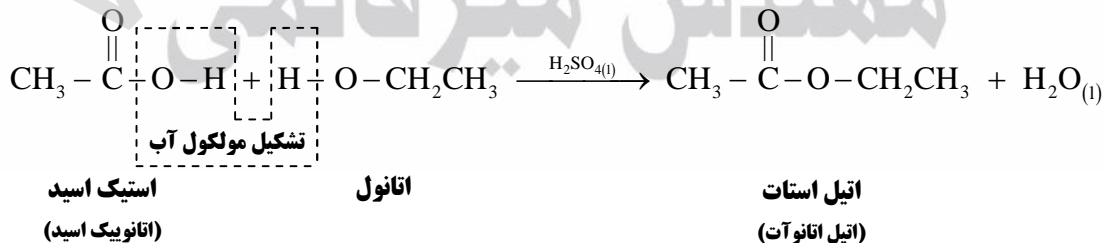


واکنش استری شدن

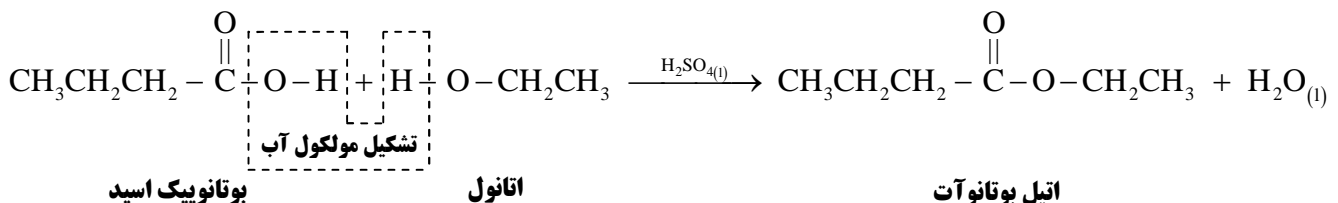
یکی از ویژگی های مهم و کاربردی کربوکسیلیک اسیدها و الکل ها، واکنش میان آنهاست. این مواد در شرایط مناسب واکنش می دهند و با از دست دادن آب، به استر تبدیل می شوند. به عبارت دیگر، استرها را می توان در آزمایشگاه و صنعت از واکنش کربوکسیلیک اسیدها با الکل ها تهیه کرد. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند:



بعنوان مثال از واکنش استیک اسید با اتانول، طبق معادله زیر اتیل استات به دست می آید که به عنوان حلال در صنایع چسب و رنگ کاربرد دارد:

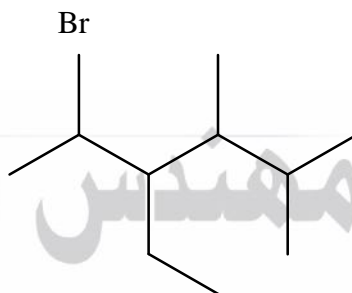
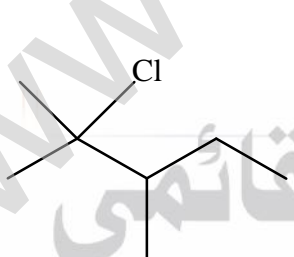
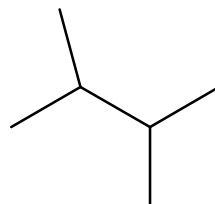
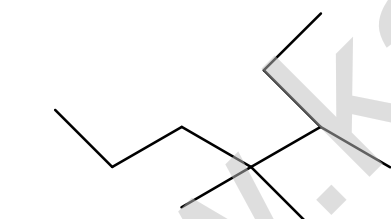
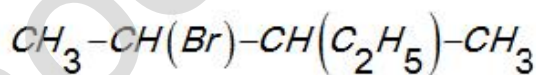
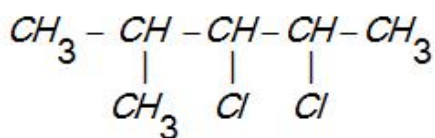
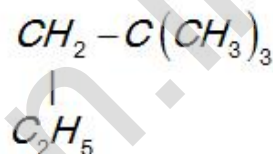
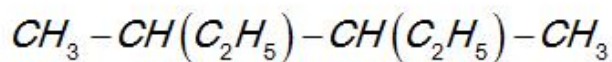
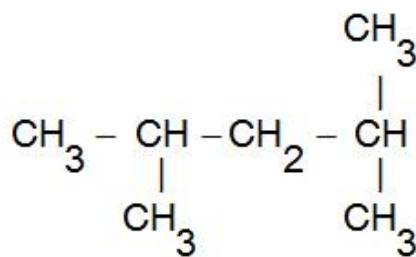
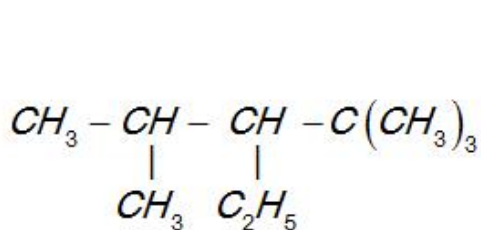


همچنین می توان طبق واکنش زیر اتیل بوتانوآت را در مقیاس صنعتی تولید و از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده کرد:





سوال تشریحی: ترکیبات زیر را نام گذاری کنید.



سوال تشریحی: فرمول ساختاری ترکیبات زیر را بصورت مدل نقطه - خط رسم کنید.

الف) ۴-اتیل - ۲-متیل هگزان

ب) ۲,۴-دی متیل پنتان

پ) ۳-اتیل - ۲-متیل هگزان



سوال تشریحی: دانش آموزی یک ترکیب را به صورت: $۳.۷ - \text{دی اتیل}$ ، $۵.۶ - \text{دی متیل اوکتان}$ نام گذاری کرده است. به نظر شما این نام گذاری درست است؟ اگر پاسخ منفی است نام درست آن را به روش آیوپاک بنویسید؟

سوال تشریحی: اگر در مولکول **اتان** همه ی اتم های هیدروژن یک اتم کربن را با گروه های **متیل** و هیدروژن های اتم کربن دیگر را با گروه های **اتیل** جایگزین کنیم، فرمول ساختاری آلکان را رسم کرده و سپس نام گذاری کنید.

سوال تشریحی: در مورد هیدروکربن های داده شده به سوالات پاسخ دهید.



الف) دردمای اتاق کدامیک به حالت گاز است و کدامیک به حالت جامد وجود دارند؟

ب) کدام هیدروکربن چسبنده تر است؟ چرا؟

پ) کدامیک فرآتر است؟ چرا؟

ت) از میان هیدروکربن های مایع کدامیک زودتر از ظرف خارج می شود؟

سوال تشریحی: کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید:

آ) نام آلکانی راست زنجیر با فرمول C_6H_{14} (پنتان / هگزان) است.

ب) با کاهش سه واحد CH_2 از مولکول اوکتان، مولکول (پنتان / هگزان) ایجاد می شود.

پ) سوخت فندک، گاز (متان / بوتان) می باشد.

ت) چسبندگی گریس از وازلین (کمتر / بیشتر) است.

ث) گشتاور دوقطبی آلکان ها حدود (یک / صفر) است.

ج) آلکانی با فرمول $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ در دمای اتاق به حالت (مایع / جامد) است.

چ) آلکان های دارای ۱ تا ۴ اتم کربن در دمای اتاق در حالت (مایع / گازی) هستند و رابطه بین نقطه جوش و جرم مولی آلکان ها به صورت (مستقیم / معکوس) است.

خ) در روش نقطه - خط اتم های (کربن / هیدروژن) را با نقطه نشان می دهند.



سوال تشریحی: با توجه به ترکیبات داده شده به سوالات پاسخ دهید.

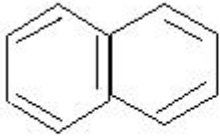
الف) کدام ترکیب به عنوان ضد بید به کار می رود؟

ب) نام ترکیب (ب) را بنویسید.

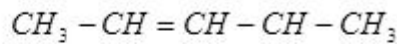
پ) کدام ماده واکنش پذیری بیشتری دارد؟ چرا؟

ت) کدام ماده در ساخت پلیمرها به کار می رود؟

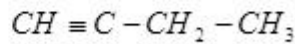
ث) کدام ماده برم قرمز را بی رنگ می کند؟



الف



ب



ج

سوال تشریحی: در یک آلکان، اختلاف تعداد اتم های هیدروژن و کربن برابر ۱۴ است: ($C = 12, H = 1: g.mol^{-1}$)

آ) فرمول عمومی این آلکان را بنویسید.

ب) جرم مولی این آلکان را حساب کنید.

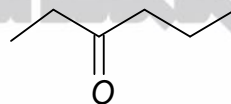
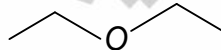
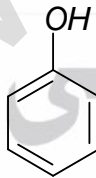
پ) این آلکان در دمای اتاق به چه حالت فیزیکی می باشد؟

سوال تشریحی: از سوختن ۹ گرم از یک آلکان $27/5$ گرم گاز کربن دی اکسید تولید شده است. فرمول مولکولی آلکان را بنویسید.

($C = 12, H = 1: g.mol^{-1}$)

سوال تشریحی: در ساختارهای زیر دور گروه های عاملی خط کشیده و نام هریک را بنویسید، سپس فرمول مولکولی هر ترکیب را

مشخص کنید:

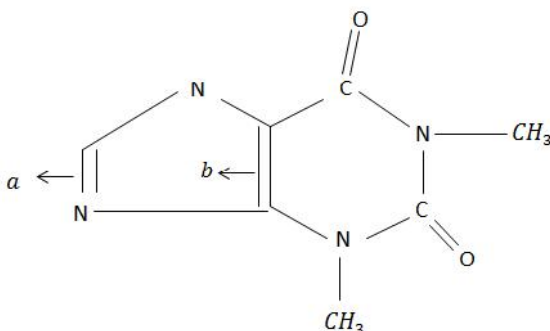


سوال تشریحی: کافئین ماده ای است که در برگ چای و دانه قهوه وجود دارد. با توجه به فرمول ساختاری آن به قسمت های زیر

پاسخ دهید.

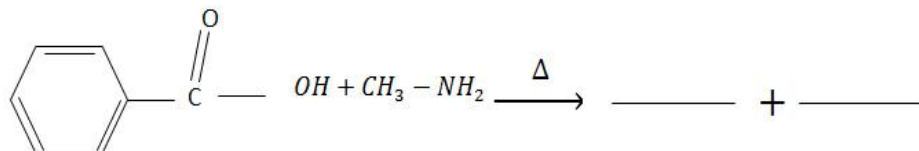
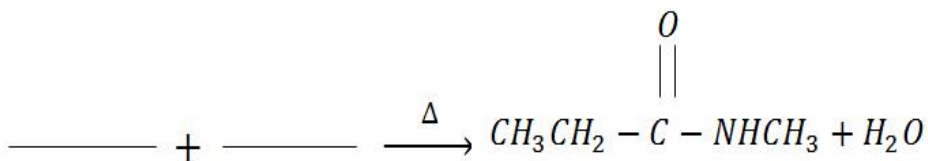
الف) هریک از نیتروژن های این مولکول آمینی هستند یا آمیدی؟

ب) کدامیک از پیوندهای a یا b با برم مایع واکنش می دهد؟



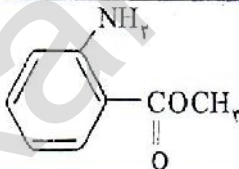


سوال تشریحی: با توجه به واکنش آمیدی شدن واکنش های زیر را تکمیل کنید.



سوال تشریحی: بوی خوشایند بسیاری از میوه ها به علت وجود استر در آنهاست. با توجه به جدول داده شده به قسمت های زیر پاسخ

دهید.

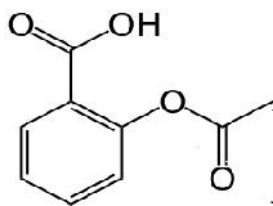
| شماره استر | فرمول | بوی میوه |
|------------|---|----------|
| ۱ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COCH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ | زردآلو |
| ۲ |  | انگور |
| ۳ | $\text{CH}_3\text{COCH}_2(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ | پرتقال |

الف) فرمول ساختاری الکل سازنده استر (۱) و اسید سازنده استر (۳) را رسم کرده، نامگذاری کنید.

ب) فرمول ساختاری استری را رسم کنید که از واکنش اسید سازنده استر (۲) با الکل سازنده استر (۳) به دست می آید.

سوال تشریحی: استری با فرمول $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ را از واکنش کدام دو ماده می توان بدست آورد؟

- الف) اتانویک اسید - پنتانول
 ب) بوتانویک اسید - اتانول
 ج) پروپانویک اسید - بوتانول
 د) بوتانویک اسید - پروپانول



سوال تشریحی: با توجه به ساختار آسپرین به سوالات پاسخ دهید:

الف) گروه های عاملی آن را مشخص کنید.

ب) فرمول مولکولی آن را بنویسید.

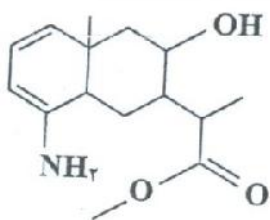
ج) انحلال پذیری و نقطه ذوب و جوش آنرا در آب با استر های هم جرم، مقایسه کنید.

سوال تشریحی: هر چه طول زنجیر هیدروکربنی الکل راست زنجیر شود انحلال پذیری آن ها در آب

..... می شود. زیرا بر هم کنش های بین مولکولی از سمت بخش افزایش می یابد.

الف) از - کاسته - بیشتر - ناقطبی (ب) از - کاسته - کمتر - قطبی

ج) بر - افزوده - بیشتر - قطبی (د) بر - افزوده - کمتر - ناقطبی



سوال تشریحی: با توجه به ساختار روبرو پاسخ دهید:

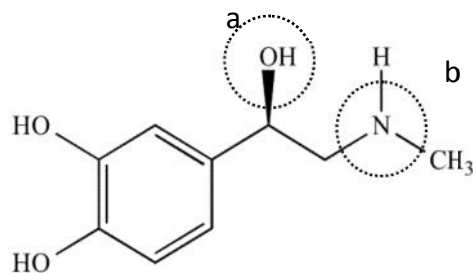
الف) فرمول مولکولی آن را بنویسید.

ب) چند اتم کربن می توان در آن یافت که فقط با اتم های کربن پیوند دارند؟

ج) کدام گروه های عاملی در این ترکیب وجود دارد؟

سوال تشریحی: اپی نفرین که به آدرنالین نیز مشهور است هورمونی است که هنگام هیجان بالا در بدن ترشح می شود. شکل زیر

ساختار مولکول آدرنالین را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:



آ) فرمول مولکولی آن را بنویسید.

ب) نام گروه های عاملی a و b را بنویسید.

پ) آیا این ماده در آب انحلال پذیر است؟ چرا؟



فصل دوم

مقدمه ای بر علم ترمودینامیک و مفهوم انرژی

انرژی را می توان از توانایی انجام کار تعریف کرد. یکای انرژی در سیستم (SI) همان یکای کار، یعنی ژول (J) است. اما استفاده از یکای کالری (cal) که واحدی قدیمی تر است، هنوز هم متداول می باشد.

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J} \approx 4.2 \text{ J}$$

نکته: برای تبدیل کالری به ژول و یا بالعکس می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

نکته: ژول و کالری یکاهای کوچکی هستند، از این رو از کیلوژول (kJ) و یا کیلو کالری (kcal) که به ترتیب معادل ۱۰۰۰ ژول و ۱۰۰۰ کالری هستند، برای گزارش مقادیر انرژی استفاده می شود.

نکته: کارشناسان علوم تغذیه از نوعی کالری استفاده می کنند که آن را کالری رژیم غذایی (Cal) می نامند که حرف C در آن بزرگ است. این یکا معادل ۱۰۰۰ کالری یا یک کیلوکالری است.

$$1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal} = 1 \text{ kcal}$$

انواع صورت های انرژی

الف) انرژی مکانیکی: این انرژی توانایی حرکت برای ماده را به وجود می آورد. انرژی مکانیکی را می توان به دو انرژی جنبشی و پتانسیل تقسیم کرد.

۱. انرژی جنبشی: انرژی مربوط به حرکت جسم است که به دو عامل جرم و سرعت جسم بستگی دارد.

۲. انرژی پتانسیل: نوعی انرژی ذخیره شده در ماده می باشد که به دو عامل موقعیت و آرایش جسم بستگی دارد.

انرژی غیرمکانیکی: به انرژی های ذاتی هر ماده گفته می شود. مانند انرژی شیمیایی، انرژی گرمایی، انرژی الکتریکی، انرژی مغناطیسی و غیره.

انرژی گرمایی یا گرما: ذره های تشکیل دهنده یک ماده (یعنی اتمها، مولکولها یا یونها) جنبش های متفاوتی دارند که به مجموع انرژی های جنبشی ذره های تشکیل دهنده یک ماده، انرژی گرمایی می گویند.

این جنبش ها ناشی از حرکت های زیر هستند:

۱. حرکت انتقالی: حرکتی است که باعث انتقال ذرات تشکیل دهنده یک ماده از نقطه ای به نقطه ای دیگر می شود.

۲. حرکت چرخشی: حرکتی است که باعث چرخش ذرات تشکیل دهنده یک ماده حول محورهای مختلف می شود.

۳. حرکت ارتعاشی: حرکتی است که باعث نوسان ذرات تشکیل دهنده یک ماده در راستای پیوندهای بین آن ها می شود.

دما: به میانگین انرژی های جنبشی ذره های تشکیل دهنده یک ماده، دما می گویند. در واقع دما معیاری از میزان گرمی یا سردی جسم است.

نکته: گرما نوعی انرژی است پس یکای آن ژول (J) می باشد اما دما یک معیار قراردادی است که با مقیاس ها (یکاهای) مختلفی مانند سلسیوس

(°C)، فارنهایت (°F)، کلوین (K) آن را اندازه می گیرند.

$$T_{(K)} = T_{(°C)} + 273.15$$



نکته: دمای یک ماده به مقدار آن ماده بستگی ندارد ولی گرمای یک ماده به مقدار آن ماده بستگی دارد. به عنوان مثال گرمای ۱۰ گرم آب 25°C ده برابر گرمای یک گرم آب 25°C است.

نکته: گرمای کمیتی قابل جابجا شدن بین اجسام است. به عبارت دیگر جنس گرما از انرژی است، بنابراین امکان انتقال آن از جسمی به جسم دیگر وجود دارد. در صورتی که کمیت دما قابل جابجا شدن بین اجسام نیست و صرفاً مربوط به یک جسم می باشد.

ظرفیت گرمایی: ظرفیت گرمایی یک جسم، گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای آن جسم به اندازه‌ی یک درجه سلسیوس است.

$$C = \frac{Q}{T}$$

ظرفیت گرمایی یک جسم به جرم آن جسم بستگی دارد، از این رو در شیمی از دو نوع ظرفیت گرمایی استفاده می شود که عبارتند از:

۱. **ظرفیت گرمایی ویژه:** ظرفیت گرمایی ویژه‌ی هر جسم، مقدار گرمایی است که باید به یک گرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس بالا رود. برای تعیین ظرفیت گرمایی ویژه می توان از رابطه مقابل استفاده نمود:

$$c = \frac{Q}{m \times T}$$

ظرفیت گرمایی ویژه: c
مقدار گرمای مبادله شده (ژول): Q
جرم جسم (گرم): m
اختلاف دما (درجه سلسیوس یا کلونین): T

نکته: با توجه به رابطه فوق می توان دریافت که یکای ظرفیت گرمایی ویژه، ژول بر گرم بر درجه سلسیوس ($\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$) است. اگر دما بر حسب کلونین بیان شود، یکای ظرفیت گرمایی ویژه، ژول بر گرم، بر کلونین ($\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) است.

نکته: برای محاسبه گرمای لازم جهت افزایش دمای مخلوطی از دو یا چند ماده می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$Q_T = (m_1 \times c_1 + m_2 \times c_2 + \dots) \Delta T$$

که در آن m_1 ، m_2 و c_1 ، c_2 به ترتیب جرم و ظرفیت گرمایی ویژه مواد موجود در مخلوط می باشد.

نکته: برای محاسبه دمای تعادلی حاصل از اختلاط دو ماده غیر هم دما می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$|Q_1| = |Q_2| \Rightarrow |m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta T_1| = |m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta T_2|$$

که در آن m_1 ، m_2 و c_1 ، c_2 و ΔT_1 ، ΔT_2 به ترتیب جرم، ظرفیت گرمایی ویژه و تغییرات دمای مواد موجود در مخلوط می باشد.

سوال تشریحی: یک شمش آلومینیم با ابعاد ۱۰ cm، ۲۰ cm و ۵۰ cm که دارای چگالی $2/7 \text{ g/cm}^3$ و گرمای ویژه $0/9 \text{ J/g.K}$ است. اگر دمای اولیه این شمش 25°C باشد چه مقدار گرما لازم است تا دمای آن را به 50°C برسانیم؟



مفهوم محتوای انرژی سامانه و آنتالپی

ترمودینامیک دانش مطالعه گرما و انتقال انرژی است. درحقیقت ترمودینامیک را می توان دانش مطالعه تبدیل شکل های مختلف انرژی و راه های انتقال آن تعریف کرد. گرما شیمی (ترموشیمی) بخشی از ترمودینامیک است که به مطالعه ی گرما و انتقال انرژی در واکنش های شیمیایی می پردازد.

سیستم (سامانه): به بخشی از جهان که برای مطالعه ترمودینامیکی انتخاب می شود، سیستم و یا سامانه می گویند.

محیط: بقیه جهان هستی پیرامون سیستم را محیط می نامند.

مرز سیستم (دیواره سیستم): دیواره ای که سیستم را از محیط پیرامون آن جدا می کند مرز سیستم نامیده می شود. این مرز ممکن است حقیقی یا مجازی باشد.

• انرژی درونی سیستم (E)

به مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل ذره های تشکیل دهنده یک سیستم، انرژی درونی سیستم می گویند. به انرژی درونی سیستم، سطح انرژی سیستم یا محتوای انرژی سیستم نیز می گویند.

نکته: انرژی درونی (محتوای انرژی یا سطح انرژی) سیستم با پایداری سیستم رابطه عکس دارد. یعنی هر چه انرژی درونی یک سیستم بالاتر باشد پایداری آن کمتر است. به عنوان مثال مواد منفجره انرژی درونی بسیار بالایی دارند به همین دلیل پایداری آنها بسیار کم است.

تغییرات انرژی درونی (E): به طور کلی منظور از دلتای (Δ) یک پارامتر، مقدار ثانویه ی آن پارامتر منهای مقدار اولیه آن پارامتر است، پس در یک سیستم شیمیایی، تغییر انرژی درونی (E) به صورت زیر تعریف می شود:

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

E = تغییر انرژی درونی E₁ = انرژی درونی واکنش دهنده ها E₂ = انرژی درونی فرآورده ها

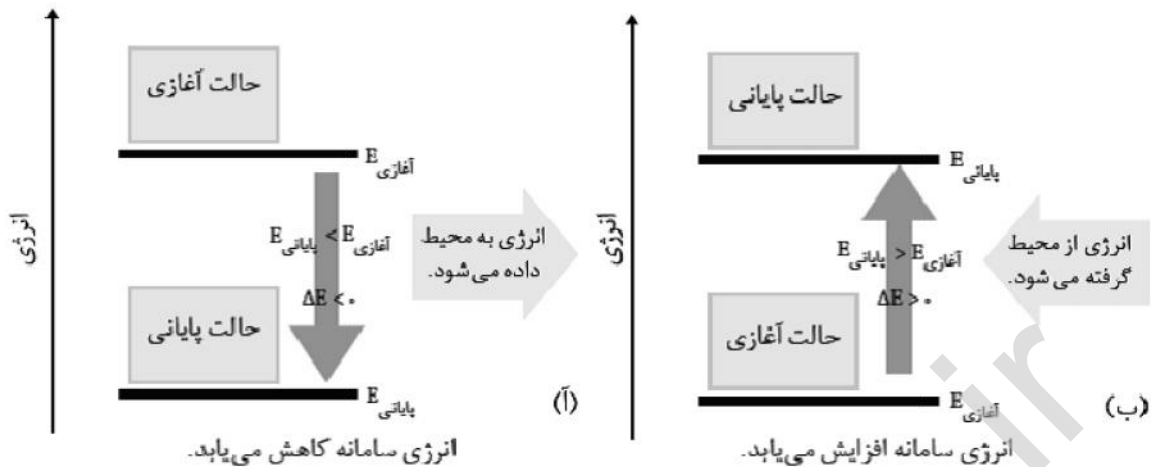
نمودار تغییر محتوای انرژی (آنتالپی) در یک واکنش

به طور کلی اگر یک نمونه ماده (سامانه) را شامل شمار بسیار زیادی ذره در نظر بگیریم، در این صورت هر ذره موجود در این سامانه علاوه بر جنبش های نامنظم، با یکدیگر برهم کنش نیز دارند. به عبارت دیگر، ذره های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند که به مجموع این انرژی ها برای همه ذره های تشکیل دهنده سامانه، محتوای انرژی سامانه گفته می شود. هنگامی که در یک سامانه شیمیایی واکنش دهنده ها به فرآورده ها تبدیل می شوند، محتوای انرژی آن سامانه تغییر می کند. اگر این تغییر انرژی را با ΔE نشان دهیم، برای محاسبه آن باید اختلاف بین محتوای انرژی سامانه را پیش و پس از وقوع تغییر اندازه گیری نماییم که بصورت زیر نوشته می شود:

$$\Delta E = E_{\text{واکنش دهنده ها}} - E_{\text{فرآورده ها}} = E_{\text{آغازی}} - E_{\text{پایانی}}$$

که در آن انرژی پایانی (E_{پایانی}) نشان دهنده انرژی پس از تغییر و انرژی آغازی (E_{آغازی}) نشان دهنده انرژی پیش از تغییر است.

معمولاً، تغییر محتوای انرژی سامانه را با نموداری نمایش می دهند که در آن انرژی روی محور عمودی قرار دارد و محتوای انرژی فرآورده ها و واکنش دهنده ها با خطوط افقی نمایش داده می شود. در شکل زیر نمونه ای از این نمودارها نشان داده شده است:



شکل (آ) سامانه ای را نشان می دهد که در آن با انتقال انرژی از سامانه به محیط، انرژی درونی سامانه کاهش می یابد و در این شرایط مقدار ΔE سامانه منفی است. در صورتی که شکل (ب) سامانه ای را نشان می دهد که محتوای انرژی آن در حال افزایش است. به عبارت دیگر انرژی از محیط پیرامون به سامانه منتقل می شود و علامت تغییر محتوای انرژی سامانه (ΔE) مثبت است.

همانطور که می دانید یک ویژگی بنیادی در همه فرایندهای فیزیکی و شیمیایی داد و ستد گرما با محیط پیرامون است. از این رو هر فرایند ممکن است گرما ده یا گرما گیر باشد. با توجه به شکل می توان نتیجه گرفت که همواره در یک فرایند گرما ده (شکل آ) سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها پایین تر است در صورتی که در یک فرایند گرما گیر (شکل ب) سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتر است.

از آنجا که اغلب فرایندها در فشار ثابت انجام می شود، شیمی دان ها برای بررسی تغییر محتوای انرژی در فرایندهای فیزیکی و شیمیایی از کمیت ترمودینامیکی دیگری به نام آنتالپی (H) استفاده می کنند. به عبارت دیگر شیمی دان ها انرژی کل هر سامانه را هم ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می دانند. با این توصیف هر سامانه (ماده) در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. مقدار تغییر آنتالپی هم مانند محتوای انرژی فقط به حالت های آغازی و پایانی فرایند بستگی دارد. بنابراین برای یک فرایند، تغییر آنتالپی (ΔH) بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta H = H_{\text{پایانی}} - H_{\text{آغازی}}$$

اگر سامانه مورد نظر یک واکنش شیمیایی باشد، در آن صورت آنتالپی پایانی ($H_{\text{پایانی}}$)، آنتالپی فرآورده ها و آنتالپی آغازی ($H_{\text{آغازی}}$)، آنتالپی واکنش دهنده هاست و ΔH ، آنتالپی واکنش نامیده می شود:

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

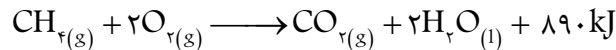
از آنجا که داد و ستد انرژی در واکنش ها به طور عمده به شکل گرما ظاهر می شود، شیمی دان ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم ارز با گرمایی می دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون دادوستد می کند. بنابراین مقدار تغییرات آنتالپی هر واکنش را می توان با Q_p نیز نشان داد.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = Q_p$$

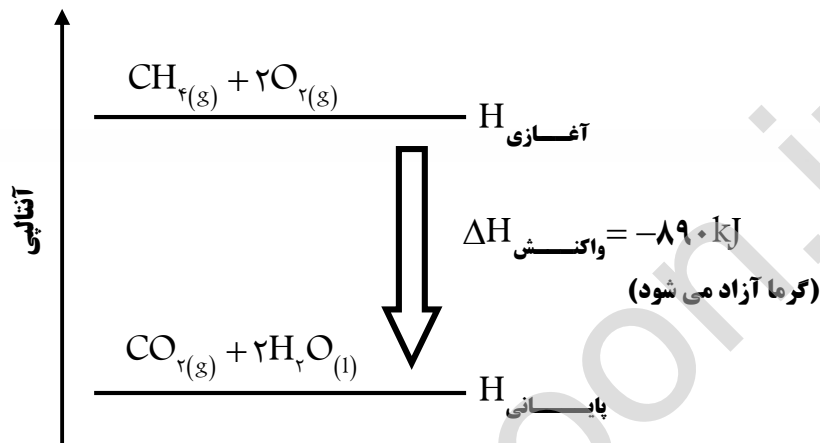
نکته: برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژه آنتالپی واکنش به کار می رود.



بعنوان مثال، واکنش سوختن متان را در نظر بگیرید:

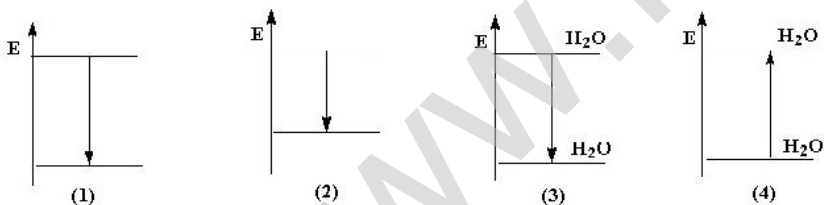


این واکنش، یک واکنش سوختن است و گرما آزاد می کند (گرماده). با توجه به نمودار آنتالپی (انرژی) این واکنش مقدار ΔH برای چنین واکنش هایی منفی است. به عبارت دیگر در این گونه واکنش ها آنتالپی فرآورده ها از آنتالپی واکنش دهنده ها کمتر است.

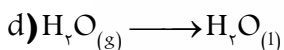
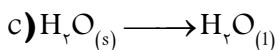


به همین ترتیب برای یک فرایند گرماگیر نیز می توان نمودار آنتالپی را رسم کرد. بدیهی است که مقدار ΔH برای چنین واکنش هایی مثبت است. به عبارت دیگر در این گونه واکنش ها آنتالپی فرآورده ها از آنتالپی واکنش دهنده ها بیشتر است.

سوال تشریحی: با توجه به نمودارها و معادله های داده شده به سوالات پاسخ دهید:



الف) معادله b مربوط به کدام نمودار است؟ چرا؟
 ب) معادله a مربوط به کدام نمودار است؟ چرا؟
 پ) معادله c مربوط به کدام نمودار است؟ چرا؟
 ت) معادله d مربوط به کدام نمودار است؟ چرا؟



سوال تشریحی: ظرف a دارای ۱۰ میلی لیتر آب ۲۵°C و ظرف b دارای ۱۰۰ میلی لیتر آب ۲۵°C است.

الف) میانگین انرژی جنبشی مولکول های آب را در این دو ظرف مقایسه کنید.

ب) با ریختن آب ظرف a بر روی ظرف b کدام موارد زیر تغییر می کند:

انرژی گرمایی - دما - گرمای ویژه - ظرفیت گرمایی



آنتالپی سوختن و ارزش سوختی

با توجه به مثال اخیر، شیمی دان ها آنتالپی واکنشی که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد را آنتالپی سوختن تعریف می کنند. بنابراین مقدار آنتالپی سوختن متان برابر $-۸۹۰ \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ در نظر گرفته می شود. در جدول روبرو آنتالپی سوختن چند ترکیب آلی آورده شده است:

| آنتالپی سوختن (kJ mol^{-1}) | ماده آلی | آنتالپی سوختن (kJ mol^{-1}) | ماده آلی |
|---|---|---|----------------------------------|
| -۱۳۰۰ | $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ | -۸۹۰ | $\text{CH}_4(\text{g})$ |
| -۱۹۳۸ | $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ | -۱۵۶۰ | $\text{C}_2\text{H}_5(\text{g})$ |
| -۷۲۶ | $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ | -۱۴۱۰ | $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ |
| -۱۳۶۸ | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ | -۲۰۵۸ | $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ |

نکته: با توجه به داده های جدول، هر چه جرم یک نمونه هیدروکربن بیشتر باشد از سوختن آن گرمای بیشتری آزاد خواهد شد:

اتان ($\text{C}_2\text{H}_6 = 30 \text{ \% mol}$) < اتن ($\text{C}_2\text{H}_4 = 28 \text{ \% mol}$) < اتین ($\text{C}_2\text{H}_2 = 26 \text{ \% mol}$): ترتیب آنتالپی سوختن

نکته: همانطور که مشاهده می کنید متانول ($\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$) علیرغم جرم مولی بالای آن نسبت به متان ($\text{CH}_4(\text{g})$)، دارای آنتالپی سوختن کمتری است که این امر را می توان بر اساس ماهیت و حالت فیزیکی متانول و متان توجیه کرد.

نکته: در مورد مواد غذایی به جای آنتالپی سوختن از عبارت ارزش سوختی استفاده می شود. به عبارت دیگر، مقدار انرژی حاصل از اکسید شدن یک گرم از ماده خوراکی را ارزش سوختی آن تعریف می کنند و آن را با واحد $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ نشان می دهند.

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{\text{آنتالپی سوختن}}{\text{جرم مولی}}$$

نکته: ارزش سوختی سه ماده غذایی مهم بصورت زیر گزارش شده است:

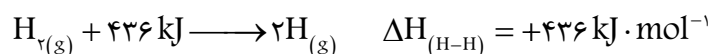
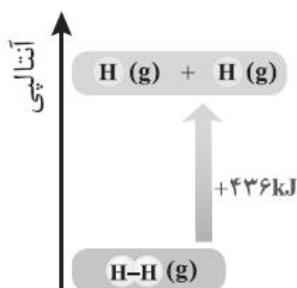
| پروتئین | چربی | کربوهیدرات | ماده غذایی |
|---------|------|------------|----------------------------------|
| ۱۷ | ۳۸ | ۱۷ | ارزش سوختی (kJg^{-1}) |

نکته: با اینکه همه واکنش های سوختن گرماده است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر علمی بدون علامت منفی گزارش شده است.

آنتالپی پیوند و میانگین آن

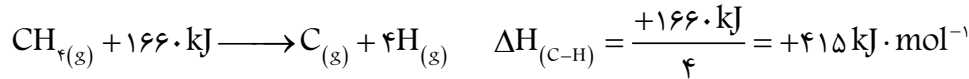
در یک واکنش شیمیایی همواره شیوه اتصال اتم به یکدیگر از واکنش دهنده ها به فرآورده ها تغییر می کند. به عبارت دیگر، تبدیل واکنش دهنده ها به فرآورده ها با شکسته شدن و تشکیل پیوند های جدید بین اتم ها همراه است. بنابراین می توان تغییر محتوای انرژی در یک واکنش شیمیایی را ناشی از همین شکسته شدن و تشکیل پیوندهای جدید بین اتم ها دانست.

در ترموشیمی به مقدار انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند اشتراکی میان دو اتم و تبدیل آن ها به اتم های جدا از هم، آنتالپی پیوند گفته می شود. بعنوان مثال با توجه به شکل روبرو، برای شکستن یک مول پیوند کووالانسی موجود میان دو اتم هیدروژن، 436 kJ انرژی لازم است. بنابراین مقدار آنتالپی پیوند $\text{H}-\text{H}$ برابر $+436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ است که بصورت زیر نشان داده می شود:





در مورد مولکول هایی مانند CH_4 ، H_2O و NH_3 که اتم مرکزی در آن ها به چند اتم کناری یکسان با پیوند های اشتراکی متصل شده است، انرژی لازم برای شکستن همه پیوندها یکسان نخواهد بود. بنابراین استفاده از عبارت میانگین آنتالپی پیوند برای آن ها مناسب تر است. بعنوان مثال با توجه به واکنش زیر، میانگین آنتالپی پیوند C-H برابر $415 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ می باشد:



نکته: در مورد پیوند میان دو اتم یکسان، هرچه تعداد پیوندها بیشتر باشد آنتالپی پیوند بیشتر خواهد بود:

ترتیب آنتالپی پیوند: $\text{C} \equiv \text{C} < \text{C} = \text{C} < \text{C} - \text{C}$

نکته: همانطور که می دانید به فاصله هسته های دو اتم درگیر در پیوند، طول پیوند گفته می شود. بنابراین هرچه شعاع اتمی برای یک عنصر بیشتر باشد طول پیوند آن عنصر با دیگر اتم ها نسبت به یک عنصر با شعاع اتمی کوچکتر، بیشتر است. در نتیجه آنتالپی پیوند آن کمتر خواهد بود. به عبارت دیگر آنتالپی پیوند با طول پیوند نسبت عکس دارد:

ترتیب آنتالپی پیوند: $\text{F}-\text{F} > \text{Cl}-\text{Cl} > \text{Br}-\text{Br} > \text{I}-\text{I}$

استوکیومتری در ترمودینامیک شیمیایی

گاهی در یک واکنش شیمیایی از ما می پرسند که به ازای مقدار معینی از یک ماده، چه میزان گرما مبادله می شود. در این روش ابتدا مقدار ماده مورد نظر را به مول (mol) تبدیل می کنیم، سپس با توجه به ضریب های استوکیومتری موجود در معادله موازنه شده واکنش شیمیایی، مقدار گرمای مبادله شده را حساب می کنیم.

نکته: اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرما (ترمو) شیمیایی می گویند. یک فرایند، مقدار عددی ΔH بزرگی آن را نشان می دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان دهنده گرماگیر و گرماده بودن آن است.

سوال تشریحی: با توجه به جدول زیر، در کدام مورد بر اثر سوختن ماده آلی در اکسیژن کافی، گرمای بیشتری آزاد می شود؟

$$(C = 12, O = 16, H = 1: \text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

| ماده آلی | بنزن (C_6H_6) | فنول ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) | پروپان (C_3H_8) |
|---|---------------------------------|--|-----------------------------------|
| آنتالپی سوختن ($\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) | ۳۲۶۸ | ۳۰۵۴ | ۲۲۲۰ |

(آ) ۳۷/۶ گرم فنول خالص با بازده واکنش ۸۰٪.

(ب) ۱۵/۶ میلی لیتر بنزن خالص با چگالی ۰/۸۸ گرم بر میلی لیتر

(پ) ۶/۷۲ لیتر گاز پروپان خالص در شرایط STP



تعیین آنتالپی (ΔH) واکنش

انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می شود، از این رو انجام هریک از آنها با جذب یا از دست دادن گرما همراه است. تجربه نشان می دهد که تغییرات آنتالپی یا گرمای مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی را می توان به دو روش مستقیم یا غیرمستقیم محاسبه کرد.

الف. تعیین گرمای مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی به روش غیرمستقیم :

در مورد بسیاری از واکنش‌های شیمیایی نمی توان گرمای واکنش را به صورت مستقیم تعیین نمود، چرا که بسیاری از واکنش‌ها تحت شرایط بسیار سختی انجام می شوند. به همین منظور گرمای مبادله شده در چنین واکنش‌هایی را به روش‌های غیرمستقیم تعیین می کنند. در روش‌های غیرمستقیم، همواره از اطلاعات از پیش بدست آمده درباره واکنش‌هایی که تغییرات آنتالپی آنها معلوم است برای تعیین گرمای واکنش مورد نظر استفاده می شود.

برای تعیین غیرمستقیم گرمای واکنش می توانیم از روش‌های زیر استفاده کنیم:

۱. استفاده از **آنتالپی پیوند** واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها

۲. استفاده از **آنتالپی سوختن** واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها

۳. استفاده از **قانون هس**

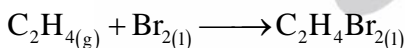
۱. تعیین گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها

همانطور که می دانید در اغلب واکنش‌های شیمیایی شماری از پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش دهنده، شکسته شده سپس شماری پیوند جدید تشکیل می شود تا مولکول‌های فرآورده پدید آیند. بنابراین می توان تغییر محتوای انرژی در یک واکنش شیمیایی و یا همان آنتالپی واکنش را با استفاده از مقادیر آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها محاسبه کرد. به عبارت دیگر اگر مقادیر آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها ($\Delta H_{\text{واکنش دهنده}}$) و نیز آنتالپی پیوند فرآورده‌ها ($\Delta H_{\text{فرآورده}}$) در دست باشد، به کمک رابطه زیر می توان مقدار آنتالپی واکنش ($\Delta H_{\text{واکنش}}$) را تعیین کرد:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \sum \Delta H_{\text{پیوند واکنش دهنده}} - \sum \Delta H_{\text{پیوند فرآورده}}$$

سوال تشریحی: با توجه به انرژی پیوندهای داده شده بر حسب $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ، H واکنش زیر برابر چند کیلوژول است؟

($C-H: 412$, $C-C: 350$, $C=C: 612$, $Br-Br: 193$, $C-Br: 276$)



نکته: در محاسبه H واکنش‌های شیمیایی به کمک انرژی پیوندها، اگر در یک واکنش شیمیایی برخی از پیوندها تغییر نکرده باشند یعنی در دو طرف واکنش عیناً وجود داشته باشند، برای سادگی در محاسبات، آنها را از دو طرف معادله واکنش حذف می کنیم.



سوال تشریحی: اگر H واکنش $N_2(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2H_4(g)$ برابر ۹۶- کیلوژول باشد، انرژی پیوند $N-N$ چند کیلوژول بر

مول است؟ (انرژی پیوندهای $H-H, N-H, N \equiv N$ بر حسب کیلوژول بر مول به ترتیب برابر ۴۳۵ و ۳۸۹، ۹۴۱ است.)

۲. تعیین گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی سوختن واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها

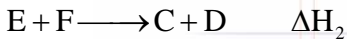
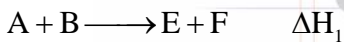
اگر مقادیر آنتالپی سوختن واکنش دهنده‌ها ($\Delta H_{\text{واکنش دهنده‌ها}}$) و نیز آنتالپی سوختن فرآورده‌ها ($\Delta H_{\text{فرآورده‌ها}}$) در دست باشد، به کمک رابطه زیر می‌توان مقدار آنتالپی واکنش ($\Delta H_{\text{واکنش}}$) را تعیین کرد:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \sum \Delta H_{\text{سوختن واکنش دهنده‌ها}} - \sum \Delta H_{\text{سوختن فرآورده‌ها}}$$

۳. تعیین گرمای واکنش با استفاده از قانون هس

قانون هس به صورت زیر بیان می‌شود:

« اگر معادله یک واکنش را بتوان از جمع معادله‌های دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، H واکنش یاد شده را می‌توان از جمع جبری مقادیر H همه واکنش‌های تشکیل دهنده آن، تعیین کرد»



نکته: چنانچه یک واکنش را به صورت معکوس بنویسیم، مقدار H آن، در یک منفی ضرب می‌شود.

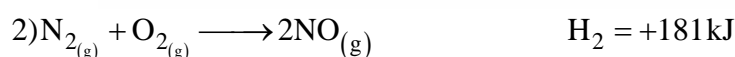
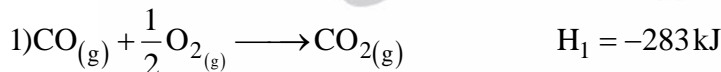
نکته: اگر واکنشی را در یک عدد ضرب یا بر یک عدد تقسیم کنیم، مقدار H نیز به همان نسبت تغییر خواهد کرد.

سوال تشریحی: گازهای NO و CO آلاینده‌هایی هستند که از آگروز خودروها به هوا کره وارد می‌شوند شیمیدان‌های هوا کره

شرایطی برای انجام واکنش زیر در راستای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و آلاینده‌گی کمتر طراحی کرده‌اند.

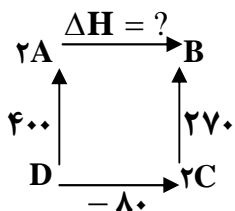


آنتالپی این واکنش را با استفاده از واکنش‌های داده شده حساب کنید.



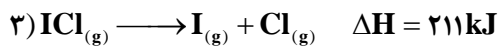
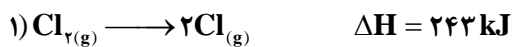
سوال تشریحی: تعیین آنتالپی واکنش $A \longrightarrow B$ به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست. با توجه به آنتالپی‌های داده شده در

مسیر زیر ΔH این واکنش را بدست آورید.

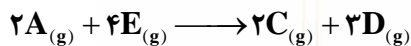




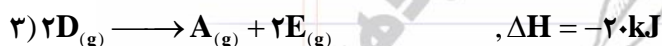
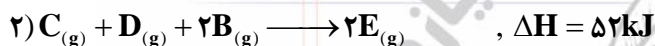
سوال تشریحی: با توجه به مقادیر داده شده، آنتالپی واکنش $\text{I}_{2(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{ICl}_{(g)}$ چند kJ است؟



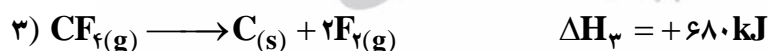
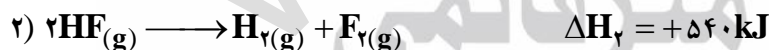
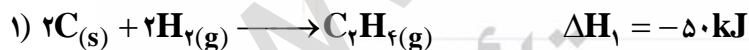
سوال تشریحی: با توجه به واکنش‌های زیر، با گرمای آزاد شده ضمن تشکیل یک مول $\text{D}_{(g)}$ در واکنش:



به تقریب چند گرم آب با دمای 20°C را می‌توان در فشار 1 atm به جوش آورد؟ ($c_{\text{H}_2\text{O}} = 4/2 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$)



سوال تشریحی: مقدار انرژی مبادله شده حاصل از واکنش $22/4$ گرم گاز اتن ۷۵٪ خالص با مقدار اضافی گاز فلوئور طبق معادله:

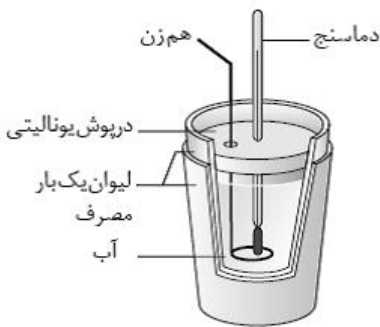




ب. تعیین گرمای مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی به روش مستقیم :

در روش مستقیم، جهت اندازه‌گیری گرمای مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی، باید مقداری از واکنش دهنده‌ها را در شرایط مناسب بر هم اثر داد و گرمای حاصل از واکنش را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. برای این منظور از دستگاهی به نام گرماسنج یا کالریمتر استفاده می‌شود.

یکی از انواع گرماسنج‌های پرکاربرد در آزمایشگاه‌های شیمی، گرماسنج لیوانی است. از گرماسنج لیوانی، برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش



در فشار ثابت استفاده می‌شود. بنابراین در گرماسنج لیوانی، تغییرات آنتالپی واکنش (H) اندازه‌گیری می‌شود. این گرماسنج برای تعیین H فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول

انجام می‌شوند، مناسب است. در شکل روبرو، نمایی از یک گرماسنج لیوانی مشاهده می‌شود:

این گرماسنج شامل مقدار معینی آب یا محلول یک واکنش دهنده در یک ظرف عایق بندی

شده است. در این گرماسنج یک دماسنج و یک هم‌زن نیز قرار دارد. پیش از انجام واکنش، دمای

اولیهٔ آب یا محلول (۱) اندازه‌گیری می‌شود. بعد از اضافه کردن مادهٔ دوم و انجام واکنش موردنظر،

دمای نهایی آب یا محلول (۲) را اندازه‌گیری می‌کنیم و با استفاده از اختلاف دمای پیش و پس از آزمایش، گرمای واکنش را از طریق رابطه

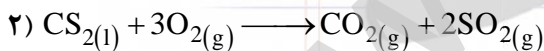
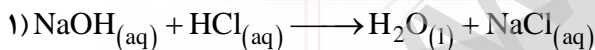
زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = m_{\text{آب یا محلول}} \times c_{\text{آب یا محلول}} \times \Delta$$

نکته: از گرماسنج بمبی، برای اندازه‌گیری گرمای یک واکنش (برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن) در حجم ثابت استفاده می‌شود. بنابراین

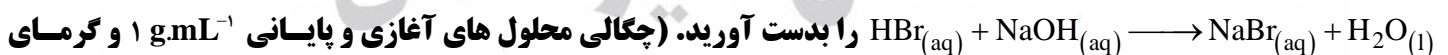
در گرماسنج بمبی، تغییرات انرژی درونی (E) اندازه‌گیری می‌شود نه تغییرات آنتالپی (H)

سوال تشریحی: با استفاده از گرماسنج لیوانی گرمای کدام واکنش را نمی‌توان اندازه‌گیری کرد؟ چرا؟



سوال تشریحی: ۵۰ mL محلول سدیم هیدروکسید با غلظت معین با ۲۵ mL محلول هیدروبرمیک اسید، ۰/۵ مول بر لیتر در یک

گرماسنج در دمای ۲۵°C مخلوط شده اند تا به طور کامل با هم واکنش دهند اگر دمای پایانی ۲۷°C باشد، ΔH واکنش



(چگالی محلول‌های آغازی و پایانی ۱ g.mL⁻¹ و گرمای

ویژه محلول‌ها در آغاز و پایان ۴/۲ J.g⁻¹.C⁻¹ می‌باشد.)

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟



مقدمه ای بر سینتیک شیمیایی

روزانه واکنش های شیمیایی بسیاری در اطراف ما (در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه) و حتی درون بدن ما با سرعت های گوناگونی رخ می دهند. برخی از این واکنش ها مفید و ضروری بوده درحالی که برخی دیگر زیان بار و ناخواسته اند:

• واکنش های مفید و ضروری: گوارش، تنفس، تهیه داروها و تولید فراورده های صنعتی

• واکنش های زیان بار و ناخواسته: خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب

بنابراین شیمی دان ها از یک سو در پی یافتن راه هایی برای کاهش سرعت یا متوقف کردن واکنش های ناخواسته و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش هایی هستند که بتوانند فراورده هایی گوناگون با صرفه اقتصادی تولید کنند.

سینتیک شیمیایی شاخه ای از علم شیمی است که به مطالعه موارد زیر می پردازد:

(الف) شرایط و چگونگی انجام واکنش های شیمیایی

(ب) بررسی و محاسبه آهنگ تغییر شیمیایی (سرعت)

(د) راه های کنترل (افزایش یا کاهش) سرعت در واکنش ها

(ج) بررسی عوامل موثر بر سرعت واکنش های شیمیایی

نکته: به طور کلی، هر مبحثی که به مطالعه عامل زمان و تاثیر آن در واکنش های شیمیایی بپردازد مربوط به شاخه سینتیک شیمیایی است.

تهیه و تولید سریع تر یا کندتر یک فراورده صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد.

آهنگ واکنش بیانی از زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد.

گستره یا بازه زمانی کوچک تر \Leftrightarrow آهنگ انجام واکنش تندتر \Leftrightarrow واکنش سریع تر

نکته: گستره زمان انجام واکنش ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در برمی گیرد.

نکته: مقایسه آهنگ تغییر چند فرایند طبیعی:

آهنگ پوسیدن موز < آهنگ کدر شدن سطح ظروف فلزی < آهنگ فرایند پیر شدن

نکته: شیمی دان ها آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می کنند.

واکنش هایی که به سرعت رخ می دهند:

• انفجار \leftarrow (بسیار سریع)

(واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از مقدار کمی ماده منفجره به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می شود.)

• تشکیل رسوب سفید رنگ نقره کلرید \leftarrow (سریع)

(بر اثر افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات: $\text{NaCl}_{(aq)} + \text{AgNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{NaNO}_{3(aq)} + \text{AgCl}_{(s)}$)

رسوب سفید رنگ

واکنش هایی که به کندی رخ می دهند:

• زنگ زدن اشیاء آهنی در هوای مرطوب \leftarrow کند

(بر اثر واکنش فلز آهن با گاز اکسیژن: $4\text{Fe}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$)

زنگار تولید شده در این واکنش که

ترد و شکننده است و فرو می ریزد.

• زرد و پوسیده شدن کتاب های قدیمی \leftarrow (بسیار کند)

(بر اثر تجزیه سلولز که به کندی رخ می دهد)

سرعت واکنش در پژوهش های علمی، فناوری های نو، تولید فراورده های دارویی و ... آنچنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه

گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسه دقیق میان سرعت واکنش ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل

کمی بیان شود.



مفهوم سرعت واکنش (آهنگ واکنش) از دیدگاه کمی

همانطور که می دانید در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فراورده ها تولید می شوند. بنابراین می توان مقدار مصرف واکنش دهنده ها و تولید فراورده ها را در بازه ای از زمان اندازه گیری کرد که به آن آهنگ مصرف و یا تولید یک ماده گفته می شود. شیمی دان ها آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می کنند. بنابراین در واکنش فرضی $A \rightarrow B$ سرعت متوسط مصرف ماده A (\bar{R}_A) و سرعت متوسط تولید ماده B (\bar{R}_B) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\begin{array}{|l|} \hline \text{بر حسب} \\ \hline \text{تغییرات مول} \\ \hline \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_A = -\frac{n_A}{t} = -\frac{n_{A(2)} - n_{A(1)}}{t_2 - t_1} \\ \bar{R}_B = +\frac{n_B}{t} = +\frac{n_{B(2)} - n_{B(1)}}{t_2 - t_1} \end{array} \right. \text{یا} \left\{ \begin{array}{l} \bar{R}_A = -\frac{[A]}{t} = -\frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1} \\ \bar{R}_B = +\frac{[B]}{t} = +\frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{بر حسب} \\ \hline \text{تغییرات غلظت} \\ \hline \end{array} \right.$$

نکته: سرعت مصرف یا تولید یک ماده شرکت کننده در واکنش در گستره زمانی مشخص را سرعت متوسط آن ماده می گویند و آن را با نماد \bar{R} نمایش می دهند.

نکته: تجربه نشان می دهد که اندازه گیری و محاسبه سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت کننده در یک واکنش را می توان با اندازه گیری کمیت هایی مانند جرم، حجم، مول، غلظت، فشار و ... تعیین کرد.

نکته: سرعت همواره کمیتی تجربی و مثبت است، از این رو برای محاسبه سرعت متوسط واکنش دهنده ها از یک علامت منفی در روابط بالا استفاده شده است، چرا که روند تغییرات مول یا غلظت واکنش دهنده ها همواره نزولی است.

نکته: برای شرکت کننده ها در فاز گاز و محلول، می توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را بر حسب تغییرات مول یا غلظت محاسبه کرد. همچنین در مورد مواد گازی شکل می توان از تغییرات حجم نیز جهت محاسبه سرعت استفاده کرد.

نکته: در مورد مواد جامد یا مایع خالص فقط می توان از تغییرات جرم یا مول جهت محاسبه سرعت استفاده کرد، زیرا در این گونه از مواد، غلظت همواره مقداری ثابت و فقط به دما وابسته است که بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{غلظت یک ماده جامد یا مایع خالص} = \frac{\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}} : \left[\frac{\frac{g/L}{g/mol}}{L} \right] = \frac{mol}{L}$$

نکته: یکاهای سرعت را می توان بصورت زیر طبقه بندی کرد:

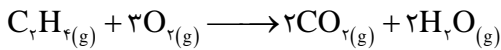
- برای مواد جامد (s)، مایع (l)، گاز (g) و محلولی (aq) \Leftarrow بر حسب تغییرات مول: $mol.s^{-1}$ یا $mol.min^{-1}$
- برای مواد گازی (g) و محلولی (aq) \Leftarrow بر حسب تغییرات غلظت: $mol.L^{-1}.s^{-1}$ یا $mol.L^{-1}.min^{-1}$
- برای مواد گازی (g) \Leftarrow بر حسب تغییرات حجم: $L.s^{-1}$ یا $L.min^{-1}$

نکته: در برخی از مسائل برای محاسبه سرعت از واحد زمان بر حسب دقیقه (min) استفاده می شود. برای تبدیل واحد زمان از دقیقه به ثانیه و یا برعکس، کفایت از تبدیل واحدهای زیر استفاده کنیم:

$$R (mol.Lit^{-1}.min^{-1}) \times \frac{1}{60} = R (mol.Lit^{-1}.s^{-1}) \quad \text{و یا} \quad R (mol.Lit^{-1}.s^{-1}) \times 60 = R (mol.Lit^{-1}.min^{-1})$$



حل یک مثال: در واکنش سوختن گاز اتیلن در حضور اکسیژن کافی طبق معادله زیر، ۵/۶ لیتر از این گاز در شرایط استاندارد (STP) در مدت زمان ۳۰ ثانیه به طور کامل مصرف می شود. سرعت متوسط مصرف گازهای اتیلن $C_2H_4(g)$ و اکسیژن $O_2(g)$ و سرعت متوسط تولید کربن دی اکسید $CO_2(g)$ و بخار آب $H_2O(g)$ را بر حسب مول بر دقیقه بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.



پاسخ: ابتدا می بایست مقدار تغییرات مول هر یک از مواد را بصورت جداگانه (در مدت زمان ۳۰ ثانیه) محاسبه کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \Delta n_{(C_2H_4)} &: \frac{5/6 \text{ L } C_2H_4(g)}{22/4 \text{ L } C_2H_4(g)} \times 1 \text{ mol } C_2H_4(g) = 0/25 \text{ mol } C_2H_4(g) \\ \Delta n_{(O_2)} &: 0/25 \text{ mol } C_2H_4(g) \times \frac{3 \text{ mol } O_2(g)}{1 \text{ mol } C_2H_4(g)} = 0/75 \text{ mol } O_2(g) \\ \Delta n_{(CO_2)} &: 0/25 \text{ mol } C_2H_4(g) \times \frac{2 \text{ mol } CO_2(g)}{1 \text{ mol } C_2H_4(g)} = 0/5 \text{ mol } CO_2(g) \\ \Delta n_{(H_2O)} &: 0/25 \text{ mol } C_2H_4(g) \times \frac{2 \text{ mol } H_2O(g)}{1 \text{ mol } C_2H_4(g)} = 0/5 \text{ mol } H_2O(g) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta t: & \quad t_1 = 0 \text{ min} \longrightarrow t_2 = 0/5 \text{ min} \\ C_2H_4(g): & \quad n_1 = 0/25 \text{ mol} \longrightarrow n_2 = 0 \text{ mol} \\ O_2(g): & \quad n_1 = 0/75 \text{ mol} \longrightarrow n_2 = 0 \text{ mol} \\ CO_2(g): & \quad n_1 = 0 \text{ mol} \longrightarrow n_2 = 0/5 \text{ mol} \\ H_2O(g): & \quad n_1 = 0 \text{ mol} \longrightarrow n_2 = 0/5 \text{ mol} \end{aligned}$$

با توجه به رابطه سرعت متوسط، برای هر یک از مواد فوق خواهیم داشت:

$$\bar{R}_{C_2H_4} = -\frac{\Delta n(C_2H_4)}{\Delta t} = -\frac{(0 - 0/25)}{(0/5 - 0)} = 0/5 \text{ mol/min} \quad \bar{R}_{CO_2} = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{(0/5 - 0)}{(0/5 - 0)} = 1 \text{ mol/min}$$

$$\bar{R}_{O_2} = -\frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t} = -\frac{(0 - 0/75)}{(0/5 - 0)} = 1/5 \text{ mol/min} \quad \bar{R}_{H_2O} = \frac{\Delta n(H_2O)}{\Delta t} = \frac{(0/5 - 0)}{(0/5 - 0)} = 1 \text{ mol/min}$$

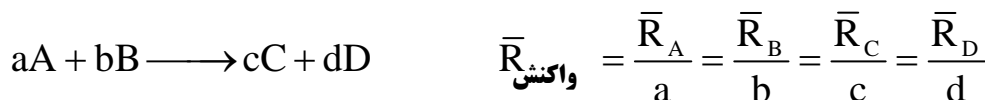
$$\boxed{\bar{R}_{O_2} > \bar{R}_{CO_2} = \bar{R}_{H_2O} > \bar{R}_{C_2H_4}}$$

با توجه به نتایج بدست آمده از مثال فوق، مشاهده می شود که سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده در یک واکنش با ضریب استوکیومتری آن ماده رابطه مستقیم دارد، به گونه ای که هرچه ضریب استوکیومتری ماده ای بزرگتر باشد، سرعت متوسط تولید یا مصرف آن در زمان انجام واکنش بیشتر است.

نکته: نسبت سرعت دو ماده در یک واکنش معین برابر نسبت ضرایب استوکیومتری آن دو ماده می باشد.

$$\boxed{\frac{\bar{R}_{O_2}}{\bar{R}_{CO_2}} = \frac{3}{2}, \quad \frac{\bar{R}_{H_2O}}{\bar{R}_{C_2H_4}} = \frac{2}{1}}$$

نکته: به نسبت سرعت هر ماده بر ضریب استوکیومتری آن در یک واکنش معین، سرعت کلی واکنش یا سرعت واکنش می گویند که همواره برای تمامی واکنش دهنده ها و فرآورده های مربوط به یک واکنش، مقداری ثابت و یکسان است، البته به شرطی که تمامی واکنش دهنده ها و فرآورده ها در یک فاز (حالت فیزیکی) باشند.



سوال تشریحی: به کمک روابط سرعت زیر، معادله موازنه شده واکنش را بنویسید:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = + \frac{1/3 \Delta n_{H_2O(l)}}{\Delta t} = - \frac{\Delta n_{NH_3(g)}}{2\Delta t} = - \frac{1/3 \Delta n_{N_2O(g)}}{\Delta t} = + \frac{\Delta n_{N_2(g)}}{4\Delta t}$$



مفهوم شیب در نمودارهای (مول- زمان) و (غلظت - زمان)

در زمان پیشرفت واکنش از غلظت (یا مقدار) واکنش دهنده ها به تدریج کاسته و به غلظت (یا مقدار) فرآورده ها به تدریج افزوده می شود. به نموداری که اطلاعات مربوط به تغییرات مول یا غلظت واکنش دهنده ها و فرآورده ها را در زمان پیشرفت یک واکنش معین نشان دهد، نمودار (مول- زمان) و یا نمودار (غلظت- زمان) می گوئیم.

نکته: نمودار (مول- زمان) یا (غلظت- زمان)، برای واکنش دهنده ها همواره روند نزولی و برای فرآورده ها همواره روند صعودی دارد.

نکته: در واکنش هایی که بصورت کامل انجام می پذیرد، مول یا غلظت واکنش دهنده ها و یا حداقل یکی از آن ها (واکنش دهنده محدود کننده) در پایان واکنش به صفر می رسد. در این گونه از واکنش ها با صفر شدن غلظت حداقل یکی واکنش دهنده ها، غلظت دیگر مواد شرکت کننده در واکنش به مقداری ثابت یا صفر می رسد. (پایان واکنش)

نکته: در واکنش های تعادلی، غلظت واکنش دهنده ها و فرآورده ها در پایان واکنش به یک مقدار غیر صفر و ثابت می رسد. بنابراین در این گونه از واکنش ها با ثابت شدن غلظت حداقل یکی واکنش دهنده ها، غلظت دیگر مواد شرکت کننده در واکنش به مقداری ثابت می رسد.

| نمودار تغییرات غلظت مربوط به یک واکنش کامل | نمودار تغییرات غلظت مربوط به یک واکنش تعادلی |
|--|--|
| | |
| $A \longrightarrow B$ | $A \rightleftharpoons B$ |

نکته: نمودار (غلظت- زمان) برای مواد جامد یا مایع خالص همواره یک خط صاف و افقی است، چرا که در این گونه از مواد، غلظت همواره مقداری ثابت است و فقط به دما وابسته می باشد.

نکته: نمودار پیشرفت واکنش برای مواد جامد یا مایع خالص می تواند بر حسب تغییرات مول یا جرم نیز باشد. همچنین برای مواد گازی شکل، این نمودار می تواند بر حسب تغییرات حجم نیز باشد.

| نمودار تغییرات غلظت مربوط به یک جامد خالص | نمودار تغییرات مول مربوط به یک جامد خالص |
|---|--|
| | |
| $A_{(s)} \longrightarrow B$ | |

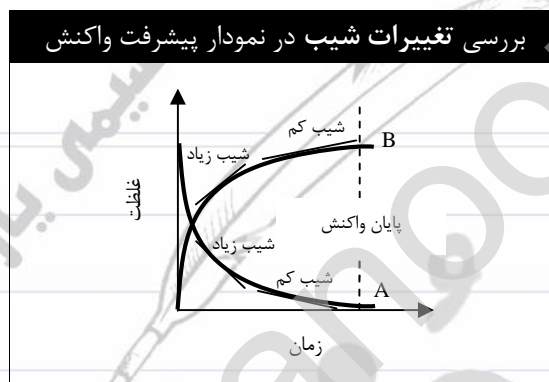


نکته: در نمودار (مول-زمان) یا (غلظت-زمان)، شیب نمودار در هر نقطه مربوط به سرعت لحظه ای تولید یا مصرف ماده مورد نظر می باشد.

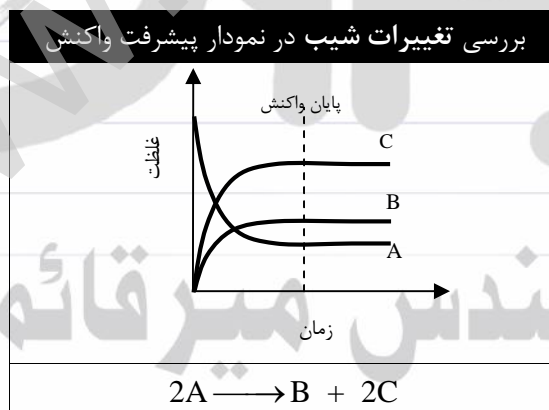
نکته: در نمودار (مول-زمان) یا (غلظت-زمان)، شیب نمودار در هر بازه زمانی مشخص مربوط به سرعت متوسط تولید یا مصرف ماده مورد نظر می باشد.

نکته: در نمودار (غلظت-زمان) مواد جامد یا مایع خالص، شیب نمودار همواره صفر خواهد بود. در صورتی که سرعت تولید یا مصرف آن ماده در نمودار (مول-زمان) صفر نیست.

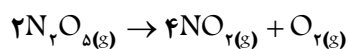
نکته: در نمودار (مول-زمان) یا (غلظت-زمان)، شیب نمودار پیوسته با گذشت زمان کاهش می یابد، چرا که طی انجام واکنش از مقدار واکنش دهنده ها کاسته شده و سرعت واکنش در جهت رفت بتدریج کاهش می یابد.



نکته: میزان تغییر غلظت مواد در یک واکنش متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده می باشد، به گونه ای که هر چه ضریب استوکیومتری ماده ای بزرگتر باشد سرعت تولید یا مصرف آن نسبت به مواد دیگر بیشتر خواهد بود، بنابراین شیب نمودار هر ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده می باشد.



سوال تشریحی: واکنش شیمیایی زیر را در نظر بگیرید. اگر سرعت مصرف N_2O_5 برابر $4/0 \text{ mol/s}$ باشد.

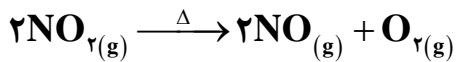


الف) سرعت تولید NO_2 چند mol/s است.

ب) سرعت متوسط واکنش چند mol/min است؟



سوال تشریحی: در جدول زیر داده های تجربی مربوط به واکنش زیر ثبت شده است:



الف) سرعت متوسط تولید O_2 و سرعت متوسط مصرف NO_2 را در فاصله ی زمانی ۵ تا ۱۵ ثانیه بر حسب $\text{mol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$ بدست آورید.

ب) اگر ظرف واکنش ۳ لیتری باشد، سرعت متوسط تولید NO بر حسب mol.min^{-1} در گستره ی زمانی بالا چقدر است؟

| زمان (s) | ۰ | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۳۰ |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $[\text{NO}_2]$ | ۴/۱ | ۳/۱ | ۲/۵ | ۲/۱ | ۱/۸ | ۱/۴ |
| $[\text{NO}]$ | ۰/۰ | ۱/۰ | ۱/۶ | ۲/۰ | ۲/۳ | ۲/۷ |
| $[\text{O}_2]$ | ۰/۰ | ۰/۵ | ۰/۸ | ۱/۰ | ۱/۱ | ۱/۳ |

سوال تشریحی: اگر شیب نمودار غلظت- زمان متناسب با سرعت واکنش باشد:

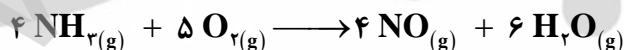


الف) با گذشت زمان سرعت نسبت به واکنش دهنده ها و فراورده ها چه تغییری می کند؟ چرا؟

ب) منظور از لحظه پایان واکنش چیست؟

ج) چرا در پایان واکنش غلظت فراورده ثابت شده است؟

سوال تشریحی: با توجه به واکنش زیر به سؤالات پاسخ دهید:



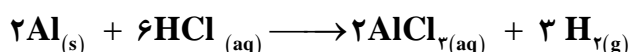
آ) بیشترین سرعت تولید یا مصرف و کمترین سرعت تولید یا مصرف به کدام مواد تعلق دارد؟

ب) اگر بدانیم سرعت متوسط مصرف آمونیاک در فاصله ی زمانی معین برابر 10^{-7} mol/L.s است، سرعت مصرف و تولید سایر مواد را از روی آن حساب کنید.

ج) سرعت انجام واکنش را نیز حساب کنید.

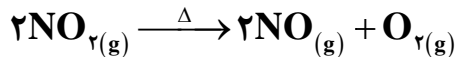
سوال تشریحی: اگر سرعت واکنش آلومینیوم با هیدر کلریک اسید $6/000$ مول بر ثانیه باشد، حجم گاز هیدروژن تولید شده در مدت ۵

دقیقه در شرایط استاندارد چند لیتر است؟

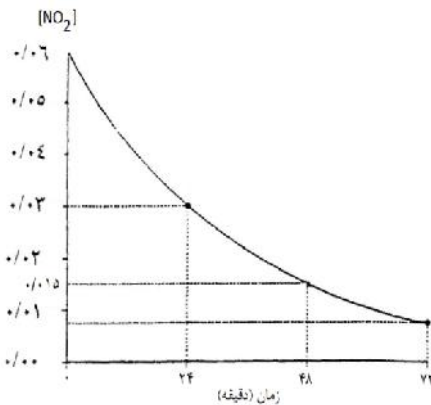




سوال تشریحی: با توجه به نمودار و واکنش داده شده به پرش‌ها پاسخ دهید:



(آ) سرعت متوسط مصرف $\text{NO}_2(\text{g})$ را در گستره‌ی زمانی صفر تا ۲۴ دقیقه بر حسب مول بر لیتر بر دقیقه به دست آورید.



(ب) اگر حجم ظرف واکنش ۲ لیتر باشد، سرعت متوسط تولید $\text{O}_2(\text{g})$ در گستره‌ی ۲۴ الی ۴۸ دقیقه چند مول بر دقیقه است؟

عوامل موثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

برای تبدیل ذرات واکنش دهنده به فرآورده‌ها لازم است تا میان آن‌ها یک برخورد موثر رخ دهد، بنابراین هر عاملی که منجر به افزایش تعداد این برخوردها و یا آسان‌تر شدن این عمل شود، باعث افزایش سرعت واکنش می‌گردد. به طور کلی عوامل گوناگونی بر سرعت واکنش‌های شیمیایی تاثیر می‌گذارند که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

۱. طبیعت یا ماهیت شیمیایی واکنش دهنده‌ها

به طور کلی هرچه فعالیت شیمیایی یک واکنش دهنده بیشتر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر و در نتیجه سرعت واکنش بیشتر خواهد بود.



واکنش فلز سدیم



واکنش فلز پتاسیم

مثال: فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می‌دهند، اما سرعت واکنش‌ها متفاوت است چرا که با توجه به آموخته‌های پیشین می‌دانیم خصلت فلزی و واکنش پذیری پتاسیم از سدیم بیشتر است.

نکته: طبیعت واکنش دهنده‌ها مهمترین عامل تعیین کننده سرعت در یک واکنش است اما نمی‌توان از آن به عنوان یک متغیر درجهت بهبود بخشیدن به سرعت واکنش‌ها استفاده کرد زیرا با تغییر ماهیت واکنش دهنده‌ها نوع واکنش نیز تغییر خواهد کرد.

۲. حالت فیزیکی واکنش دهنده‌ها

به طور کلی هرچه سطح تماس بین واکنش دهنده‌ها در یک واکنش بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود.



واکنش گرد آهن در

کپسول چینی



واکنش گرد آهن با

پاشش بر روی شعله

نکته: شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود چرا که با این عمل، سطح تماس بین واکنش دهنده‌ها (آهن و اکسیژن) افزایش یافته است.

نکته: با پودر کردن یا خرد کردن واکنش دهنده‌هایی که در فاز جامد هستند می‌توان سرعت واکنش را تا حد بسیار زیادی افزایش داد.



۳. غلظت واکنش دهنده ها

در اکثر واکنش های شیمیایی، هرچه غلظت واکنش دهنده ها بیشتر باشد، تعداد برخوردها بیشتر شده و سرعت واکنش افزایش می یابد.



واکنش الیاف آهن
در هوا



واکنش الیاف آهن
در ارلن پر از اکسیژن

مثال ۱: الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می سوزد چرا که با افزایش غلظت اکسیژن، سرعت واکنش افزایش می یابد.

مثال ۲: بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند چرا که افزایش غلظت اکسیژن باعث عملکرد بهتر اندام های حیاتی بدن می شود.

۴. دما

به طور کلی با افزایش دما در یک واکنش شیمیایی (گرماگیر یا گرماده)، سرعت واکنش افزایش می یابد.



واکنش محلول $KMnO_4$
در دمای اتاق



واکنش محلول $KMnO_4$
در دمای بالا

مثال: محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی رنگ می شود چرا که با افزایش دما، سرعت واکنش افزایش می یابد.

نکته: در یک واکنش شیمیایی با افزایش دما، جنبش ذرات واکنش دهنده بیشتر شده، سطح انرژی واکنش دهنده ها افزایش یافته و در نتیجه تعداد برخوردهای موثر افزایش می یابد.

۵. فشار

در یک واکنش یک طرفه که حداقل یکی از واکنش دهنده ها در فاز گازی باشد، با افزایش فشار، سرعت واکنش افزایش می یابد.

نکته: در یک واکنش شیمیایی یک طرفه که حداقل یکی از واکنش دهنده ها به حالت گازی است، با افزایش فشار در سیستم، حجم کاهش یافته و غلظت ماده گازی زیاد می شود.

۶. کاتالیزگر

به طور کلی در یک واکنش شیمیایی با افزودن کاتالیزگر، سرعت واکنش افزایش می یابد.

به ماده ای که باعث افزایش سرعت واکنش می شود ولی در واکنش مصرف نمی گردد، کاتالیزگر یا کاتالیزور می گوئیم. کاتالیزگرها از طریق تغییر مسیر و سازوکار واکنش و در نهایت کاهش انرژی فعال سازی، منجر به افزایش سرعت واکنش می شوند. با مفهوم انرژی فعال سازی در سال آینده آشنا خواهیم شد.

مثال ۱: واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه نسبت به حالت عادی سریع تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود دارد.



مثال ۲: محلول هیدروژن پراکسید (H_2O_2) در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می دهد.

مثال ۳: برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می شوند زیرا فاقد آنزیمی هستند که

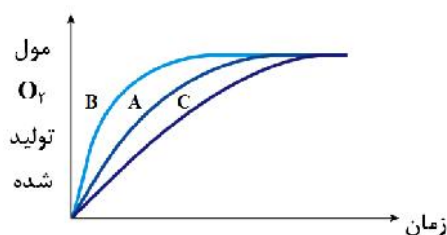
آنها را کامل و سریع هضم کند. آنزیم ها همان کاتالیزگرهای زیستی هستند که به واکنش محلول آب اکسیژنه در دمای اتاق واکنش محلول آب اکسیژنه در دمای اتاق در حضور KI واکنش های شیمیایی گوناگونی که در درون سلول ها انجام می شود، سرعت می بخشند.

سوال تشریحی: اثر کدام عامل بیان شده بر روی سرعت واکنش ها در ستون ۱، شبیه عامل ستون ۲ است؟

| ۲ | ۱ |
|--|--|
| e- بیماران تنفسی نیاز به کپسول اکسیژن دارند | a- قند آغشته به خاک باغچه بهتر میسوزد |
| f- پاشیدن گرد آهن بر روی شعله سبب سوختن آن می شود اما شعله آتش گرد آهن در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند | b- فلز روی در هیدرو کلریک اسید ۰/۲ مولار سریعتر از هیدرو کلریک اسید ۰/۱ مولار واکنش می دهد. |
| g- تولید آمونیاک در حضور فلز آهن سریعتر انجام می شود | c- جرقه در مخلوط گاز های اکسیژن و هیدروژن باعث انفجار می شود اما در مخلوط نیتروژن و اکسیژن اثری ندارد. |
| h- فلز روی با هیدرو کلریک اسید واکنش می دهد اما با آب واکنش نمی دهد. | d- براده چوب بهتر از همان مقدار چوب در هوا می سوزد |

سوال تشریحی: در نمودار مقابل منحنی A تغییر تعداد مول اکسیژن تولید شده در فرآیند تجزیه هیدروژن پراکسید ۳۲٪ جرمی را در دمای اتاق نشان می دهد. توضیح دهید منحنی های B و C به انجام همان واکنش در کدام شرایط زیر مربوط است؟

(الف) در حضور پتاسیم یدید (KI)



(ب) تجزیه هیدروژن پراکسید ۱۶٪ جرمی



فصل سوم

مقدمه ای بر علم موادی به نام "پلیمر"

پلیمرها را می توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. موارد مصرف این مواد آنقدر گسترده است که بدون آن ها زندگی انسان امروزی فلج می شود. استفاده گسترده در ساخت وسایل خانگی، اسباب بازی ها، بسته بندی ها، کیف و چمدان، کفش، میز و صندلی، شلنگ ها و لوله های انتقال آب، مواد پوششی به عنوان رنگ ها برای حفاظت از خوردگی، لاستیک ها و قطعات اتومبیل، الیاف مصنوعی در صنایع نساجی و استفاده های فراوان دیگر، نشان از اهمیت این ماده در جهان امروزی دارد. رشد سریع این علم به گونه ای بوده است که شاید بتوان دنیای آینده را همچون مجسمه ای تصور نمود که دارای مغزی از دانش کامپیوتری و بدنی از مواد پلیمری است. خواصی همچون چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی باعث شده است که این مواد جایگزین بسیار مناسبی برای فلزات و غیر فلزات باشند. به طوریکه که امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می شود.

با شناخت ماهیت مولکولی پلیمرها می توان، مواد را در دو دسته کلی کوچک مولکول ها و درشت مولکول ها (پلیمرها) طبقه بندی کرد:

الف) کوچک مولکول ها: به دسته ای از مواد مولکولی مانند کربن دی اکسید (CO_2)، برم (Br_2)، متان (CH_4)، آب (H_2O)، آمونیاک (NH_3)، گوگرد تری اکسید (SO_3)، انواع هیدروکربن ها مانند پروپان (C_3H_8) و ... که از مولکول هایی با اندازه کوچک و شمار اتم های کم تشکیل شده اند، کوچک مولکول می گوئیم. همچنین جرم مولی این مولکول ها از کم تا متوسط گزارش شده است.

ب) درشت مولکول ها (پلیمرها): به دسته ای از مواد مولکولی مانند انسولین، سلولز، نشاسته و پروتئین موجود در پشم، ابریشم و ... که از مولکول هایی با اندازه بسیار بزرگ و شمار اتم های بسیار زیاد (تا ده ها هزار اتم) تشکیل شده اند، درشت مولکول می گوئیم. جرم مولی این مولکول ها بسیار زیاد گزارش شده است. درشت مولکول های دیگری مانند پلی اتیلن (پلی اتن)، نایلون، تفلون و ... نیز وجود دارند که در طبیعت یافت نمی شوند و ساختگی (سنتزی) هستند. این مواد از واکنش پلیمری شدن (بسپارش) تهیه می شوند. واکنشی که در آن کوچک مولکول ها با اتصال به یکدیگر به درشت مولکول ها تبدیل می شوند:

مبانی شیمی پلیمرها

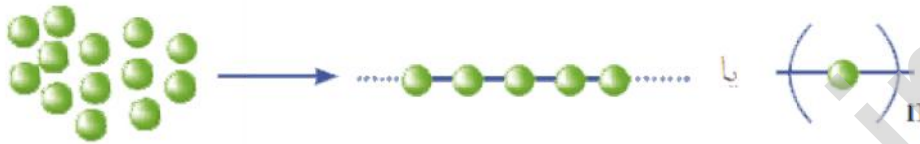
واژه پلیمر از کلمات یونانی «پلی» به معنی بسیار و «مر» به معنی قسمت، قطعه یا پاره گرفته شده است. در حقیقت این واژه به مولکول های بسیار بزرگی اطلاق می شود که از واحدهای متعدد با اتصالات کووالانسی ساخته شده باشند. به عبارت دیگر می توان گفت که پلیمر، مولکول بزرگی است که از تعداد زیادی مولکول کوچک تر به نام مونومر یا تکپار ساخته شده است.

واکنش پلیمری شدن (بسپارش)

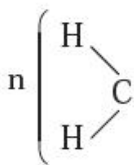
پلیمری شدن واکنشی است که در آن مولکول های کوچک در شرایط مناسب از طریق پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل می شوند و مولکول هایی با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد تولید می کنند. بررسی ها نشان می دهد که جرم مولی این مواد، اغلب ده ها هزار گرم بر مول است. زیاد بودن جرم مولی بیانگر این است که در ساختار هر مولکول آن هزاران اتم وجود دارد.



همانطور که گفته شد، پلیمرها از کنار هم قرار گرفتن مونومرها بوجود می آیند بنابراین در واکنش های پلیمری شدن، مونومرها همان واکنش دهنده ها محسوب می شوند. توجه کنید که تعیین تعداد دقیق مونومرهای شرکت کننده در یک واکنش پلیمری شدن ممکن نیست و تاکنون هیچ قاعده ای برای اتصال شمار مونومرها به یکدیگر ارائه نشده است. به همین دلیل برای پلیمرها نمی توان فرمول مولکولی دقیقی نوشت. بنابراین شیمی دان ها برای نمایش آنها، واحد تکرار شونده (مونومر) را درون پرانتز نوشته و زیروند n را جلوی آن می نویسند. در شکل های زیر الگوی تشکیل دو پلیمر با مونومرهای متفاوت نشان داده شده است:



بدیهی است که بر اساس الگوهای بالا با تغییر مونومر، پلیمری جدید با ساختار و خواص متفاوت می توان تهیه کرد. بعنوان مثال هرگاه گاز اتن (C_2H_4) را در فشار بالا گرما دهیم، جامد سفید رنگی به دست می آید که به آن پلی اتن یا پلی اتیلن می گوئیم:



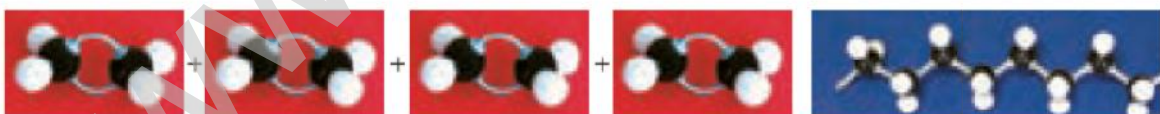
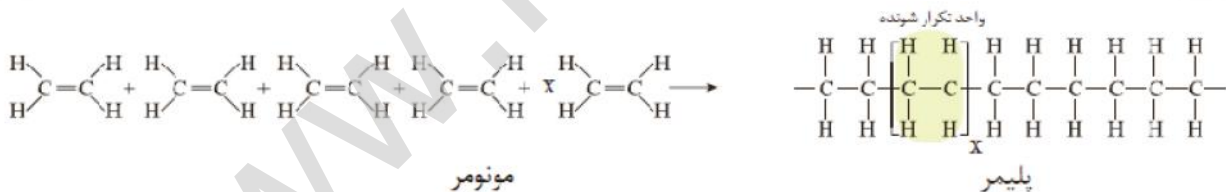
گرما و فشار

نکته: پلی اتیلن یک هیدروکربن سیرشده است چرا که اتم کربن در آن با چهار پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم دیگر متصل شده است.

گاز اتن

پلی اتیلن

در طی این واکنش یکی از پیوندهای دوگانه در اتن شکسته شده و مولکول های اتن از سوی اتم های کربن به یکدیگر متصل می شوند. با ادامه این روند، شمار زیادی از مولکول های اتن به یکدیگر افزوده شده و مولکول هایی با زنجیر کربنی بلند (پلی اتیلن) ایجاد می شوند:



نکته: هر ترکیب آلی که در ساختار خود حداقل یک پیوند دوگانه کربن-کربن ($C=C$) در زنجیر کربنی داشته باشد، می تواند در این نوع واکنش ها شرکت کند. به همین ترتیب، ترکیب های سیر نشده و حاوی چنین پیوندی در زنجیر کربنی می توانند در صنایع پتروشیمی با تأمین شرایط مناسب واکنش داده و پلیمرهای گوناگونی تولید کنند.

نیروی نگهدارنده زنجیرهای پلیمری در کنار یکدیگر

همانند کوچک مولکول ها، نیروی جاذبه میان زنجیرهای پلیمری بر حسب قطبی یا ناقطبی بودنشان، متفاوت است. بنابراین نیروی جاذبه بین مولکولی در میان زنجیره های بلند یک ماده پلیمری می تواند از نوع پیوند شیمیایی دوقطبی-دوقطبی، دوقطبی القایی - دوقطبی القایی (نیروهای ضعیف واندروالس) و هیدروژنی باشد.



معرفی چند پلیمر مصنوعی مهم و کاربردی

همانطور که گفته شد ترکیب های سبب نشده و حاوی حداقل یک پیوند دوگانه کربن-کربن ($C=C$) در زنجیر کربنی می توانند در صنایع پتروشیمی با تأمین شرایط مناسب واکنش داده و پلیمرهای گوناگونی تولید کنند. در ادامه به معرفی ساختار مولکولی، کاربردها و خواص چند پلیمر مهم و پرکاربرد می پردازیم:

الف) پلی اتن (پلی اتیلن) - PE:



پلی اتیلن یکی از مهم ترین پلیمرهای ساختگی است که سالانه میلیون ها تن از آن در شرکت های پتروشیمی تولید شده و برای ساخت وسایل گوناگونی همچون درپوش بطری ها، لوله های انتقال آب، کیسه های پلاستیکی، کیسه فریزر، منبع آب، وسایل بازی، ورقه های نازک پلاستیک، دبه های آب و ... استفاده می شود.

پلی اتیلن جامد سفید رنگی است که از گاز اتن (یکی از مهم ترین خوراک ها در صنایع پتروشیمی) بدست می آید. فرایند پلیمری شدن گاز اتن و تبدیل آن به پلی اتیلن در شکل زیر نشان داده شده است:



گاز اتن (اتیلن)

پلی اتیلن

نکته: پلی اتن مذاب را در دستگاهی با عمل دمیدن هوا به ورقه نازک پلاستیکی تبدیل می کنند.

با توجه به شکل زیر، مولکول های اتن می توانند به دو صورت به یکدیگر افزوده شوند و دو فرآورده متفاوت ایجاد کنند. بر اساس نوع ساختار پلیمر تولید شده، پلی اتیلن (PE) را به دو دسته پلی اتیلن سبک (LDPE) و پلی اتیلن سنگین (HDPE) تقسیم بندی می کنند.



پلی اتیلن بدون شاخه (خطی)

پلی اتیلن شاخه دار

اگر مولکول های اتن در شرایط معین پشت سرهم به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای بلند و بدون شاخه ایجاد کنند، پلی اتیلن سنگین تولید می شود. پلی اتیلن سنگین بدلیل ساختار بدون شاخه (خطی)، چگالی بیشتری (0.97 g/cm^3) داشته و کدر است. از پلی اتیلن سنگین در تولید لوله های پلاستیکی، دبه های آب یا بطری کدر شیر، بدلیل سخت و محکم بودن استفاده می شود.

در شرایطی دیگر برخی مولکول های اتن از کنارها به یکدیگر افزوده شده و زنجیرهای شاخه دار تولید می شود، در این حالت محصول تولید شده را پلی اتیلن سبک می نامیم. پلی اتیلن سبک بدلیل ساختار شاخه دار، چگالی کمتری (0.92 g/cm^3) داشته و شفاف است. از پلی اتیلن سبک در تولید کیسه پلاستیک موجود در مغازه ها و فروشگاه ها، بدلیل انعطاف پذیر بودن استفاده می شود.

نکته: پلی اتیلن یک ماده ناقطبی است، از اینرو نیروهای بین مولکولی در میان زنجیرهای پلیمری آن از نوع نیروهای ضعیف و اندروالسی است، اما بدلیل جرم مولکولی بالا، حتی وجود این نیروهای ضعیف می تواند در چسباندن زنجیرهای پلیمری به یکدیگر، بسیار قوی عمل کند.

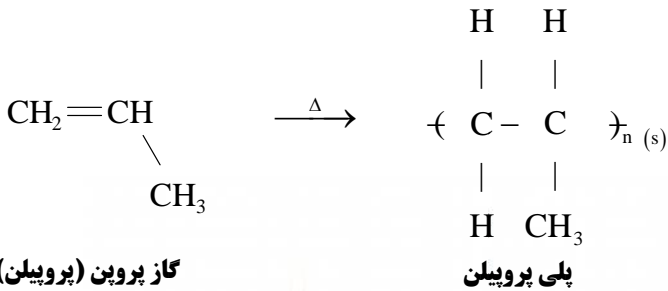
نکته: پلی اتیلن سنگین بدلیل دارا بودن فضای خالی حداقلی در میان زنجیرهای خود (ساختار بدون شاخه) و نزدیک بودن آن ها به یکدیگر در یک امتداد، دارای استحکام بیشتر و انعطاف پذیری کمتری نسبت به پلی اتیلن سبک است.



(ب) پلی پروپن (پلی پروپیلن) - PP:

یکی دیگر از مهم ترین پلیمرهای ساختگی پلی پروپیلن است که برای ساخت وسایل گوناگونی همچون سرنگ، ظروف پلاستیکی، ریسمان یا طناب، فرش و بسته بندی مواد غذایی و ... استفاده می شود.

پلی پروپیلن از گاز پروپن بدست می آید. فرایند پلیمری شدن گاز پروپن و تبدیل آن به پلی پروپیلن در شکل زیر نشان داده شده است:



(پ) پلی وینیل کلرید - PVC:

یکی دیگر از مهم ترین پلیمرهای صنعتی پلی وینیل کلرید است که برای ساخت وسایل گوناگونی همچون کیسه خون، پرده حمام، سفره، شلنگ، لوله کشی و ... استفاده می شود.

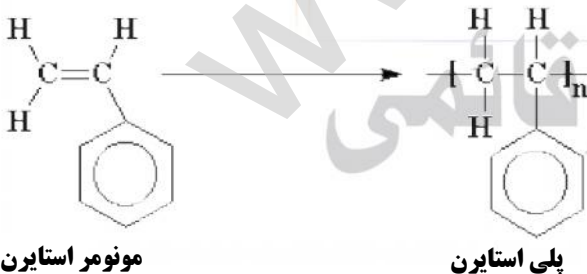
پلی وینیل کلرید از گاز وینیل کلرید بدست می آید. فرایند پلیمری شدن گاز وینیل کلرید و تبدیل آن به پلی وینیل کلرید در شکل زیر نشان داده شده است:



(ت) پلی استایرن - PS:

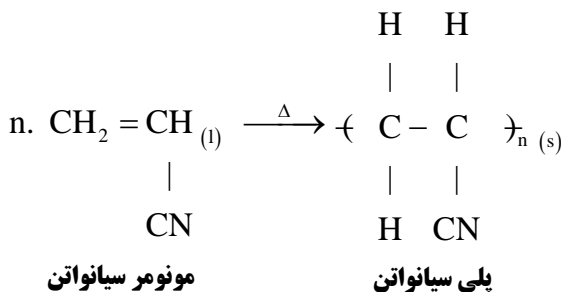
یکی دیگر از مهم ترین پلیمرهای صنعتی پلی استایرن است که برای ساخت وسایل گوناگونی همچون ظروف یکبار مصرف، لوازم اداری و صنایع بسته بندی استفاده می شود.

پلی استایرن از مونومر استایرن بدست می آید. فرایند پلیمری شدن آن در شکل زیر نشان داده شده است:



(ث) پلی سیانواتن (پلی آکریلونیتریل):

یکی دیگر از پلیمرهای صنعتی پلی سیانواتن است که در تولید پتو، موکت، الیاف و ... کاربرد دارد. پلی سیانواتن از مونومر سیانواتن بدست می آید. فرایند پلیمری شدن آن در شکل زیر نشان داده شده است:

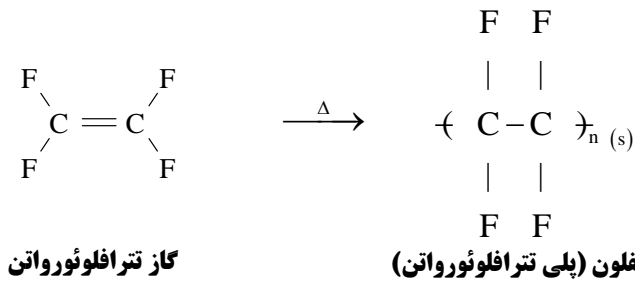




ج) پلی تترافلوروواتن (تفلون):

تفلون نام تجاری پلیمری است که کشف اتفاقی آن در دهه ۱۹۳۰ میلادی توسط پلانکت صورت گرفت. پلانکت و گروه پژوهشی او در حال بررسی و مطالعه انواع سرد کننده هایی بودند که گاز مصرفی در آن ها تترافلوروواتن بود. گازی که پس از مدتی در داخل کپسول گاز به لایه نازکی از یک ماده جامد به نام پلی تترافلوروواتن تبدیل شده بود و در نهایت با برش کپسول توسط پلانکت، این پلیمر کشف گردید. از تفلون در ساخت نخ دندان، نوار تفلون جهت آب بندی، ظروف نجسب آشپزخانه، پد اتو و ... استفاده می شود.

تفلون از مونومر گازی تترافلوروواتن بدست می آید. فرایند پلیمری شدن آن در شکل زیر نشان داده شده است:

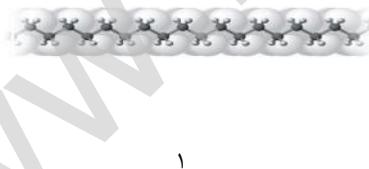
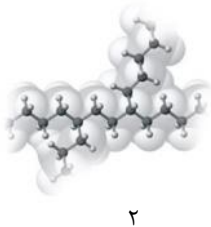


گاز تترافلوروواتن

تفلون (پلی تترافلوروواتن)

نکته: تفلون، نقطه ذوب بالایی دارد و در برابر گرما مقاوم است. این پلیمر از نظر شیمیایی بی اثر است و با مواد شیمیایی واکنش نمی دهد، در حلال های آلی حل نمی شود و نجسب است. این ویژگی ها دلیل کاربرد وسیع این پلیمر است.

سوال تشریحی: تصویر زیر ساختار دو نوع پلی اتن را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



الف) کدام پلی اتن چگالی کمتری دارد؟ چرا؟

ب) کدام پلی اتن در تهیه کیسه پلاستیکی استفاده می شود؟ چرا؟

پ) کدام پلی اتن استحکام بیشتری دارد؟ چرا؟

ت) نیروی بین مولکولی در این مولکول ها چیست؟

سوال تشریحی: نام پلیمر سازنده هر یک از موارد زیر را بنویسید.

الف) نخ دندان (ب) سرنگ (پ) ظروف یک بار مصرف

ت) کیسه خون (ث) پتو

سوال تشریحی: اگر مولکول های ۲- بوتن را تحت فشار زیاد و گرما قرار دهیم تا واکنش بسپارش میان آن اتفاق بیفتد، ساختار پلیمر

حاصل را رسم کنید و معادله واکنش را نیز بنویسید.

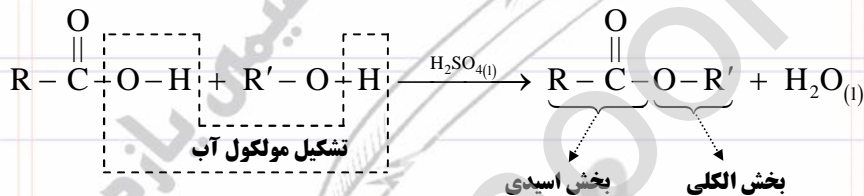


پلی استرها

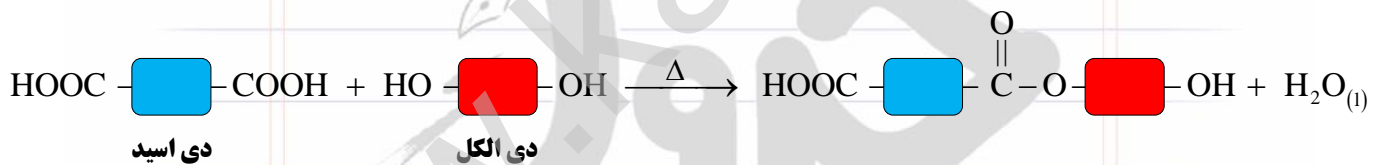
پلی استرها دسته ای از پلیمرهای قطبی محسوب می شوند که در ساختار زنجیرهای خود دارای گروه عاملی استری $(-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-)$ باشند. از این پلیمرها به طور عمده می توان در تولید الیاف، نخ و در نهایت پارچه های پلی استری استفاده کرد.

با گروه عاملی استری و استرها در بخش شیمی آلی آشنا شدید. فرمول عمومی اغلب آن ها بصورت $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}'$ (R و R') نشان دهنده یک زنجیر هیدروکربنی یا گروه آلکیلی مشخص هستند، البته R می تواند نشان دهنده یک اتم هیدروژن نیز باشد (نمایش داده می شوند).

همانطور که گفته شد کربوکسیلیک اسیدها $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ با الکل ها $\text{R}-\text{OH}$ در شرایط مناسب واکنش می دهند و با از دست دادن یک مولکول آب، به استر تبدیل می شوند. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند:



اکنون با توجه به واکنش استری شدن، می توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی با یک الکل دو عاملی در شرایط مناسب، یک پلی استر تولید می شود.



همان طور که می بینید در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. بنابراین واکنش استری شدن می تواند ادامه پیدا کند. آن چنان که فراورده تولید شده می تواند از یک سو با عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل الکی واکنش دهد و مولکول هایی با زنجیر بلند و شمار زیادی عامل استری تولید کند که به آن پلی استر می گوئیم:



نکته: با توجه به معادله فوق، در ساختار یک پلی استر، $2n-1$ گروه استری، یک گروه اسیدی و یک گروه الکی وجود دارد.

نکته: با توجه به معادله فوق، در ساختار واحد تکرارشونده یک پلی استر، یک گروه استری، یک گروه کربونیل و یک گروه اتتری وجود دارد.

با توجه به این نکته که رفتار و ویژگی های مواد به ساختار آن ها بستگی دارد، بنابراین با استفاده از کربوکسیلیک اسیدها و الکل های دو عاملی گوناگون، می توان پلی استرهایی با ساختار و خواص منحصر به فرد و با کاربردهای ویژه ساخت.



پلی آمیدها

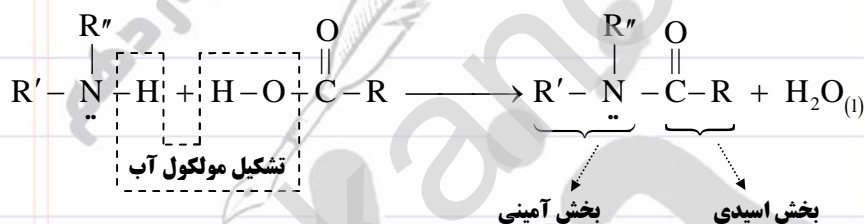
پلی آمیدها دسته ای از پلیمرهای قطبی محسوب می شوند که در ساختار زنجیرهای خود دارای گروه عاملی آمیدی $(-C(=O)-\ddot{N}-)$ باشند. از این پلیمرها به طور عمده می توان در تولید کولار برای تهیه تایر اتومبیل، قایق بادبانی، لباس های مخصوص مسابقه موتورسواری و جلیقه های ضدگلوله استفاده کرد. پوشاک دوخته شده از کولار سبک و بسیار محکم بوده و در برابر ضربه، خراش و بریدگی مقاوم است.

نکته: مو، ناخن، پوست بدن ما همچنین شاخ حیوانات و پشم گوسفند نمونه ای از پلی آمیدهای طبیعی هستند.

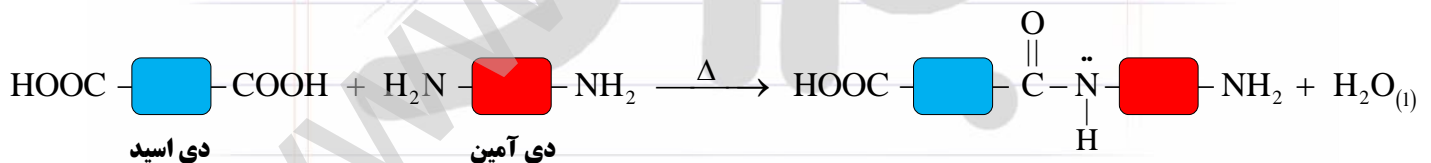
نکته: کولار یکی از معروف ترین پلی آمیدهای مصنوعی (ساختگی) است. این پلیمر از فولاد هم جرم خود پنج برابر مقاوم تر است.

با گروه عاملی آمیدی و آمیدها در بخش شیمی آلی آشنا شدید. فرمول عمومی اغلب آن ها بصورت $R'-\ddot{N}(R'')-\overset{O}{\parallel}C-R$ و R' و R'' نشان دهنده هیدروژن یا یک زنجیر هیدروکربنی یا گروه آلکیلی مشخص هستند (نمایش داده می شوند. همانطور که گفته شد کربوکسیلیک اسیدها

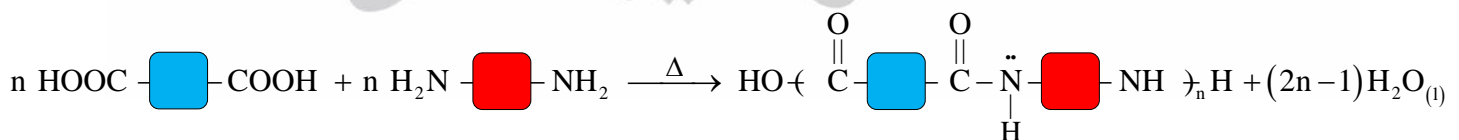
$R-C(=O)-OH$ با آمین ها (نوع اول یا دوم) یا آمونیاک در شرایط مناسب واکنش می دهند و با از دست دادن یک مولکول آب، به آمید تبدیل می شوند. معادله زیر واکنش شیمیایی انجام شده را توصیف می کند:



اکنون با توجه به واکنش آمیدی شدن، می توان نتیجه گرفت که از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی با یک آمین دو عاملی در شرایط مناسب، یک پلی آمید تولید می شود.



همان طور که می بینید در ساختار فراورده، همچنان یک گروه عاملی آمینی و یک گروه عاملی کربوکسیل وجود دارد. بنابراین واکنش آمیدی شدن می تواند ادامه پیدا کند. آن چنان که فراورده تولید شده می تواند از یک سو با عامل اسیدی و از سوی دیگر با عامل آمینی واکنش دهد و مولکول هایی با زنجیر بلند و شمار زیادی عامل آمیدی تولید کند که به آن پلی آمید می گوییم:



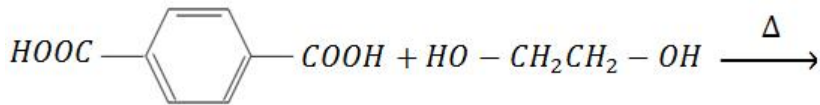
نکته: با توجه به معادله فوق، در ساختار یک پلی آمید، $2n-1$ گروه آمیدی، یک گروه اسیدی و یک گروه آمینی وجود دارد.

نکته: با توجه به معادله فوق، در ساختار واحد تکرارشونده یک پلی آمید، یک گروه آمیدی، یک گروه کربونیل و یک گروه آمینی وجود دارد.

نکته: با توجه به ساختار پلی آمیدها و پلی استرها و مقایسه آن ها، متوجه می شویم که پلی آمیدها توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی در سرتاسر زنجیرهای خود را دارند، در صورتی که پلی استرها فقط از دو سر زنجیرهای خود می توانند پیوند هیدروژنی برقرار کنند.



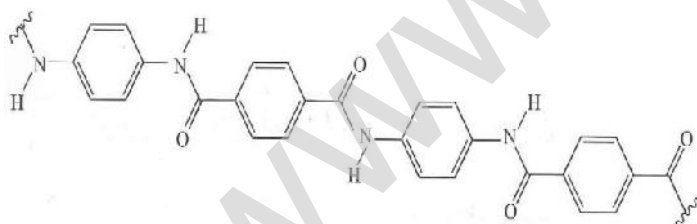
سوال تشریحی: مراحل تهیه ی پلی استر حاصل از اسید و الکل زیر را نوشته و توضیح دهید.



سوال تشریحی: با رسم ساختار های مناسب جاهای خالی را در جدول زیر پر کنید.

| پلی استر | دی الکل سازنده | دی اسید سازنده |
|----------|-------------------------|---|
| (۱) | $HO - CH_2 - CH_2 - OH$ | $HO - \overset{O}{\parallel} C - \overset{O}{\parallel} C - OH$ |
| | (۲) | (۳) |

سوال تشریحی: ساختار زیر پلیمر کولار را نشان می دهد. در رابطه با این پلیمر به پرستی ها پاسخ دهید.



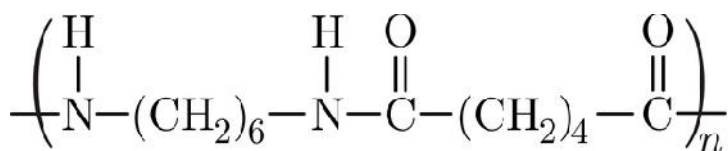
الف) دور گروه عاملی این پلیمر خط کشیده و نام آن را بنویسید.

ب) دو کاربرد این پلیمر را بنویسید.

پ) ساختار واحد تکرار شونده این پلیمر را رسم کنید.

ت) دی اسید و دی آمین سازنده این پلیمر را بنویسید.

سوال تشریحی: در شکل زیر ساختار پلیمری به نام نایلون ۶۶ داده شده است:



آ) این پلیمر به کدام دسته از پلیمرها تعلق دارد؟

ب) نیروی بین مولکولی این پلیمر از چه نوعی است؟

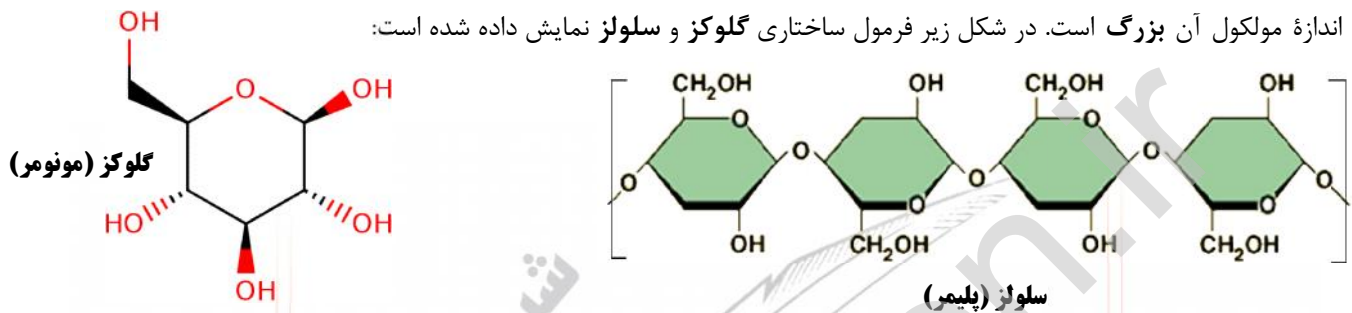
پ) واحدهای سازنده این پلیمر را مشخص کنید.



پلیمرهای طبیعی

الف) سلولز

سلولز ماده تشکیل دهنده الیاف پنبه است که دارای زنجیرهای بسیار بلندی است که از اتصال شمار بسیار زیادی مولکول گلوکز (واحد های ۶ ضلعی) به یکدیگر ساخته می شود. با این توصیف، سلولز یک پلیمر راست زنجیر است که شمار اتم های سازنده آن، بسیار زیاد بوده و اندازه مولکول آن بزرگ است. در شکل زیر فرمول ساختاری گلوکز و سلولز نمایش داده شده است:

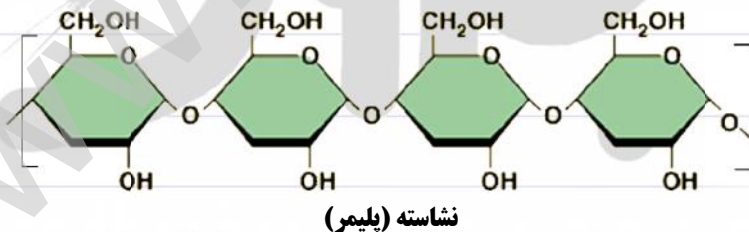


نکته: گلوکز با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_6$ ، دارای ۵ گروه هیدروکسیل و یک گروه اتری است.

نکته: در طول زنجیر سلولز، گروه های اتری در یک سمت قرار نگرفته اند و بصورت یک در میان در دو سمت (بالا و پایین) زنجیره قرار دارند.

ب) نشاسته

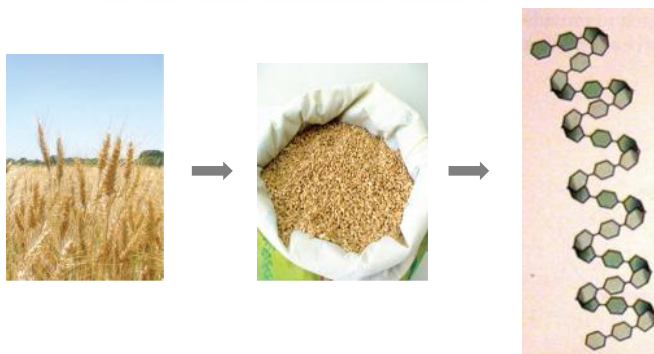
نشاسته پلی ساکاریدی است که در نان، سیب زمینی وجود دارد. این پلیمر از اتصال مولکول های گلوکز به یکدیگر تشکیل شده است. مولکول های نشاسته در شرایط مناسب مانند محیط مرطوب با کاتالیزگر یا محیط گرم و مرطوب به آرامی به مونومرهای سازنده (گلوکز) تجزیه می شوند و مزه شیرین ایجاد می کنند. نشاسته هنگام گوارش (که از دهان آغاز می شود) به گلوکز تبدیل می گردد. در واقع گوارش نشاسته شامل واکنش شیمیایی تجزیه آن است که به کمک آنزیم ها تسریع می شود. در شکل زیر فرمول ساختاری نشاسته نمایش داده شده است:



نکته: در طول زنجیر نشاسته، تمامی گروه های اتری در یک سمت قرار دارند.

نکته: با توجه به ساختار هر دو پلیمر (نشاسته و سلولز)، به این نکته پی خواهیم برد که مونومرهای تشکیل دهنده آن ها همان گلوکز است اما بدلیل تفاوت در نوع اتصال مولکول های گلوکز در زنجیره هر یک از آن ها، فرمول ساختاری نهایی نشاسته با سلولز متفاوت است.

سوال تشریحی: با توجه به شکل زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



الف) نام ترکیب A را بنویسید.

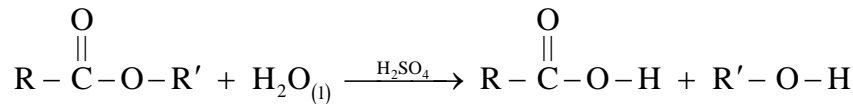
ب) نام مولکول های B را بنویسید.

پ) آیا می توان ترکیب A را جزء درشت مولکول ها طبقه بندی کرد؟ چرا؟



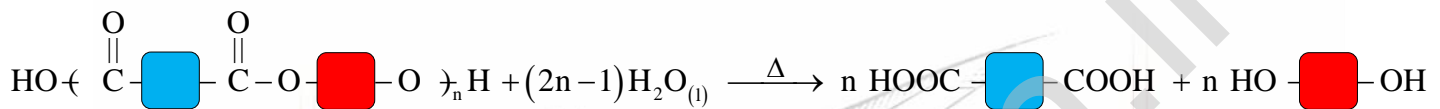
تجزیه (تخریب) پلیمرها

استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می دهند و به الکل و اسید آلی سازنده تبدیل می شوند. این واکنش به آبکافت استرها معروف است. معادله عمومی آبکافت یک نمونه استر و تبدیل آن به الکل و اسید آلی سازنده اش بصورت زیر است:

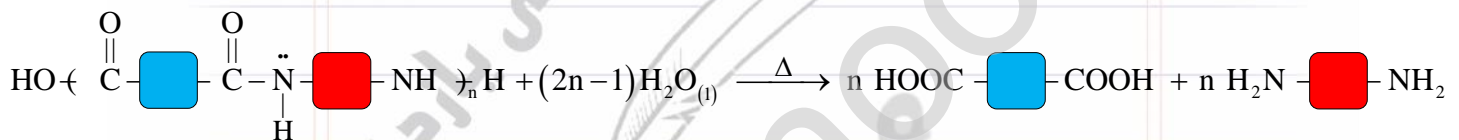


به همین ترتیب پلی آمیدها و پلی استرها نیز در شرایط مناسب با آب واکنش می دهند (آبکافت) و به مونومرهایشان تبدیل می شوند.

آبکافت پلی استرها:



آبکافت پلی آمیدها:



نکته: با گذشت زمان، مولکول های پلیمر سازنده تار و پود لباس ها با مولکول های موجود در محیط پیرامون (آب:رطوبت هوا) واکنش می دهند و برخی از پیوندهای موجود در ساختار آن ها مانند پیوند استری یا آمیدی شکسته می شوند. بدین ترتیب استحکام الیاف پارچه کم شده و در نهایت از هم گسسته می شوند.

نکته: در محیط های گرم و مرطوب و با استفاده بی رویه از شوینده ها، آهنگ شکستن این پیوند ها (استری یا آمیدی) سریع تر و لباس های نخی زودتر پوسیده می شوند.

نکته: آهنگ تجزیه پلی آمیدها و پلی استرها به ساختار مونومرهای سازنده آن ها بستگی دارد اما در حالت کلی بسیار کند است.



بازیافت پلیمرها

پلیمرهای سنتزی حاصل از هیدروکربن های سیرنشده، به انجام واکنش تمایلی ندارند و در طبیعت تجزیه نمی شوند. بدین ترتیب این مواد برای سالیان طولانی دست نخورده باقی می مانند و در واقع پلیمرهای ماندگارند. علت این است که این پلیمرها، ساختاری شبیه به آلکان ها دارند و سیر شده هستند. هر چند استفاده از این پلیمرها صرفه اقتصادی دارد، اما از نگاه پیشرفت پایدار، تولید و استفاده از این پلیمرها الگوی مطلوبی ندارد. استفاده بی رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به همراه زیست تخریب ناپذیری آنها سبب شده که در جای جای کره زمین یافت شوند.

مشکلات ایجاد شده بر اثر ماندگاری دراز مدت این مواد در طبیعت:

- تبدیل محیط زیست به گورستان زباله
- کثیف شدن چهره شهرها و محیط زیست
- آسیب زدن به زندگی جانداران
- تحمیل هزینه های بسیار بالا بر اقتصاد یک جامعه

از این رو بازیافت آن ها اجتناب ناپذیر بوده و یکی از راهکارهای عملی است که به حفظ و بهره برداری بهینه از منابع منجر خواهد شد.

نکته: مواد زیست تخریب پذیر موادی هستند که در طبیعت توسط جانداران ذره بینی به مولکول های ساده و کوچک مانند کربن دی اکسید، متان، آب و... تبدیل می شوند. پلیمرهای طبیعی زیست تخریب پذیرند.

نکته: با حک کردن نشانه ای مخصوص (عددی در داخل یک مثلث) برای هر پلیمر بر روی کالاها، سه هدف زیر را دنبال می کنیم:

۱. آسان سازی فرایند بازیافت
۲. افزایش کارایی فرایند بازیافت
۳. افزایش کیفیت فرآورده های حاصل از بازیافت

پلیمر سبز

جایگزینی پلیمرهای ساختگی (سنتزی) با پایه نفتی با پلیمرهای زیست تخریب پذیر، راهکار دیگری است که در دو دهه اخیر مورد توجه همه جهانیان قرار گرفته است. پلیمرهای سبز دسته ای از پلیمرهای دوست دار محیط زیست هستند که با رها شدن در طبیعت، توسط جانداران ذره بینی تجزیه شده و پس از چند ماه به مولکول های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل می شوند.

نکته: پلیمرهای سبز را از فرآورده های کشاورزی مانند سیب زمینی، ذرت و نیشکر تهیه می کنند. به طوریکه نخست نشاسته موجود در این مواد را به لاکتیک اسید تبدیل کرده، سپس از واکنش پلیمری شدن آن در شرایط مناسب پلی لاکتیک اسید تولید می شود.

نکته: شیر ترش شده دارای لاکتیک اسید است:

نکته: پلی لاکتیک اسید نوعی پلیمر سبز است که در ساخت انواع ظرف های پلاستیکی یکبار مصرف، وسایل آشپزخانه، سفره، سطل زباله، کیسه پلاستیکی و... کاربرد دارد.

نکته: با تبدیل شدن پلاستیک های تولید شده از پلی لاکتیک اسید به کود، رد پای کوچک تری در محیط زیست برجای می ماند.