@SAKOYEYAZDAHOM

دکتر نیک
انتشارات

یک صبح! یک ظهر! یک شب!

آموزش
آموزش

شیمی ۲

دهم تجربی

گروه مؤلفان

شیمی ۲ دهم تجربی

گروه مؤلفان

دکتر نیک
انتشارات

عنوان و نام پدیدآور: شیمی ۲،شیمی یازدهم - گروه مؤلفان
مشخصات نشر: تهران: دکتر نیک،۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۳۱۰ص: مصور(رنگی)،جدول،نمودار؛ ۲۲×۲۹س‌م.
شابک: ۶-۹-۹۷۹۲۶-۶۰۰-۹۷۸
شناسه افزوده: انتشارات دکتر نیک
شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۲۴۶۳۹

شیمی ۲ پایه یازدهم

پدیدآورندگان: **گروه برنامه ریزی و تألیف دکتر نیک**
ویراستاری: **حکیمه کاشفی اقدم، طاهره السادات فاطمی، انسیه پارسافر**
صفحه آرایی و تصویر: **گروه هنری انتشارات دکتر نیک**
طراح جلد: **محمدرضا چشمه**
حروف‌چین: **منیره سادات فرهانیان**
نوبت چاپ: **اول . تابستان ۱۳۹۶**
لیتوگرافی: **کمیل قم**
چاپ: **آبنوس**
شابک: ۶-۹-۹۷۹۲۶-۶۰۰-۹۷۸
تیراژ: **۲۰۰۰ نسخه**
قیمت: **۲۵۰۰۰ تومان**

توجه: به‌موجب مادهٔ ۵ قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ کلیهٔ حقوق این کتاب برای انتشارات دکتر نیک محفوظ می‌باشد و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق استفاده از آن را ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

ارتباط با دکتر نیک
تهران | خیابان انقلاب | حدفاصل متروی دروازه دولت و میدان فردوسی
کوچه آذرنوش | پلاک ۲ | واحد ۱
۸۸۹۳۲۶۵۲ | ۸۶۰۳۷۴۹۰
۸۸۸۲۳۸۶۸
www.DrNick.ir
Dr.nick.publication@gmail.com
Dr_Nick_Publication@

غول باش وقتی می تونی!

دوستان سلام!

امیدواریم که حالتون توپ توپ باشه!

با یه کتاب فوق العاده تو زمینه آموزش شیمی برگشتیم. کتابی که هیچ جای ایران پیدا نمی‌شه، چون براساس تاپ‌ترین کتاب‌های رفرنس دنیا نوشته شده.

ما بعد از کلی بررسی روش‌های آموزش شیمی در برترین مدارس دنیا و در نظر گرفتن این شیوه‌های آموزشی با استانداردهای نظام آموزشی کشور خودمون، ترکیبی ساختیم به اسم کتاب شیمی دکتر نیک!

می‌تونیم به جرأت بگیم این کتاب می‌تونه خیلی خیلی فهم و دید شما رو از شیمی بالا ببره و شمارو توی شیمی یه غول کنه! غولی که عاشقانه مسائل و مشکلات یادگیری شیمی رو مثل شکلات می‌خوره.

مراحل غول شدن تو شیمی با قدم های زیر:

۱. قدم اول:

درسنامه؛ مباحث آموزشی به بهترین و ساده‌ترین روش ممکن و در بعضی قسمت‌ها با استفاده از تصاویر آموزش داده شده و کلی سؤال ساده و آسون حل میشه تا به شما یاد بده که اصلن اصل ماجرا چیه.

۲. قدم دوم:

آموزش حلّ سؤالات سخت و جون‌دارتر تو کادرهایی به اسم «نمونهٔ حل‌شده».

۳. قدم سوم:

نقشهٔ راه یا به اصطلاح Road Map که در کادرهای نمونهٔ حل‌شده اومده و مهم‌ترین ایدهٔ این کتابه.

بزرگ‌ترین معضل دانش‌آموزان اینه که وقتی یه سؤال، داده‌های زیادی داره (مثلاًچنتا عدد) نمی‌دونن از کدومش شروع کنن و مسئله رو حل کنن و این جز با تکنیک نقشهٔ راه امکان‌پذیر نیست.

با استفاده از استراتژی، نقشهٔ راه رو کامل براتون باز کردیم و مسیر حل مسئله رو موبه‌مو توضیح دادیم. وقتی شما مسیر حلّ یه سؤال رو بلد باشی می‌دونی از کجا شروع کنی و چطور بری تا به جواب برسی. این تکنیک رو وقتی یاد بگیری باعث میشه تو هم به مرور زمان برای خودت غولی بشی و تا سؤال رو خوندی فوراً بفهمی چطور باید دست به کار بشی.

۴. قدم چهارم:

بعد از پشت سر گذاشتن این مراحل وقتشه که خودتو محک بزنی. در انتهای کادرهای «نمونهٔ حل‌شده» سؤال‌هایی رو آوردیم به نام «خودت حل کن» که جواباشون هم آخر هر فصل اومده. می‌تونی بعد این‌که سؤال‌ها رو حل کردی پاسخ‌هاشو آخر سر چک کنی (نه این‌که از همون اول بری دنبال جوابش). سؤالات «خودت حل کن» مثل همون سؤالات «نمونه حل‌شده» است.

حالا وقتشه دوتا کادر «نمونه حل‌شده» رو ببینیم:

کادر نمونه حل شده

سؤال سخت و چون دار

نمونه حل شده ۱ – ۱۱ محاسبه حجم تولیدی یک گاز در شرایط STP با استفاده از جرم یک ماده ناخالص

سؤال: ۰/۴ گرم مس $Cu(s)$ با درصد خلوص ۸۰٪ را به نیتریک‌اسید سرد و رقیق افزوده‌ایم. چند میلی‌لیتر $NO(g)$ در شرایط STP تولید می‌شود؟

بهترین استراتژی حل سؤال

$$1\,mol\,Cu = 63/55\,g$$

$$3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$$

استراتژی: ابتدا با استفاده از رابطه درصد خلوص، جرم مس ناخالص را به جرم مس خالص تبدیل می‌کنیم. سپس جرم مس خالص را به کمک جرم مولی آن به مول Cu، مول Cu را به کمک معادله موازنه‌شده به مول NO و مول NO را به کمک حجم مولی گازها در شرایط STP(۲۲/۴L) به حجم NO تبدیل می‌کنیم.

حل:

حل مرحله به مرحله سؤال

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

$$\text{جرم Cu خالص} = 0/4 \times \frac{80}{100} = 0/32\,g$$

$$0/32\,g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{63/55\,g\,Cu} \times \frac{2\,mol\,NO}{3\,mol\,Cu} \times \frac{22/4\,L\,NO}{1\,mol\,NO} \times$$

$$\frac{1000\,mL\,NO}{1\,L\,NO} = 75/19\,mL\,NO$$

تذکر: در این‌گونه مسائل می‌توانید به جای استفاده از رابطه درصد خلوص، کسر تبدیل معادل آن را نوشته و مسأله را در یک مرحله حل کنید. به طور مثال در این‌جا چون درصد خلوص مس ۸۰ است یعنی در هر ۱۰۰ گرم مس ناخالص، ۸۰ گرم مس خالص وجود دارد و چون می‌خواهیم جرم مس ناخالص را به جرم مس خالص تبدیل کنید، کسر تبدیل معادل رابطه درصد خلوص به صورت $\frac{80\,g\,Cu\ \text{خالص}}{100\,g\,Cu\ \text{ناخالص}}$ می‌باشد.

سؤال خودت حل کن

$$?\,mL\,NO = 0/4\,g\,Cu_{\text{ناخالص}} \times \frac{80\,g\,Cu_{\text{خالص}}}{100\,g\,Cu_{\text{ناخالص}}} \times \frac{1\,mol\,Cu}{63/55\,g\,Cu_{\text{خالص}}} \times$$

$$\frac{2\,mol\,NO}{3\,mol\,Cu} \times \frac{22400\,mL\,NO}{1\,mol\,NO} = 75/19\,mL\,NO$$

مطابق معادله موازنه‌شده زیر، از واکنش کامل 79/85g آهن (III) اکسید با درصد خلوص ۶۰٪، چند گرم آب تولید می‌شود؟

$(Fe_2O_3 = 159/7\,g.mol^{-1})$

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

خودت حل کن

نقشه راه
Road Map

درصد خلوص ← جرم Cu ناخالص

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

↓

جرم Cu خالص

↓ $\times \frac{1\,mol\,Cu}{63/55\,g\,Cu}$ } جرم مولی

مول Cu

↓ $\times \frac{2\,mol\,NO}{3\,mol\,Cu}$ } ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه‌شده

مول NO

↓ $\times \frac{22/4\,L\,NO}{1\,mol\,NO}$ } حجم مولی گازها در شرایط STP

لیتر NO

↓ $\times \frac{1000\,mL\,NO}{1\,L\,NO}$

میلی‌لیتر NO

سؤال سخت و چون دار

کادر نمونه حل شده

نقشه راه
Road Map

نمونه حل شده ۲–۲۳ سوختن مخلوطی از گازها

سؤال: از سوزاندن کامل مخلوطی از دو گاز CH_4 و C_2H_6 به حجم ۶۷/۲ لیتر در شرایط STP، ۳۳۴۰kJ گرما آزاد می‌شود. درصد حجمی گازها در مخلوط را به دست آورید. (آنتالپی سوختن CH_4 و C_2H_6 به ترتیب برابر با ۸۹۰- و ۱۵۶۰- کیلوژول بر مول است.)

استراتژی: با توجه به آنتالپی‌های سوختن داده شده می‌دانیم که از سوختن ۱ مول از هر دو گاز چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود. ابتدا با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP، تعداد کل مول گازها را به دست می‌آوریم. سپس فرض می‌کنیم x مول CH_4 و y مول C_2H_6 در مخلوط وجود داشته است. با توجه به گرمای آزادشده یک معادله نوشته و x و y را حساب می‌کنیم.

حل:

تعداد کل مول گازها در مخلوط : $67/2\,L \times \frac{1\,mol\ گاز}{22/4\,L} = 3\,mol$ گاز

$x + y = 3$

x: مول CH_4 در مخلوط

y: مول C_2H_6 در مخلوط

$$(x\,mol\,CH_4 \times \frac{890\,kJ}{1\,mol\,CH_4}) + (y\,mol\,C_2H_6 \times \frac{1560\,kJ}{1\,mol\,C_2H_6}) = 3340\,KJ$$

$$\Rightarrow 89x + 156y = 334$$

با حل دو معادله ـ دو مجهول x و y را به دست می‌آوریم:

$$\times(-89)\begin{cases} 89x + 156y = 334 \\ x + y = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 89x + 156y = 334 \\ -89x - 89y = -267 \end{cases}$$

$$67y = 67 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} y = 1\ (\text{تعداد مول } C_2H_6) \\ x = 3 - 1 = 2\ (\text{تعداد مول } CH_4) \end{cases}$$

بنابراین از $67/2\,L$ مخلوط گازی در شرایط STP، $1 \times 22/4\,L$ مربوط به C_2H_6 و $2 \times 22/4\,L$ مربوط به CH_4 بوده است.

$$\text{درصد حجمی } CH_4 = \frac{\text{حجم } CH_4}{\text{حجم مخلوط}} \times 100 = \frac{44/8}{67/2} \times 100 = 66/6$$

$$\Rightarrow \text{درصد حجمی } C_2H_6 = 100 - 66/6 \simeq 33/3$$

تذکر: در سال دهم خواندیم که در دما و فشار یکسان نسبت مولی گازها با نسبت حجمی آن‌ها برابر است (قانون آووگادرو) بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{درصد حجمی } CH_4 = \text{درصد مولی } CH_4 = \frac{2}{1+2} \times 100 = 66/6$$

سؤال خودت حل کن

خودت حل کن

از سوختن کامل مخلوطی به جرم ۱۰g از گازهای متان و کربن‌مونوکسید در دما و فشار معین، ۳/۶g آب و ۱۷۳/۹kJ گرما تولید شده است. محاسبه کنید از سوختن کامل ۱ مول گاز کربن‌مونوکسید در همان شرایط، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ (آنتالپی سوختن متان برابر $-890\,kJ.mol^{-1}$ است.)

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

بهترین استراتژی حل سؤال

حل مرحله به مرحله سؤال

نقشه راه Road Map

قدم اول

حجم مخلوط گازی (L)

$\times \frac{1\,mol\ \text{مخلوط گازی}}{22/4\,L\ \text{مخلوط گازی}}$ ← حجم مولی گازها در شرایط STP

مخلوط گازی mol $(x + y)$ ← $x\,mol\,CH_4$ و $y\,mol\,C_2H_6$

قدم دوم

$x\,mol\,CH_4$ و $y\,mol\,C_2H_6$

$\times \frac{890\,kJ}{1\,mol\,CH_4}$ و $\times \frac{1560\,kJ}{1\,mol\,C_2H_6}$

گرما kJ (Q_1) و گرما kJ (Q_2)

$Q_{کل} = Q_1 + Q_2$ (داده مسأله)

معادله دیگری برحسب x و y

قدم سوم

حل دو معادله دو مجهول برای یافتن x و y

قدم چهارم

محاسبه درصد مولی (حجمی) هر یک از گازها

۴. قدم چهارم:

تیپ‌بندی هر موضوع، یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های آموزشه. وقتی شما بدونید که از یک مبحث چه تیپ سؤالاتی میاد و روی هر تیپ سؤال تسلط پیدا کنین، دیگه ترسی ندارین و می‌دونید خارج از این تیپ‌بندی غیرممکنه سؤال بیاد.

۵. قدم پنجم:

در آخر هر فصل یک دوره آزمون جامع تستی آوردیم برای تسلط بیشتر. با استفاده از تکنیک‌ها و روش‌هایی که گفتیم می‌تونید پاسخ‌هارو درست بزنید و کل فصل رو مرور کنید.

مطمئن باشید با هر قدمی که برمی‌دارید یه گام به غول شدن نزدیک می‌شین و در نهایت شما هم میم مشکلات یادگیری شیمی رو برمی‌دارین و اونو مثل شکلات میخورین!

غول باشید!

فهرست

فصل ۱ : قدر هدایای زمینی را بدانیم <<< ۹

اهمیت کرهٔ زمین

الگوها و روندها در رفتار مواد و عنصرها

عنصرهای دستهٔ d جدول دوره‌ای

مقایسه واکنش‌پذیری عنصرها و روش‌های استخراج فلزها

درصد خلوص و بازدهٔ درصدی

نفت، هدیه‌ای شگفت‌انگیز

آزمون جامع تستی به همراه پاسخ تشریحی

فصل ۲ : در پی غذای سالم <<<<<<<<<<<< ۱۲۱

مقدمه

رابطهٔ دما و گرما

جاری شدن انرژی گرمایی

آنتالپی پیوند و میانگین آن - گروه‌های عاملی

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

تعیین ΔH واکنش‌های شیمیایی

سینتیک شیمیایی

آزمون جامع تستی به همراه پاسخ تشریحی

فصل ۳ : پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر <<< ۲۴۹

اهمیت پوشاک و صنعت نساجی

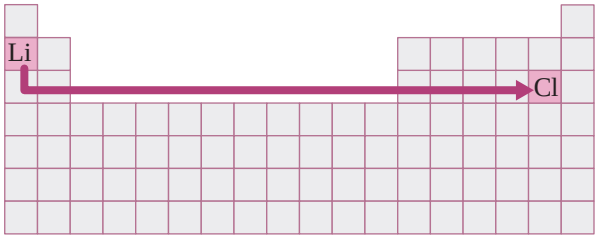
آشنایی با پلیمرها

پلی استرها

پلی آمیدها

پلیمرها، ماندگار یا تخریب‌پذیر

آزمون جامع تستی به همراه پاسخ تشریحی



مثال **دو عنصر $_{3}Li$ و $_{17}Cl$ را در نظر بگیرید. هم شماره دوره و هم شماره گروه Li کم‌تر از Cl است. بنابراین نمی‌توان شعاع اتمی این دو عنصر را با هم مقایسه کرد. مسیر بین این دو عنصر را در جدول دنبال کنید. با پایین‌رفتن در یک گروه، شعاع اتمی افزایش و با سمت راست‌رفتن در یک دوره، شعاع اتمی کاهش می‌یابد.**

شما اشتباه نکنید!

با توجه به شماره دورهٔ این دو عنصر، Li دارای دو لایه الکترونی و Cl دارای سه لایه الکترونی است. چون این دو عنصر در یک گروه قرار ندارند، نمی‌توان گفت شعاع اتمی Cl از Li بیشتر است. در این‌جا *اتفاقاً برعکسه!* اگه شک دارین، یه بار دیگه جدول صفحه ۱۲ و نمودار صفحه ۱۳ کتاب درسی رو ببینید!

شعاع اتمی : $_{3}Li > _{17}Cl$

کسی توقع نداره شما اینو بلد باشین! فعلاً فقط به عنوان یه نکته حفظی تو ذهنتون داشته باشین!

نمونه حل شده ۱-۲ روند تغییر شعاع اتمی در جدول دوره‌ای

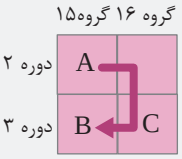
سؤال: در هر مورد مشخص کنید شعاع اتمی کدام عنصر بزرگ‌تر است؟

آ) $_{7}A$ ، $_{15}B$ ، $_{16}C$

ب) $_{11}X$ ، $_{12}Y$ ، $_{19}Z$

استراتژی: در هر مورد، شماره دوره و گروه عنصرها را تعیین می‌کنیم سپس با توجه به روند تغییر شعاع اتمی، عنصری با بزرگ‌ترین شعاع را انتخاب می‌کنیم. (اگر در یک دوره به سمت چپ و در یک گروه به سمت پایین برویم، شعاع اتمی افزایش می‌یابد.)

حل: آ)



$_{7}A : [_{2}He]2s^{2}2p^{3} \Rightarrow$ دوره۲ ، گروه۱۵

$_{15}B : [_{10}Ne]3s^{2}3p^{3} \Rightarrow$ دوره۳ ، گروه۱۵

$\Rightarrow$ شعاع اتمی: $B > A$

$_{15}B : [_{10}Ne]3s^{2}3p^{3} \Rightarrow$ دوره۳ ، گروه۱۵

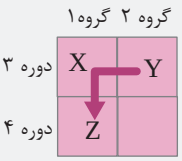
$_{16}C : [_{10}Ne]3s^{2}3p^{4} \Rightarrow$ دوره۳ ، گروه۱۶

$\Rightarrow$ شعاع اتمی: $B > C$

نتیجه: B بزرگ‌ترین شعاع را دارد.

توجه
- در بین عنصرهای هم‌گروه، عنصری که شماره دوره آن بیشتر است، شعاع اتمی بزرگ‌تری دارد.
- در بین عنصرهای هم‌دوره، عنصری که شماره گروه آن کم‌تر است، شعاع اتمی بزرگ‌تری دارد.

ب)



$_{11}X : [_{10}Ne]3s^{1} \Rightarrow$ دوره۳ ، گروه۱

$_{12}Y : [_{10}Ne]3s^{2} \Rightarrow$ دوره۳ ، گروه۲

$\Rightarrow$ شعاع اتمی: $X > Y$

$_{19}Z : [_{18}Ar]4s^{1} \Rightarrow$ دوره۴ ، گروه۱

دو عنصر X و Z در یک گروه قرار دارند اما Z پایین‌تر است (شماره دوره آن بیشتر می‌باشد)، بنابراین شعاع اتمی Z از X بیشتر می‌باشد.

نتیجه: Z بزرگ‌ترین شعاع را دارد.

خودت حل کن

با توجه به جدول روبه‌رو، چهار عنصر A ، B ، C و D را به ترتیب افزایش شعاع اتمی مرتب کنید.

رابطه واکنش‌پذیری و خصلت فلزی و نافلزی عنصرها با شعاع اتمی آن‌ها

حتماً تا حالا متوجه شدین که واکنش‌پذیری یک عنصر به ماهیت آن (فلز یا نافلزبودن) و تعداد لایه‌های الکترونی اتم آن (و در واقع شعاع اتمی عنصر) ارتباط دارد.

خواندیم که فلزها تمایل به از دست‌دادن الکترون‌های ظرفیت خود و تشکیل کاتیون دارند. پس واکنش‌پذیری یک فلز به میزان تمایل آن به از دست‌دادن الکترون ارتباط دارد. *حالا!* فلزهای یک گروه جدول تناوبی را در نظر بگیرید. از بالا به پایین تعداد لایه‌های الکترونی و در نتیجه شعاع اتمی افزایش می‌یابد. با افزایش شعاع اتمی، نیروی جاذبه هسته بر الکترون‌های ظرفیت فلز کاهش می‌یابد. بنابراین اتم فلزی راحت‌تر می‌تواند الکترون از دست بدهد، بنابراین می‌توان گفت برای فلزهای هم‌گروه از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، خصلت فلزی و واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد.

مثال در گروه فلزهای قلیایی (گروه ۱) و قلیایی‌خاکی (گروه ۲)، از بالا به پایین خصلت فلزی و واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد.

خصلت فلزی و واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی : $_{3}Li < _{11}Na < _{19}K < _{37}Rb < _{55}Cs$

خصلت فلزی و واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی‌خاکی : $_{4}Be < _{12}Mg < _{20}Ca < _{38}Sr < _{56}Ba$

توجه *همین صحبتا رو می‌شه برای فلزهای یک دوره هم گفت.* خواندیم که در یک دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد. با کاهش شعاع اتمی در فلزها، نیروی جاذبهٔ هسته بر الکترون‌های ظرفیت افزایش یافته و اتم فلزی، سخت‌تر می‌تواند الکترون از دست بدهد. بنابراین می‌توان گفت برای فلزهای هم‌دوره، از چپ به راست خصلت فلزی و واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد.

مثال در هر دوره، فلزهای قلیایی‌خاکی (گروه ۲) در سمت راست فلزهای قلیایی (گروه ۱) قرار دارند. بنابراین خصلت فلزی و واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی‌خاکی از فلزهای قلیایی هم‌دوره خود، کم‌تر است.

خصلت فلزی و واکنش‌پذیری : $_{11}Na > _{12}Mg$

خصلت فلزی و واکنش‌پذیری: فلزهای قلیایی > فلزهای قلیایی‌خاکی

بریم سراغ نافلزها!

نافلزها برای رسیدن به آرایش پایدار گاز نجیب می‌توانند الکترون بگیرند و یا با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک بگذارند. پس واکنش‌پذیری یک نافلز به میزان تمایل آن به جذب الکترون ارتباط دارد.

حالا! نافلزهای یک گروه جدول تناوبی را در نظر بگیرید. از بالا به پایین تعداد لایه‌های الکترونی و در نتیجه شعاع اتمی افزایش می‌یابد. با افزایش شعاع اتمی، هسته اتم نافلز سخت‌تر می‌تواند الکترون جذب کند، بنابراین می‌توان گفت برای نافلزهای هم‌گروه، از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد (یعنی دقیقاً برعکس فلزها).

مثال فلوئور، کلر، برم و ید نافلزهای گروه ۱۷ جدول تناوبی (هالوژن‌ها) هستند. از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد.

خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری هالوژن‌ها : $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

توجه *همین صحبتا رو می‌شه برای نافلزهای یک دوره هم گفت.* در یک دوره از چپ به راست، شعاع اتمی کاهش می‌یابد در نتیجه هسته اتم نافلز، راحت‌تر می‌تواند الکترون جذب کند. بنابراین می‌توان گفت برای نافلزهای یک دوره از چپ به راست، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد. (البته به جز گازهای نجیب!)

مثال

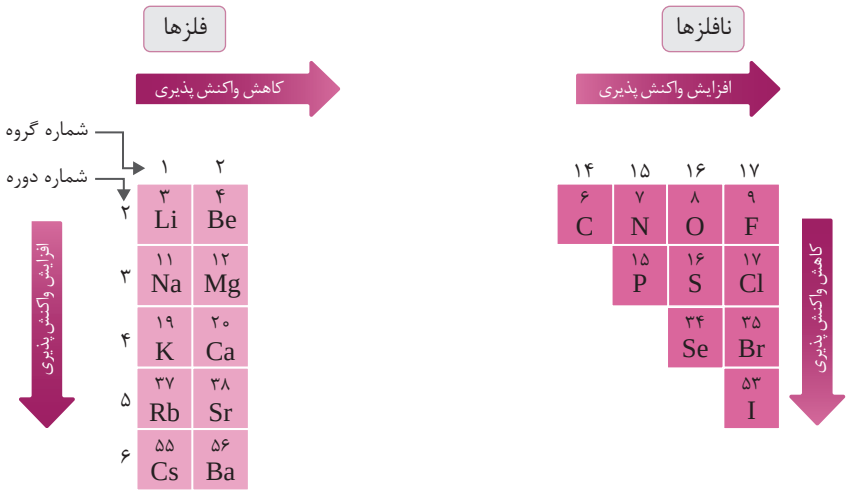
خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری نافلزهای دوره دوم : $_{6}C < _{7}N < _{8}O < _{9}F$

خلاصه:

به طور کلی در فلزها هر چه شعاع اتمی بیشتر باشد، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش شعاع اتمی، نیروی جاذبه هسته بر الکترون‌های ظرفیت کم شده و تمایل فلز برای از دست‌دادن الکترون بیشتر می‌شود.

به طور کلی در نافلزها، هر چه شعاع اتمی بیشتر باشد، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش شعاع اتمی، تمایل اتم نافلز در جذب الکترون کم می‌شود.

- در گروه فلزها، از بالا به پایین، خصلت فلزی و واکنش‌پذیری افزایش می‌یابد.
- در گروه نافلزها، از بالا به پایین، خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری کاهش می‌یابد.
- خصلت فلزی و واکنش‌پذیری فلزهای یک دوره، از چپ به راست کاهش می‌یابد.
- خصلت نافلزی و واکنش‌پذیری نافلزهای یک دوره، از چپ به راست، افزایش می‌یابد.



تذکر: اگرچه ما یک روند کلی برای واکنش‌پذیری فلزها گفتیم اما بد نیست بدانید که این روند برای فلزهای واسطه به طور کلی برقرار نیست. واکنش‌پذیری این فلزها از روند خاصی پیروی نمی‌کند.

شما فقط باید بدانید به طور کلی واکنش‌پذیری فلزهای واسطه از واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی و قلیایی‌خاکی کم‌تر است و ترتیب واکنش‌پذیری چند فلز واسطه را که جلوتر در کتاب درسی آمده است، حفظ کنید.

واکنش‌پذیری : $Zn > Fe > Cu > Ag$

جمع‌بندی روندهای تناوبی

در یک دوره جدول تناوبی از چپ به راست:

۱) شعاع اتمی کاهش می‌یابد.
۲) خصلت فلزی کاهش می‌یابد.
۳) خصلت نافلزی افزایش می‌یابد.
۴) واکنش‌پذیری فلزها کاهش می‌یابد.
۵) واکنش‌پذیری نافلزها افزایش می‌یابد.

در یک گروه جدول تناوبی از بالا به پایین:

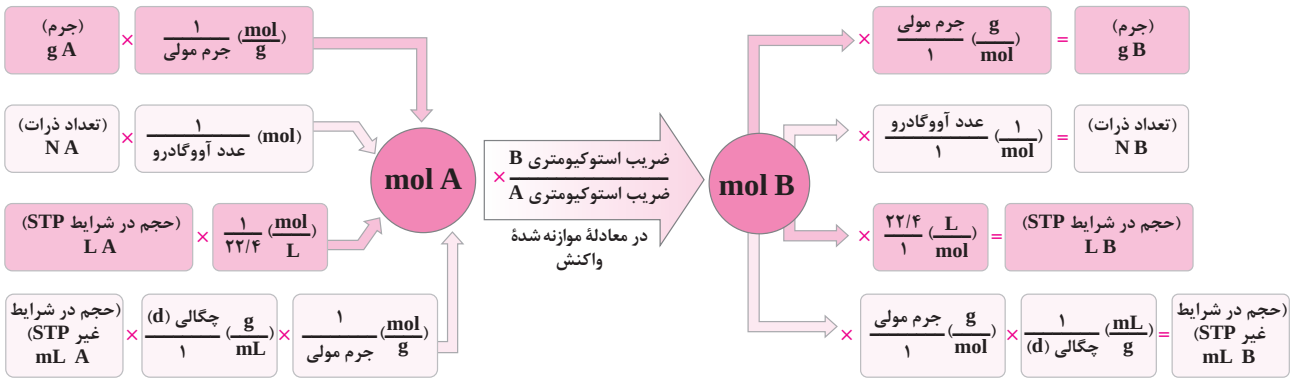
۱) شعاع اتمی افزایش می‌یابد.
۲) خصلت فلزی افزایش می‌یابد
۳) خصلت نافلزی کاهش می‌یابد.
۴) واکنش‌پذیری فلزها افزایش می‌یابد.
۵) واکنش‌پذیری نافلزها کاهش می‌یابد.

یادآوری روش حل مسائل استوکیومتری واکنش‌ها

در سال دهم یاد گرفتیم که:

- در مسائل استوکیومتری واکنش‌ها، معادله شیمیایی موازنه‌شده، مبنای محاسبه‌های کمی قرار می‌گیرد.
- استوکیومتری واکنش‌ها برحسب مول تفسیر می‌شود یعنی فقط با استفاده از نسبت‌های مولی که از معادله موازنه‌شده به دست می‌آید، می‌توان بین دو ماده ارتباط برقرار کرد و تعداد مول یک ماده را به تعداد مول ماده دیگر تبدیل کرد.

برای حل مسائل استوکیومتری می‌توان از طرح زیر استفاده کرد:



با توجه به طرح بالا، برای حل مسائل استوکیومتری واکنش‌ها، باید سه مرحله زیر را انجام داد.

(۱) **تبدیل مقدار ماده معلوم (داده شده) به مول آن:** مقدار ماده معلوم می‌تواند جرم، تعداد ذرات و یا حجم آن باشد که در شکل کسر تبدیل‌های مناسب آن‌ها به مول را می‌بینید.

(۲) **تبدیل مول ماده داده شده به مول ماده خواسته شده:** این مرحله با استفاده از ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه‌شده واکنش انجام می‌شود.

(۳) **تبدیل مول ماده خواسته‌شده به کمیتی از آن که در صورت سؤال گفته شده است.** این مرحله، عکس مرحله اول می‌باشد.

مثال **با توجه به معادله موازنه‌شده زیر، از سوختن کامل ۵۰g گاز اتان (C_2H_6) چند گرم آب به دست می‌آید؟**

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g) \quad \text{و} \quad (O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$$

جواب:

$$C_2H_6 \text{ جرم مولی} : 2(12)+6(1)=30\,g.mol^{-1} \quad \text{و} \quad H_2O \text{ جرم مولی} : 2(1)+16=18\,g.mol^{-1}$$

$$\underbrace{50\,g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6}}_{\text{مرحله اول}} \times \underbrace{\frac{6\,mol\,H_2O}{2\,mol\,C_2H_6}}_{\text{مرحله دوم}} \times \underbrace{\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}}_{\text{مرحله سوم}} = 90\,g\,H_2O$$

مسائل ترکیبی استوکیومتری واکنش‌ها و درصد خلوص

قبل از این‌که مسائل استوکیومتری واکنش‌ها شامل درصد خلوص را تیپ‌بندی کنیم، توجه داشته باشید که در این قسمت فرض می‌شود ناخالصی‌ها بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.[۱] توجه به این‌نکته، کلید حل مسائل این قسمت است. در ادامه با حالت‌های مختلف مسائل درصد خلوص آشنا خواهید شد.

تیپ ۱: جرم و درصد خلوص یک ماده ناخالص داده شده و مقدار ماده دیگری خواسته می‌شود. در این حالت با توجه به این‌که فقط بخش خالص در واکنش شرکت می‌کند، ابتدا جرم ماده خالص را با استفاده از رابطه درصد خلوص (یا کسر تبدیل معادل آن) به دست آورده و سپس با استفاده معادله موازنه‌شده واکنش و کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار خواسته شده را به دست می‌آوریم.

۱- در برخی مسائل که احتمالاً در سال قبل با آن‌ها برخورد داشته‌اید، مخلوطی از چند ماده وجود دارد که ممکن است همه آن مواد در واکنش شرکت کنند. به طور مثال گفته می‌شود اگر ۵۰ گرم از مخلوطی شامل متان و اتان بسوزد و x گرم CO_2 و y گرم H_2O تولید کند درصد جرمی (یا درصد خلوص) متان را در مخلوط اولیه محاسبه کنید. ولی بحث ما الآن این نوع مسائل نیست. در این قسمت مقدار یک ماده ناخالص به همراه درصد خلوص آن داده می‌شود و صحبتی از این‌که ناخالصی‌ها چه موادی هستند، نمی‌شود.

نمونه حل شده ۱ – ۱۱ **محاسبه حجم تولیدی یک گاز در شرایط STP با استفاده از جرم یک ماده ناخالص**

سؤال: ۰/۴ گرم مس $Cu(s)$ با درصد خلوص ۸۰٪ را به نیتریک‌اسید سرد و رقیق افزوده‌ایم. چند میلی‌لیتر $NO(g)$ در شرایط STP تولید می‌شود؟ (دی ۹۰)

$$1\,mol\,Cu = 63/55\,g$$

$$3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO(g) + 4H_2O(l)$$

استراتژی: ابتدا با استفاده از رابطه درصد خلوص، جرم مس ناخالص را به جرم مس خالص تبدیل می‌کنیم. سپس جرم مس خالص را به کمک جرم مولی آن به مول Cu، مول Cu را به کمک معادله موازنه‌شده به مول NO و مول NO را به کمک حجم مولی گازها در شرایط $STP\,(22/4\,L)$ به حجم NO تبدیل می‌کنیم.

حل:

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

$$\text{جرم Cu خالص} = 0/4 \times \frac{80}{100} = 0/32\,g$$

$$0/32\,g\,Cu \times \frac{1\,mol\,Cu}{63/55\,g\,Cu} \times \frac{2\,mol\,NO}{3\,mol\,Cu} \times \frac{22/4\,L\,NO}{1\,mol\,NO} \times \frac{1000\,mL\,NO}{1\,L\,NO}$$

$$= 75/19\,mL\,NO$$

تذکر: در این‌گونه مسائل می‌توانید به جای استفاده از رابطهٔ درصد خلوص، کسر تبدیل معادل آن را نوشته و مسأله را در یک مرحله حل کنید. به طور مثال در این‌جا چون درصد خلوص مس ۸۰٪ است یعنی در هر ۱۰۰ گرم مس ناخالص، ۸۰ گرم مس خالص وجود دارد و چون می‌خواهیم جرم مس ناخالص را به جرم مس خالص تبدیل کنید، کسر تبدیل معادل رابطه درصد خلوص به صورت $\frac{80\,g\,Cu\,\text{خالص}}{100\,g\,Cu\,\text{ناخالص}}$ می‌باشد.

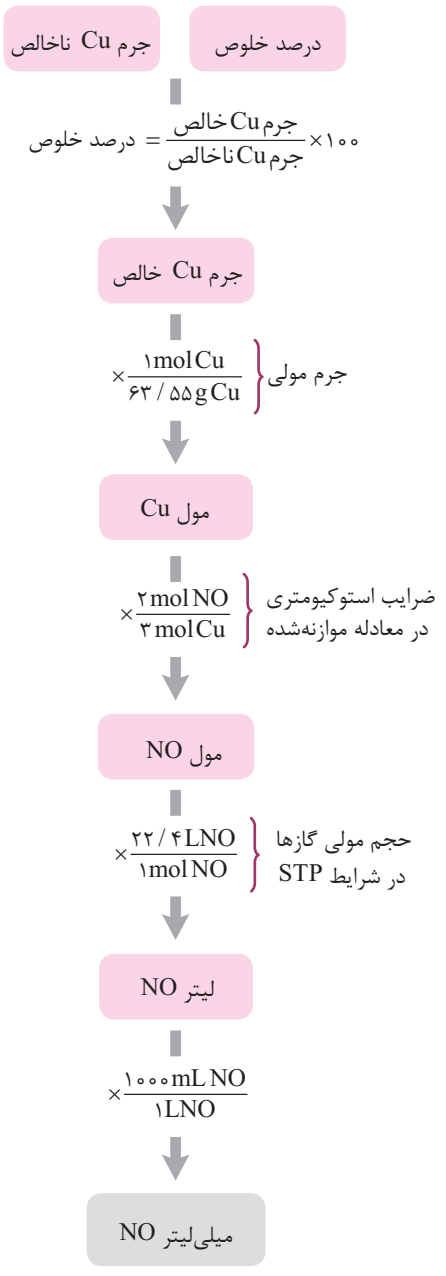
$$?\,mL\,NO = 0/4\,g\,Cu\,\text{ناخالص} \times \frac{80\,g\,Cu\,\text{خالص}}{100\,g\,Cu\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,Cu}{63/55\,g\,Cu\,\text{خالص}} \times$$

$$\frac{2\,mol\,NO}{3\,mol\,Cu} \times \frac{22400\,mL\,NO}{1\,mol\,NO} = 75/19\,mL\,NO$$

مطابق معادله موازنه‌شده زیر، از واکنش کامل $79/85\,g$ آهن (III) اکسید با درصد خلوص ۶۰٪، چند گرم آب تولید می‌شود؟

$(Fe_2O_3 = 159/7\,g.mol^{-1})$

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



تیپ ۲: مقدار (خالص یا ناخالص) یکی از مواد داده شده و جرم ناخالص ماده دیگر که درصد خلوص آن مشخص است، خواسته می‌شود. در این حالت با توجه به مقدار ماده شده و محاسبه‌های استوکیومتری (با استفاده از معادله موازنه‌شده واکنش)، جرم خالص ماده خواسته‌شده را به دست می‌آوریم. سپس با توجه به رابطه درصد خلوص (یا کسر تبدیل معادل آن)، جرم خالص ماده خواسته‌شده را به جرم ناخالص آن تبدیل می‌کنیم.

نمونه حل شده ۱ – ۱۲ محاسبه جرم ناخالص مورد نیاز یک ماده در واکنش با استفاده از جرم ماده دیگر

سؤال: یک روش ساده آزمایشگاهی برای تولید گاز استیلن (C_2H_2) افزودن آب به کلسیم کاربید طبق واکنش زیر است:

$$CaC_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow C_2H_2(g) + Ca(OH)_2(aq)$$

در یک آزمایش، ۳۲/۵ گرم گاز استیلن تولیدشده است. برای تولید این مقدار گاز استیلن، چند گرم نمونهٔ ناخالص کلسیم کاربید (CaC_2) با خلوص ۸۴٪ مصرف شده است؟ (فرداد ۸۵)

$$(Ca = 40/08 , C = 12/01 , H = 1 : g.mol^{-1})$$

استراتژی: ابتدا جرم C_2H_2 را به مول C_2H_2 تبدیل کرده سپس با استفاده از معادله موازنه‌شده مول C_2H_2 را به مول CaC_2 تبدیل می‌کنیم. با استفاده از جرم مولی CaC_2، مول CaC_2 به جرم CaC_2 خالص تبدیل می‌شود. در نهایت با استفاده از درصد خلوص CaC_2، جرم نمونه ناخالص آن را به دست می‌آوریم.

حل:

$$\text{جرم مولی } C_2H_2 = 2(12/01) + 2(1) = 26/02 g.mol^{-1}$$

$$\text{جرم مولی } CaC_2 = 40/08 + 2(12/01) = 64/1 g.mol^{-1}$$

$$?g\,CaC_2 = 32/5\,g\,C_2H_2 \times \frac{1\,mol\,C_2H_2}{26/02\,g\,C_2H_2} \times \frac{1\,mol\,CaC_2}{1\,mol\,C_2H_2} \times$$

$$\frac{64/1\,g\,CaC_2}{1\,mol\,CaC_2} = 80/06\,g\,CaC_2 \text{ خالص}$$

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

$$84 = \frac{80/06}{\text{جرم } CaC_2 \text{ ناخالص}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم } CaC_2 \text{ ناخالص} = 95/31 g$$

تذکر: می‌توانیم به جای استفاده از رابطه درصد خلوص، کسر تبدیل معادل آن را به انتهای محاسبات مربوط به جرم خالص، اضافه کنیم. *یعنی این‌طوری:*

$$?g\,CaC_2 = 32/5\,g\,C_2H_2 \times \frac{1\,mol\,C_2H_2}{26/02\,g\,C_2H_2} \times \frac{1\,mol\,CaC_2}{1\,mol\,C_2H_2} \times$$

$$\frac{64/1\,g\,C_2H_2 \text{ خالص}}{1\,mol\,CaC_2} \times \frac{100\,g\,CaC_2 \text{ ناخالص}}{84\,g\,CaC_2 \text{ خالص}} = 95/31\,g\,CaC_2 \text{ ناخالص}$$

خودت حل کن

با توجه به واکنش زیر، چند گرم CaH_2 با درصد خلوص ۷۳٪ برای تهیه ۲/۵۷ لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP لازم است؟

$$CaH_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + 2H_2(g) , 1\,mol\,CaH_2 = 42/09 g$$

جرم C_2H_2 (g)

$\times \frac{1\,mol\,C_2H_2}{26/02\,g\,C_2H_2}$ } جرم مولی

مول C_2H_2

$\times \frac{1\,mol\,CaC_2}{1\,mol\,C_2H_2}$ } ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه‌شده واکنش

مول CaC_2

$\times \frac{64/1\,g\,CaC_2}{1\,mol\,CaC_2}$ } جرم مولی

جرم CaC_2 خالص

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

جرم CaC_2 ناخالص

نمونه حل شده ۱-۲۲ سوختن آلکان‌ها

سؤال: از سوختن کامل ۰/۲۵ مول از یک آلکان، ۲۷g آب به دست آمده است. فرمول مولکولی و جرم مولی این آلکان را تعیین کنید.

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

استراتژی: معادله موازنه‌شده سوختن کامل آلکان‌ها را نوشته و با استفاده از محاسبات استوکیومتری، n (شمار اتم‌های کربن) را به دست آورید.

حل:

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2}O_2 \rightarrow n\,CO_2 + (n+1)H_2O$$

تذکر: تو این سؤال نیازی به نوشتن کامل معادله نیست. می‌دانیم که در سوختن کامل هیدروکربن‌ها، H به H_2O تبدیل می‌شود بنابراین طبق قانون پایستگی جرم می‌توان نوشت:

$$C_nH_{2n+2} \longrightarrow (n+1)H_2O$$

۱ مول آلکان (C_nH_{2n+2}) معادل $(n+1)$ مول آب (H_2O) است.

$$0/25\ mol\,C_nH_{2n+2} \times \frac{(n+1)\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_nH_{2n+2}} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 27\,g\,H_2O$$

$$\Rightarrow 18\times 0/25(n+1) = 27 \Rightarrow n = 5$$

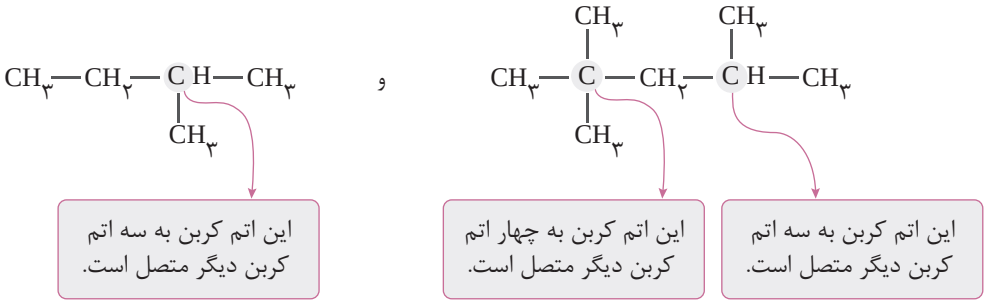
فرمول مولکولی آلکان : C_5H_{12} ← جرم مولی $= 5(12)+12(1) = 72\,g.mol^{-1}$

خودت حل کن

از سوختن کامل ۱۰ گرم از آلکان زیر چند گرم کربن دی‌اکسید تولید می‌شود؟ $(O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

آلکان‌های شاخه‌دار

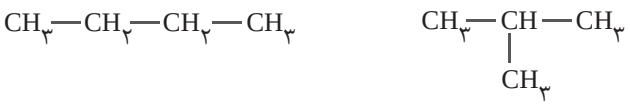
به آلکانی، آلکان شاخه‌دار می‌گویند که در آن برخی کربن‌ها به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل باشند. آلکان‌های زیر شاخه‌دار محسوب می‌شوند.



نکته

نیروی بین‌مولکولی در آلکان‌های شاخه‌دار نسبت به آلکان‌های راست‌زنجیر با تعداد کربن یکسان، کم‌تر است، زیرا با شاخه‌دارشدن آلکان‌ها، سطح تماس بین‌مولکولی کاهش می‌یابد. بنابراین نقطه جوش آلکان‌های شاخه‌دار از نقطه جوش آلکان‌های راست‌زنجیر هم‌کربن خود کم‌تر است.

مثال **دو ترکیب زیر را در نظر بگیرید:**



(A) (B)

آلکان A یک آلکان راست‌زنجیر با ۴ اتم کربن و آلکان B یک آلکان شاخه‌دار با ۴ اتم کربن است. بنابراین خواهیم داشت:

نقطه جوش : $B < A$

برای نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار از قواعد تعیین‌شده توسط آیوپاک استفاده می‌شود. آیوپاک (IUPAC)، اتحادیهٔ بین‌المللی شیمی محض و کاربردی است که یکاها، نمادها، قراردادها، قواعد فرمول‌نویسی و نام‌گذاری و ... را ارائه می‌کند. در قواعد آیوپاک چگونگی یافتن نوع و نام شاخه فرعی و جهت شماره‌گذاری زنجیر اصلی، مشخص شده است.

ابتدا باید با نام شاخه‌های فرعی آشنا شویم.

گروه‌های آلکیل

اگر از ساختار آلکان‌ها یک اتم H برداریم، باقی‌مانده را گروه آلکیل می‌نامند.

$C_nH_{2n+2} \xrightarrow{-H} C_nH_{2n+1}$

آلکان — گروه‌های آلکیل

نام دو آلکیل پرکاربرد به صورت زیر است:

$CH_4 \xrightarrow{-H} -CH_3$

متان — متیل

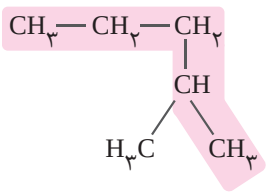
$C_2H_6 \xrightarrow{-H} -C_2H_5$ یا $-CH_2CH_3$

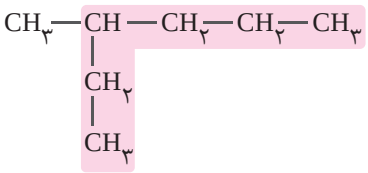
اتان — اتیل

نام‌گذاری آلکان‌های شاخه‌دار:

(۱) انتخاب زنجیر اصلی: منظور از زنجیر اصلی، زنجیری با بیشترین تعداد اتم‌های کربن است.

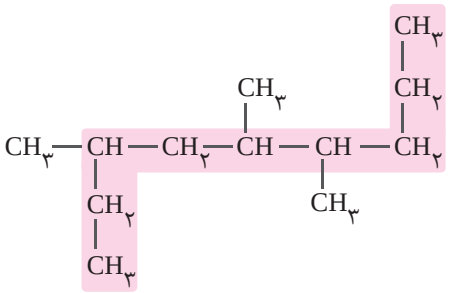
مثال



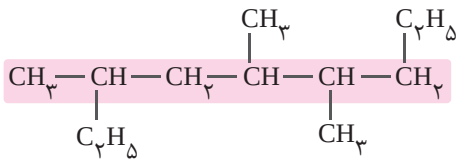


توجه

در برخی سؤالات، گروه اتیل را به صورت $-C_2H_5$ نشان می‌دهند. در این موارد ابتدا گروه اتیل را به صورت $-CH_2CH_3$ نوشته و سپس زنجیر اصلی را تعیین کنید.

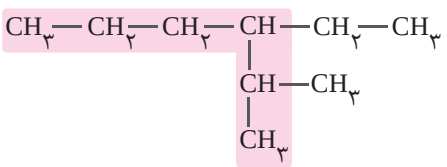


و

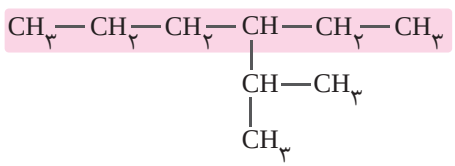


انتخاب درست زنجیر اصلی (۹ کربن در زنجیر انتخاب‌شده وجود دارد) — انتخاب نادرست زنجیر اصلی (۶ کربن در زنجیر انتخاب‌شده وجود دارد)

به نظر شما در ترکیب زیر، در کدام حالت، زنجیر اصلی درست انتخاب شده است؟



و



(۲): زنجیر اصلی ۶ اتم کربن دارد. — (۱): زنجیر اصلی ۶ اتم کربن دارد.

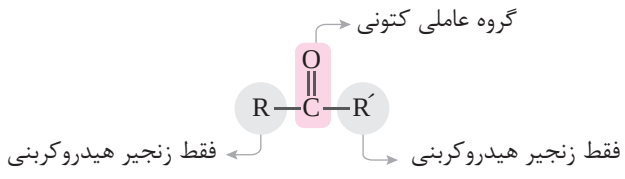
جواب: حالت (۲) ـ **اگر در یک آلکان، دو زنجیر با بیشترین تعداد اتم کربن وجود داشته باشد، زنجیری را به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می‌کنیم که شاخه‌های فرعی بیشتری داشته باشد.** در مثال بالا در حالت (۱)، یک شاخه فرعی و در حالت (۲)، دو شاخه فرعی وجود دارد.

در این فصل با چند نوع گروه عاملی آشنا خواهیم شد. در جدول زیر به طور خلاصه این گروه‌های عاملی آورده شده است:

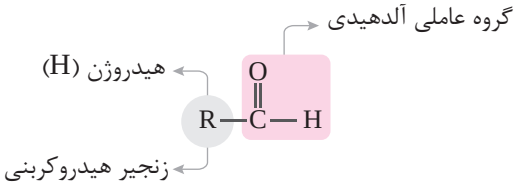
فرمول گروه عاملی	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$	$-O-H$	$-O-$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-H$
نام گروه عاملی	کربونیل	آلدهیدی	هیدروکسیل	اتری	کربوکسیل
نام خانواده دارای این گروه عاملی	کتون	آلدهید	الکل	اتر	کربوکسیلیک‌اسید

آلدهیدها و کتون‌ها

آلدهیدها و کتون‌ها در ساختار خود دارای گروه عاملی کربونیل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ هستند. در کتون‌ها به دو طرف گروه عاملی کربونیل، گروه هیدروکربنی متصل است در حالی که در آلدهیدها به یک طرف این گروه، اتم هیدروژن متصل است به همین دلیل به گروه $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H)$ گروه عاملی آلدهیدی می‌گویند.



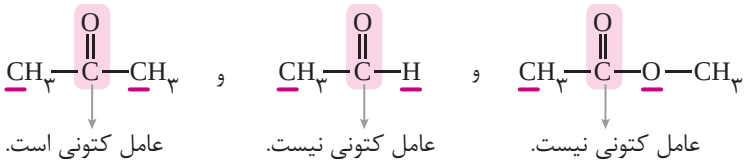
کتون‌ها



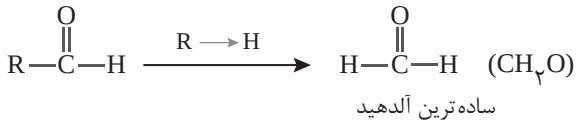
آلدهیدها

واضح است که اگر به جای یکی از گروه‌های R و R' در کتون‌ها، اتم هیدروژن قرار گیرد، ترکیب به دست آمده آلدهید خواهد بود. بنابراین **مهم‌ترین تفاوت گروه عاملی آلدهیدی و کتونی، اتم هیدروژن متصل به گروه کربونیل در گروه‌عاملی آلدهیدی است.**

- عامل کربونیل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ به شرطی عامل کتونی محسوب می‌شود که از دو طرف به کربن متصل باشد.

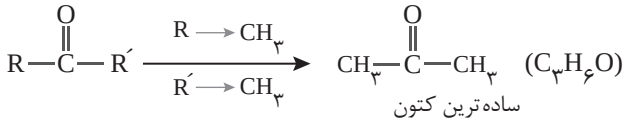


- ساده‌ترین آلدهید وقتی حاصل می‌شود که به گروه عاملی آلدهیدی، اتم هیدروژن متصل شود.



بنابراین ساده‌ترین آلدهید یک اتم کربن دارد.

- از آن‌جا که در کتون‌ها، به گروه عاملی کربونیل فقط می‌تواند گروه هیدروکربنی متصل باشد، ساده‌ترین کتون ۳ اتم کربن دارد.



توجه

در سال دهم خواندیم که استون یک ترکیب آلی اکسیژن‌دار است که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌رود. استون، همان ساده‌ترین کتون است (نام دیگر استون، پروپانون می‌باشد.)

- اگر گروه‌های متصل به گروه‌های عاملی آلدهیدی و کتونی، گروه آلکیل (C_nH_{2n+1}) باشد، فرمول عمومی آلدهید و کتون n کربنی به صورت $C_nH_{2n}O$ می‌باشد.

مثال **$C_6H_{12}O$: فرمول آلدهید و کتون ۶ کربنی (که گروه هیدروکربنی در آن سیر شده است.)**

نکته

شیمی‌دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار (فرمول ساختاری) متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند.

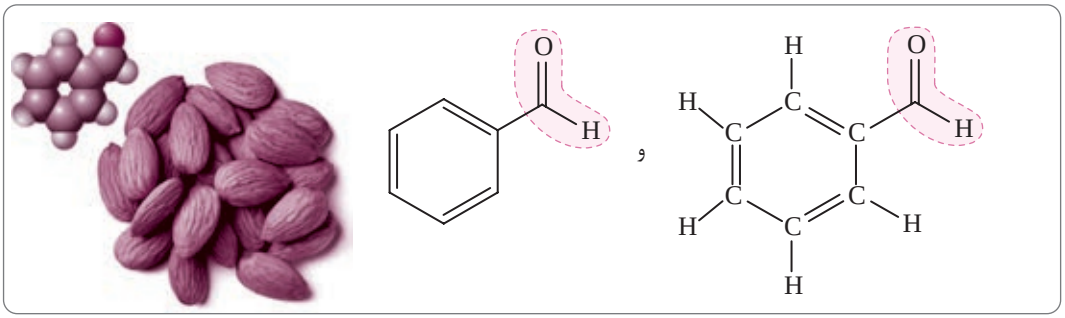
آلدهیدها و کتون‌هایی که تعداد کربن برابری دارند، با هم ایزومرند. یعنی فرمول مولکولی یکسانی دارند اما ساختار آن‌ها با هم متفاوت است.

مثال

کتون ۳ کربنی (C_3H_6O) آلدهید ۳ کربنی (C_3H_6O)

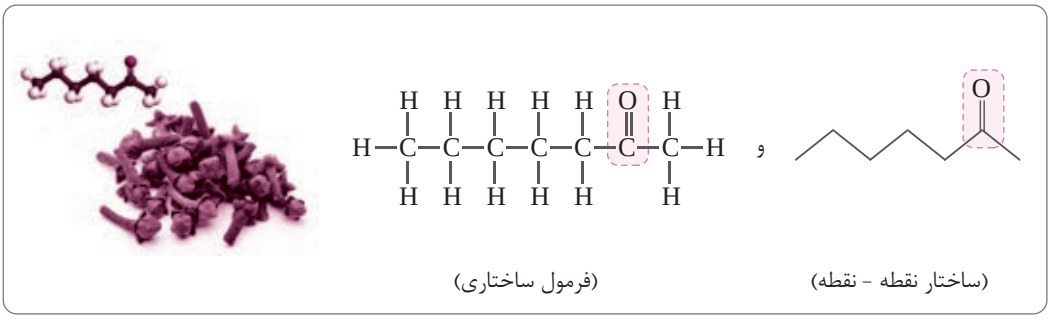
- در بادام، بنزآلدهید وجود دارد که دارای گروه عاملی آلدهیدی است.

فرمول مولکولی بنزآلدهید، C_7H_6O می‌باشد (دقت کنید که فرمول این آلدهید از $C_nH_{2n}O$ پیروی نمی‌کند زیرا گروه هیدروکربنی متصل به عامل آلدهیدی حلقه بنزنی است که سیرنشده می‌باشد.)

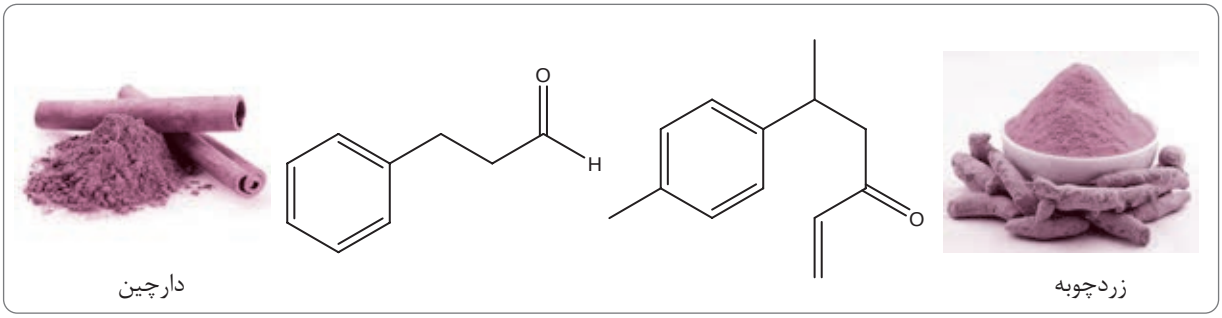


تذکر: دیدیم که در ساختار نقطه ـ خط هیدروکربن‌ها، اتم هیدروژن نمایش داده نمی‌شود اما اتم هیدروژنی که قسمتی از گروه عاملی است، باید در ساختار نقطه ـ خط نمایش داده شود.

- در میخک، ۲- هپتانون وجود دارد که دارای گروه عاملی کتونی است. فرمول مولکولی ۲- هپتانون، $C_7H_{14}O$ می‌باشد.



مثال **هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد:**



بعضی وقت‌ها مسائل قانون هس با مسائلی که قبلاً خوندیم (مثل مسائل رابطه $Q = mc\Delta\theta$ و یا مسائل استوکیومتری ΔH) ترکیب می‌شوند. برای این‌که نحوه حل این مسائل هم *رستون بیار*، به مثال زیر توجه کنید.

نمونه حل شده ۲-۳۴ مسأله ترکیبی قانون هس با دیگر مسائل ترموشیمی

سؤال: با توجه به واکنش‌های زیر، از سوختن ۹/۶ گرم N_2H_4 مطابق واکنش:

$N_2H_4(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

$(N = 14 , H = 1 : g.mol^{-1})$

۱) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H_1 = -92kJ$

۲) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -242kJ$

۳) $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H_3 = -187kJ$

استراتژی: ابتدا به کمک قانون هس، ΔH واکنش سوختن N_2H_4 را به دست می‌آوریم. با توجه به ضریب N_2H_4 در این واکنش، ΔH واکنش در واقع گرمای آزاد شده به ازای ۲ مول N_2H_4 است. در مرحله بعد با کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار گرمای آزادشده را به ازای ۹/۶ گرم N_2H_4، محاسبه می‌کنیم.

حل: برای محاسبه ΔH واکنش سوختن N_2H_4، معادله واکنش (۱) را وارونه کرده و به معادله واکنش‌های (۲) و (۳) *دست نمی‌زنیم!*

۱′) $2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g) \quad \Delta H'_1 = -(-92) = +92kJ$

۲) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -242kJ$

۳) $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H_3 = -187kJ$

واکنش اصلی : $N_2H_4(g) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(g)$

$\Delta H_{\text{واکنش اصلی}} = \Delta H'_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = +92 + (-242) + (-187) = -337kJ$

پس به ازای سوختن ۱ مول N_2H_4، ۳۳۷kJ گرما آزاد می‌شود. پس مقدار گرمای آزادشده به ازای ۹/۶g از آن برابر است با:

جرم مولی N_2H_4 : $2(14) + 4(1) = 32g.mol^{-1}$

$$9/6\,g\,N_2H_4 \times \frac{1\,mol\,N_2H_4}{32\,g\,N_2H_4} \times \frac{337kJ}{1\,mol\,N_2H_4} = 101/1kJ$$

قدم اول ΔH واکنش مورد نظر را به دست می‌آوریم.

برای رسیدن به این منظور:

- واکنش (۱) را وارونه می‌کنیم (به خاطر N_2)
- واکنش (۲) و (۳) را تغییر نمی‌دهیم

قدم دوم ΔH واکنش مورد نظر به ازای ۱ مول N_2H_4 است ولی ما باید گرما را به ازای ۹/۶g از آن حساب کنیم.

$g\,N_2H_4$

$\times \frac{1\,mol\,N_2H_4}{32\,g\,N_2H_4}$ } جرم مولی

$mol\,N_2H_4$

$\times \frac{\Delta H\,kJ}{1\,mol\,N_2H_4}$ } ΔH واکنش

Q

خودت حل کن

با توجه به واکنش‌های زیر:

۱) $2Cu(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow Cu_2O(s) \quad \Delta H_1 = -170kJ$

۲) $Cu(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CuO(s) \quad \Delta H_2 = -155kJ$

با گرمای آزادشده ضمن تشکیل یک مول $CuO(s)$ در واکنش: $Cu_2O(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow 2CuO(s)$

چند گرم آب با دمای $50^\circ C$ را می‌توان در فشار ۱atm به جوش آورد؟

$(c_{\text{آب}} = 4/2J.g^{-1}.^\circ C^{-1})$

توجه

در برخی مسائل قانون هس به جای یکی از واکنش‌ها، آنتالپی یکی از تغییر حالت‌های فیزیکی را به ما می‌دهند. *سه تا از مهم‌ترین‌هاشو این‌جا براتون آوردیم:*

(۱) **آنتالپی تبخیر:** هنگامی که یک مول از ماده‌ای در دمای جوش خود تبخیر شود (یعنی از حالت مایع (l) به حالت گاز (g) تبدیل شود)، به تغییر آنتالپی مربوط به این فرایند، آنتالپی تبخیر آن ماده می‌گویند به طور مثال در فشار ۱ اتمسفر برای تبخیر یک مول آب، ۴۱/۱ کیلوژول گرما نیاز است بنابراین آنتالپی تبخیر آب برابر با $41/1kJ.mol^{-1}$ می‌باشد.

$H_2O(l) + 41/1kJ \rightarrow H_2O(g) \quad , \quad \Delta H_{\text{تبخیر}}(H_2O(l)) = +41/1kJ.mol^{-1}$

(۲) **آنتالپی ذوب:** هنگامی که یک مول مادهٔ جامد (s) در دمای ذوب خود به مایع (l) تبدیل شود، به تغییر آنتالپی این فرایند، آنتالپی ذوب می‌گویند. به طور مثال برای ذوب‌کردن یک مول یخ صفر درجه سلسیوس و تبدیل آن به آب صفر درجه سلسیوس، ۶kJ گرما لازم است:

$$H_2O(s) + 6\,kJ \rightarrow H_2O(l) \quad , \quad \Delta H_{ذوب}(H_2O(s)) = +6\,kJ.mol^{-1}$$

(۳) **آنتالپی تصعید (فرازش):** وقتی یک مول از ماده‌ای تصعید شود یعنی مستقیماً از حالت جامد (s) به حالت گاز (g) تبدیل می‌شود؛ به تغییر آنتالپی این فرایند، آنتالپی تصعید می‌گویند.

$$I_2(s) + 62/5\,kJ \rightarrow I_2(g) \quad , \quad \Delta H_{فرازش(تصعید)}(I_2(s)) = +62/5\,kJ.mol^{-1}$$

طبق قانون هس می‌توان فرض کرد که آنتالپی تصعید یک ماده برابر با حاصل جمع آنتالپی ذوب و تبخیر آن ماده است:

$$A(s) \rightarrow \cancel{A(l)} \quad , \quad \Delta H_1 = \Delta H_{ذوب}$$

$$\underline{\cancel{A(l)} \rightarrow A(g)} \quad , \quad \Delta H_2 = \Delta H_{تبخیر}$$

$$\text{واکنش کلی}: A(s) \rightarrow A(g) \quad , \quad \Delta H_{کلی} = \Delta H_{فرازش(تصعید)} = \Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_{ذوب} + \Delta H_{تبخیر}$$

همهٔ اینارو گفتیم که سؤال ۶ تمرین‌های دوره‌ای را راحت‌تر بحلین!

مثال **با توجه به واکنش ترموشیمیایی: $H_2(g) + I_2(s) + 53\,kJ \rightarrow 2HI(g)$، آنتالپی واکنش $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$ را حساب کنید (آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را $62/5\,kJ.mol^{-1}$ در نظر بگیرید.)**

جواب: معادله فرازش (تصعید) یُد به صورت $I_2(s) + 62/5\,kJ \rightarrow I_2(g)$ است بنابراین با توجه به اطلاعات داده شده خواهیم داشت:

$$1)\ H_2(g) + I_2(s) \rightarrow 2HI(g) \quad , \quad \Delta H_1 = +53\,kJ$$

$$2)\ I_2(s) \rightarrow I_2(g) \quad , \quad \Delta H_2 = +62/5\,kJ$$

برای رسیدن به واکنش مورد نظر، کافی است واکنش (۲) را وارونه کنیم:

$$1)\ H_2(g) + \cancel{I_2(s)} \rightarrow 2HI(g) \quad , \quad \Delta H_1 = +53\,kJ$$

$$2')\ \underline{I_2(g) \rightarrow \cancel{I_2(s)}} \quad , \quad \Delta H_{2'} = -62/5\,kJ$$

$$\text{واکنش کلی}: H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g) \quad , \quad \Delta H_{کلی} = \Delta H_1 + \Delta H_{2'} = +53 - 62/5 = -9/5\,kJ$$

مثال **بر اثر سوختن یک مول متان و تولید بخار آب ($H_2O(g)$)، ۸۰۷/۸ کیلوژول گرما آزاد می‌شود. اگر در واکنش سوختن یک مول از این ماده، آب مایع ($H_2O(l)$) تولید شود، گرمای آزاد شده چند کیلوژول خواهد بود؟ (آنتالپی تبخیر آب را $41/1\,kJ.mol^{-1}$ در نظر بگیرید.)**

جواب: با توجه به اطلاعات داده شده خواهیم داشت:

$$1)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad , \quad \Delta H_1 = -807/8\,kJ$$

$$2)\ H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \quad , \quad \Delta H_2 = +41/1\,kJ$$

برای رسیدن به واکنش مورد نظر ($CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$) باید واکنش (۲) را وارونه کرده و در ۲ ضرب کنیم:

$$1)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\cancel{H_2O(g)} \quad , \quad \Delta H_1 = -807/8\,kJ$$

$$2')\ \underline{2\cancel{H_2O(g)} \rightarrow 2H_2O(l)} \quad , \quad \Delta H_2 = -2 \times 41/1 = -82/2\,kJ$$

$$\text{واکنش کلی}: CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad , \quad \Delta H_{کلی} = -807/8 - 82/2 = -890\,kJ$$

خلا بریم سراغ نکته سوال ۸ تمرین‌های دوره‌ای!

مثال **ΔH واکنش $C_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} C_2H_6(g)$ را با استفاده از اطلاعات جدول داده شده، حساب کنید.**

ماده	اتن (C_2H_4)	هیدروژن (H_2)	اتان (C_2H_6)
آنتالپی سوختن ($kJ.mol^{-1}$)	-۱۴۱۰	-۲۸۶	-۱۵۶۰

جواب: ابتدا باید واکنش‌های مربوط به سوختن اتن، هیدروژن و اتان را نوشته و آن‌ها را طوری تغییر دهیم که از جمع آن‌ها واکنش مورد نظر به دست آید. (دقت کنید که آنتالپی‌های سوختن به ازای یک مول داده شده‌اند بنابراین باید معادله واکنش‌ها را به ازای ۱ مول از این مواد بنویسیم. *ضریب کسری هم به دست آوردیم، اشکال نداره!*)

$$۱)\ C_۲H_۴(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)+۲H_۲O(l)\quad ,\quad \Delta H_۱=-۱۴۱۰\,kJ$$

$$۲)\ H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow H_۲O(l)\quad ,\quad \Delta H_۲=-۲۸۶\,kJ$$

$$۳)\ C_۲H_۶(g)+\frac{۷}{۲}O_۲(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)+۳H_۲O(l)\quad ,\quad \Delta H_۳=-۱۵۶۰\,kJ$$

برای رسیدن به واکنش $C_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow C_۲H_۶(g)$ باید واکنش (۳) را وارونه کنیم:

$$۱)\ C_۲H_۴(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)+۲H_۲O(l)\quad ,\quad \Delta H_۱=-۱۴۱۰\,kJ$$

$$۲)\ H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow H_۲O(l)\quad ,\quad \Delta H_۲=-۲۸۶\,kJ$$

$$۳')\ ۲CO_۲(g)+۳H_۲O(l)\rightarrow C_۲H_۶(g)+\frac{۷}{۲}O_۲(g)\quad ,\quad \Delta H_{۳'}=-(-۱۵۶۰)=+۱۵۶۰\,kJ$$

$$\text{واکنش کلی}: C_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow C_۲H_۶(g)\quad ,\quad \Delta H_{\text{کلی}}=-۱۴۱۰-۲۸۶+۱۵۶۰=-۱۳۶\,kJ$$

اگه دقت کرده باشین! ΔH واکنش اصلی *این جوری* حساب شد:

$$\Delta H=[-۱۴۱۰-۲۸۶]-[-۱۵۶۰]$$

آنتالپی سوختن اتن ← آنتالپی سوختن هیدروژن ↓ آنتالپی سوختن اتان ↓

به طور کلی برای محاسبه ΔH یک واکنش به کمک آنتالپی‌های سوختن می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی سوختن فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده‌ها}]$$

حالا یه مثال با این فرمول:

مثال **ΔH واکنش $۲C(s,\text{گرافیت})+O_۲(g)\rightarrow ۲CO(g)$ را با استفاده از آنتالپی سوختن گرافیت و کربن‌مونوکسید که ترتیب برابر با ۳۹۴- و ۲۸۳- کیلوژول بر مول است، حساب کنید.**

جواب: $\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی سوختن فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده‌ها}]$

واسه اکسیژن ($O_۲$) که *سوختن معنی نداره!* بنابراین خواهیم داشت: (*ضریب استوکیومتری موار فراموش نشه!*)

$$\text{واکنش}\ \Delta H=۲\Delta H_{\text{سوختن}}(C(s,\text{گرافیت}))-۲\Delta H_{\text{سوختن}}(CO(g))=۲\times(-۳۹۴)-۲\times(-۲۸۳)=-۲۲۲\,kJ$$

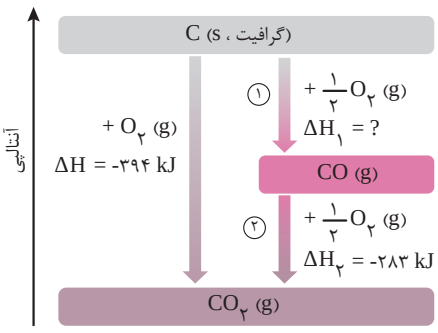
واکنش‌های دومرحله‌ای

اغلب واکنش‌های شیمیایی شامل دو یا چند واکنش شیمیایی هستند. به عبارت دیگر اغلب واکنش‌های شیمیایی نتیجه انجام‌شدن دو یا چند واکنش پی‌درپی هستند. اگر یکی از این واکنش‌های پی‌درپی (مراحل) را نتوان در آزمایشگاه به شکل جداگانه انجام داد، می‌توان براساس قانون هس و استفاده از روش نموداری، ΔH آن را حساب کرد. در ادامه دو واکنش دومرحله‌ای را بررسی می‌کنیم:

(۱) واکنش سوختن کامل گرافیت و تبدیل آن به کربن‌دی‌اکسید یک واکنش دو مرحله‌ای است (مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی است).

مرحله اول: ۱ مول گرافیت، (گرافیت و $C_{(s)}$)، با $\frac{۱}{۲}$ مول $O_۲$ واکنش می‌دهد و کربن‌مونوکسید (CO) تولید می‌شود. این مرحله گرماده می‌باشد. ($\Delta H_۱<۰$)

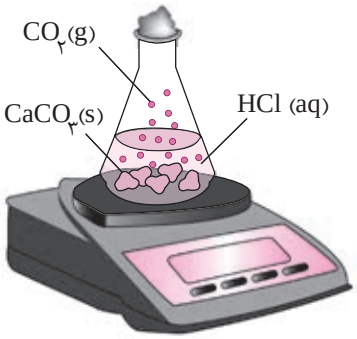
مرحله دوم: ۱ مول CO با $\frac{۱}{۲}$ مول $O_۲$ دیگر واکنش می‌دهد و $CO_۲$ به دست می‌آید. این مرحله نیز گرماده می‌باشد. ($\Delta H_۲<۰$)



این دو مرحله را می‌توان به کمک نمودار روبه‌رو نشان داد:

ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد (واکنش مرحله اول یعنی تولید CO را نمی‌توان به روش تجربی انجام داد.) زیرا CO به محض تشکیل‌شدن با $\frac{۱}{۲}$ مول $O_۲$ واکنش داده و تبدیل به $CO_۲$ می‌شود (سطح آنتالپی CO بالاتر از $CO_۲$ است.)

بررسی واکنش کلسیم‌کربنات با محلول هیدروکلریک‌اسید



معادله واکنش کلسیم‌کربنات جامد با محلول هیدروکلریک‌اسید در دما و فشار اتاق به صورت زیر است:

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

- کلسیم‌کربنات در آب نامحلول است، بنابراین به منظور افزایش سطح تماس و افزایش سرعت واکنش، می‌توان از تکه‌های کوچک‌تر کلسیم‌کربنات استفاده کرد.
- در این واکنش، گاز کربن‌دی‌اکسید (CO_2) تولید می‌شود.

فرض کنید $65/98\,g$ از $CaCO_3(s)$ و $HCl(aq)$ را با هم مخلوط کرده‌ایم تا واکنش انجام شود. با توجه به این‌که در این واکنش گاز CO_2 تولیدی از ظرف واکنش خارج می‌شود، با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می‌شود. *(اون درپوشی که در شکل می‌بینید متقلفه و گاز می‌تونه ازش رد بشه!)* با توجه به قانون پایستگی جرم، جرم کل مواد موجود در یک واکنش همواره ثابت است.

جرم CO_2 تولید (خارج) شده + جرمی که ترازو نشان می‌دهد (جرم مخلوط باقی‌مانده درون ظرف) = جرم کل مواد (شامل همه مواد اولیه و فراورده)

با توجه به این جرم اولیه مخلوط واکنش (در زمان $t = 0$) برابر با $65/98\,g$ است می‌توان گفت مجموع جرمی که ترازو نشان می‌دهد با جرم CO_2 تولید شده در هر لحظه برابر با $65/98\,g$ است.

$$\text{کل جرم } CO_2 \text{ تولیدشده تا زمان } t = \underbrace{65/98 - t}_{\text{جرم مخلوط واکنش در زمان } t} \quad \underbrace{(t = 0)}_{\text{جرم اولیه مخلوط واکنش}}$$

حالا به راحتی می‌توان جدول زیر را کامل کرد:

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰
جرم کربن‌دی‌اکسید (گرم)	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۸

با یه روش سخت‌تر هم می‌شه جرم CO_2 تولیدشده در هر لحظه را محاسبه کرد:

$$\text{جرم } CO_2 \text{ در لحظه } t_2 = \text{جرم } CO_2 \text{ در لحظه } t_1 + \underbrace{\text{جرم } CO_2 \text{ تولیدشده در بازه } t_1 \text{ تا } t_2}_{\text{تفاوت جرم مخلوط واکنش در لحظه } t_1 \text{ و } t_2}$$

مثال جرم CO_2 تولیدشده در بازه ۲۰ تا ۳۰ ثانیه + جرم CO_2 در ثانیه ۲۰ = جرم CO_2 در ثانیه ۳۰

$$= 1/1 + (64/88 - 64/66) = 1/32$$

واضح است که با گذشت زمان جرم واکنش‌دهنده‌ها کاهش و جرم فراورده‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به جدول بالا، با گذشت زمان جرم CO_2 تولید شده افزایش می‌یابد تا این‌که از ثانیه ۵۰ به بعد جرم آن تغییر نمی‌کند از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت این واکنش با گذشت ۵۰ ثانیه به پایان رسیده است.

$t = 50\,s$: لحظه اتمام واکنش

حالا می‌خواهیم سرعت تولید CO_2 را برحسب $mol.s^{-1}$ در ده ثانیه اول ($t = 0$ تا $t = 10$)، ده ثانیه دوم ($t = 10$ تا $t = 20$) و ... حساب کنیم. بنابراین ابتدا باید جرم CO_2 در هر لحظه را به مول آن تبدیل کنیم. جرم مولی CO_2 برابر با $44\,g.mol^{-1}$ است.

$$\text{تعداد مول (mol)} = \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم‌مولی } (g.mol^{-1})}$$

به طور مثال تعداد مول CO_2 در ثانیه‌های ۳۰ و ۴۰ برابر است با:

$$\text{تعداد مول } CO_2 = \frac{\text{جرم } CO_2}{\text{جرم‌مولی } CO_2} \Rightarrow \begin{cases} t = 30: \frac{1/32}{44} = 3 \times 10^{-2}\,mol \\ t = 40: \frac{1/43}{44} = 3/25 \times 10^{-2}\,mol \end{cases}$$

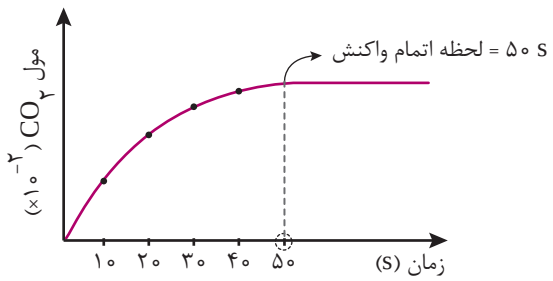
بنابراین سرعت متوسط تولید CO_2 در بازه ۳۰ تا ۴۰ ثانیه برابر است با:

$$\bar{R}(CO_2) = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{3/25 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}}{40 - 30} = 2/5 \times 10^{-4}\,mol.s^{-1}$$

به همین ترتیب خواهیم داشت:

زمان (s)	$n(CO_2)$, (mol)	$\Delta n(CO_2)$, (mol)	$\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}$, $(mol.s^{-1})$
۰	۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times۱۰^{-۳}$
۱۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$
۲۰	$۲/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۵/۰۰\times۱۰^{-۳}$	$۵/۰۰\times۱۰^{-۴}$
۳۰	$۳/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۲/۵۰\times۱۰^{-۳}$	$۲/۵۰\times۱۰^{-۴}$
۴۰	$۳/۲۵\times۱۰^{-۲}$	$۱/۱۰\times۱۰^{-۳}$	$۱/۱۰\times۱۰^{-۴}$
۵۰	$۳/۳۶\times۱۰^{-۲}$		

همان‌طور که از جدول بالا مشخص است، سرعت متوسط تولید CO_2 با گذشت زمان کاهش می‌یابد. قبلاً هم گفته بودیم با گذشت زمان، سرعت متوسط تولید فراورده‌ها (در نتیجه شیب نمودار مول-زمان) همانند سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده‌ها کاهش می‌یابد زیرا با گذشت زمان غلظت واکنش‌دهنده‌ها و درنتیجه سرعت واکنش کاهش می‌یابد.



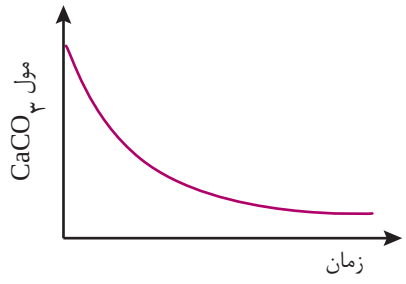
حالا یه بار دیگه به واکنش انجام‌شده توجه کنید.

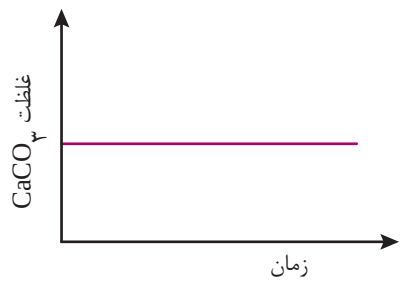
$$CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

- ضرایب استوکیومتری هر سه فراورده واکنش، یکسان است بنابراین نمودار مول ـ زمان آن‌ها از هر لحاظ (نقطه شروع، پایان و شیب در هر بازه زمانی) یکسان است.
- با توجه به این‌که ضرایب استوکیومتری $CaCO_3$ ، $CaCl_2$ ، CO_2 و H_2O برابر است، سرعت متوسط مصرف $CaCO_3$ و سرعت تولید سه ماده دیگر برحسب مول بر زمان با هم برابر است.

$$\bar{R}(CaCO_3)=\bar{R}(CaCl_2)=\bar{R}(CO_2)=\bar{R}(H_2O)$$

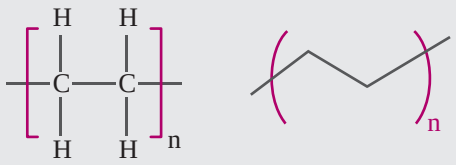
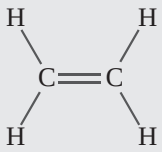
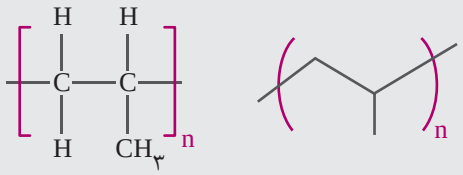
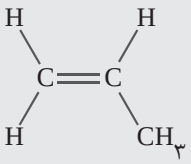
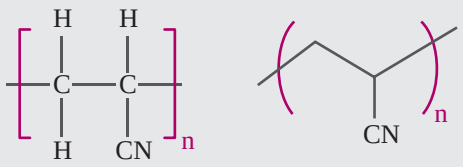
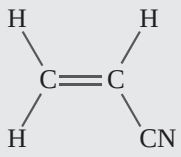
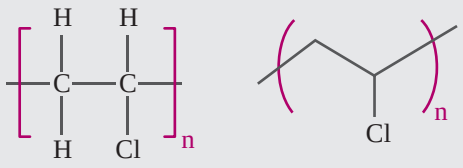
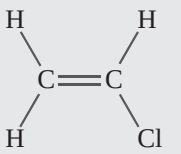
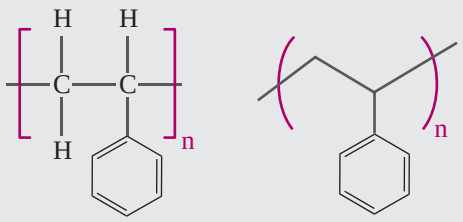
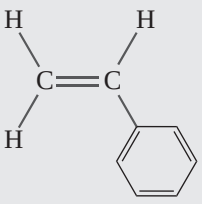
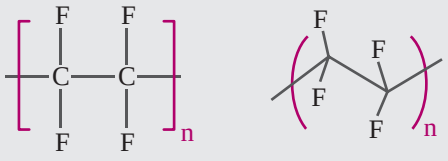
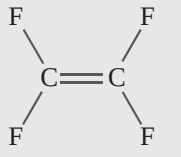
دقت کنید با توجه به این‌که کلسیم‌کربنات ماده جامد و آب مایع است برای آن‌ها نمی‌توان سرعت را برحسب تغییرات غلظت بر زمان گزارش کرد زیرا غلظت آن‌ها ثابت است.



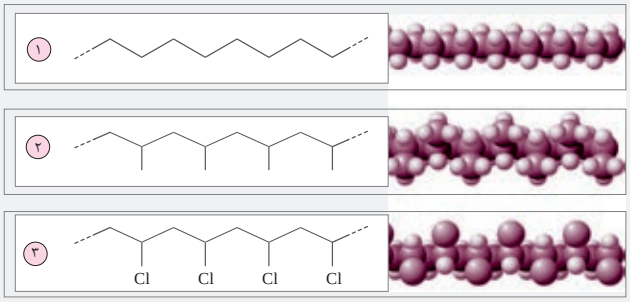


برای H_2O رو شما بکشین!

- سرعت متوسط مصرف $HCl(aq)$ از سرعت متوسط مصرف یا تولید بقیه مواد بیشتر است زیرا ضریب استوکیومتری آن بزرگ‌تر است.

برخی از کاربردها	نام و ساختار پلیمر	نام و ساختار مونومر
• لوله‌های پلاستیکی • دبه‌های آب • کیسه فریزر • اسباب‌بازی	 پلی اتن $\left(C_2H_4\right)_n$	 اتن: C_2H_4
سرنگ	 پلی پروپن $\left(C_3H_6\right)_n$	 پروپن: C_3H_6
فرش و پتو	 پلی سیانو اتن $\left(C_3H_3N\right)_n$	 سیانو اتن: C_3H_3N
• لوله و شلنگ‌های آب • کیسه خون	 پلی وینیل کلرید $\left(C_2H_3Cl\right)_n$	 وینیل کلرید: C_2H_3Cl
• مواد عایق • ظروف پلاستیکی از جمله ظروف یکبار مصرف	 پلی استیرن $\left(C_8H_8\right)_n$	 استیرن: C_8H_8
• ظروف نچسب • نخ دندان • نوار آب‌بندی • کف اتو	 پلی ترا فلوئورو اتن (تفلون) $\left(C_2F_4\right)_n$	 ترا فلوئورو اتن: C_2F_4

نمونه حل شده ۳–۲ واکنش پلیمری‌شدن مونومرهای دارای پیوند C = C



سؤال: با توجه به شکل‌های روبه‌رو که ساختار سه پلیمر را نشان می‌دهند به پرسش‌ها پاسخ دهید:

آ) نام پلیمر (۲) را بنویسید.

ب) واحد تکرارشونده پلیمر (۱) شامل چند اتم هیدروژن است؟

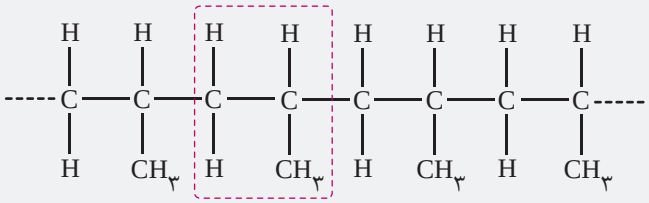
پ) از کدام پلیمر در ساخت سرنگ استفاده می‌شود؟

ت) معادله واکنش تهیه پلیمر (۳) را بنویسید.

استراتژی: در ساختار نقطه ـ خط، انتهای هر خط و نقطه تلاقی خط‌ها در صورت عدم وجود اتم یک عنصر دیگر، متعلق به اتم کربن است. هر اتم کربن می‌تواند ۴ پیوند کووالانسی تشکیل دهد؛ از این‌رو برای تبدیل ساختار نقطه ـ خط به فرمول ساختاری، اگر در اطراف هر اتم کربن، کم‌تر از ۴ خط (پیوند) وجود داشت به ازای هر پیوند کم‌تر از ۴، یک اتم H قرار می‌دهیم.

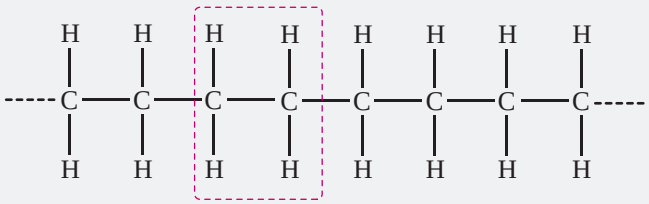
فرمول ساختاری پلیمرها رو دربیاریم، همه‌چی حله!

حل: آ) ساختار پلیمر (۲) به صورت زیر است:



این ساختار متعلق به پلی‌پروپن می‌باشد.

ب) ساختار پلیمر (۱) به صورت زیر است:



واحد تکرارشونده شامل ۴ اتم هیدروژن است.

پ) پلیمر ۲ (پلی‌پروپن)

ت) پلیمر (۳) همان پلی‌وینیل‌کلرید است.

خودت حل کن

مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر متعلق به کدام‌یک از پلیمر(های) داده شده است؟

«پلی‌اتن، تفلون، پلی‌پروپن، پلی‌سیانواتن، پلی‌وینیل‌کلرید، پلی‌استیرن»

آ) در ساختار مونومر سازنده آن، چهار پیوند دوگانه وجود دارد. .....

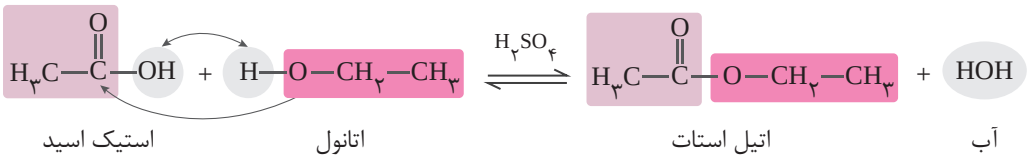
ب) واحد تکرارشونده آن شامل ۳ اتم هیدروژن است. .....

پ) در ساختار آن پیوند سه‌گانه وجود دارد. .....

ت) جزو هیدروکربن‌ها به شمار می‌آید. .....

ث) نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به جفت الکترون‌های ناپیوندی در ساختار لوویس مونومر سازنده آن برابر با ۲ است. .....

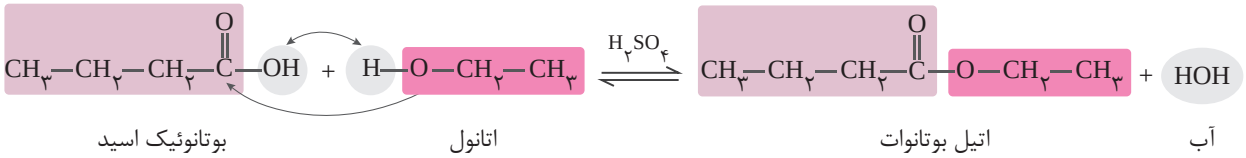
مثال از واکنش استیک‌اسید (اتانوییک‌اسید) با اتانول، اتیل‌استات (اتیل‌اتانوات) طبق معادله زیر به دست می‌آید:



معادله بالا را می‌توان به صورت زیر نیز نشان داد:

$$C_2H_4O_2 + C_2H_6O \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} C_4H_8O_2 + H_2O$$

مثال از واکنش بوتانوییک‌اسید و اتانول، اتیل‌بوتانوات به دست می‌آید که از آن برای تولید شوینده با بوی آناناس استفاده می‌شود.

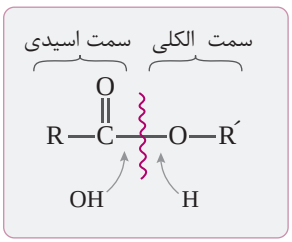


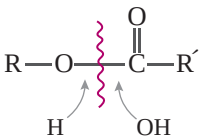
معادله بالا را می‌توان به صورت زیر نیز نشان داد:

$$C_4H_8O_2 + C_2H_6O \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} C_6H_{12}O_2 + H_2O$$

نکته

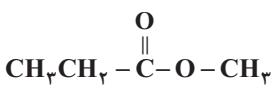
در برخی سؤالات، فرمول یک استر داده می‌شود و از ما می‌خواهند کربوکسیلیک‌اسید و الکل سازنده آن را تعیین کنیم. برای این کار، ابتدا پیوند یگانه بین $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ و اکسیژن را می‌شکنیم. با توجه به این‌که در تشکیل استر، اسید OH و الکل H از دست می‌دهد به عامل $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$، OH اضافه می‌کنیم تا کربوکسیلیک‌اسید به دست آید. هم‌چنین به اکسیژن H اضافه می‌کنیم تا الکل اولیه حاصل شود. *یعنی این‌طوری:*



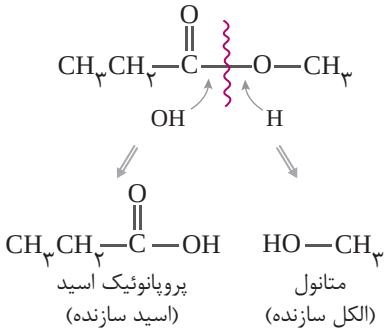


تذکر: در برخی موارد استر را به صورت زیر نشان می‌دهند.

مثال اسید و الکل سازنده استر روبه‌رو را تعیین کنید.



پاسخ:



۶ چند مورد از مقایسه‌های انجام‌شده، درست‌اند؟

- شمار اتم‌ها: اتانول > سلولز
- جرم مولی : نفتالن > انسولین
- قدرت نیروهای بین‌مولکولی: آب > پروپان
- اندازه مولکول: تفلون > اتن

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷ کدام گزینه در مورد واکنش پلیمری‌شدن مولکول‌های اتن، نادرست است؟

۱) فراورده واکنش، پلی‌اتن نام دارد که جامدی سفیدرنگ است.

۲) در ساختار واحد تکرارشونده پلیمر تولیدشده، ۶ اتم وجود دارد.

۳) فراورده واکنش برخلاف واکنش‌دهنده‌ها، هیدروکربنی سیرنشده است.

۴) به مولکول‌های اتن در این واکنش مونومر گفته می‌شود که تعیین شمار دقیق آن‌ها در واکنش ممکن نیست.

۸ با توجه به واکنش‌های داده شده، چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

I) n $CH_2=C(H)(CN)$ ⟶ .....

II) n ..... ⟶ $-(CH_2-C(H)(C_6H_5))_n-$

- فراورده واکنش (I) پلی‌سیانواتن نام دارد که همهٔ پیوندهای اشتراکی در آن ساده (یگانه) هستند.
- در ساختار مونومر شرکت‌کننده در واکنش (II) چهار پیوند دوگانه وجود دارد.
- اگر به جای گروه $-CN$ در مونومر شرکت‌کننده در واکنش (I) گروه متیل قرار گیرد، پروپن به دست می‌آید.
- از فراورده واکنش (I) در تهیهٔ پتو و از فراورده واکنش (II) در تهیهٔ نخ دندان استفاده می‌شود.

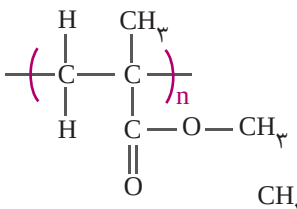
۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۹ چند درصد جرمی پلی‌وینیل‌کلرید را کلر تشکیل می‌دهد؟ (سراسری تجربی ۹۵)

$(Cl = ۳۵/۵ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-1})$

۱) ۲۵/۷ ۲) ۳۶/۲ ۳) ۴۲/۱ ۴) ۵۶/۸

۱۰ پلی‌متیل‌متاکریلات (PMMA) پلیمری است که در ساخت پنجرهٔ هواپیما و لنز چشم به کار می‌رود. با توجه به ساختار این پلیمر، مونومر(های) سازندهٔ آن کدام است؟



۱) CH_3OH ، $CH_2=C(CH_3)-C(=O)-OH$

۲) $CH_3-CH=C(H)-C(=O)-O-CH_3$

۳) $CH_2=C(CH_3)-C(=O)-O-CH_3$

۴) $CH_3-CH(CH_3)-OH$ ، $CH_3-C(=O)-OH$

۱۱ جرم یک بطری ساخته‌شده از پلی‌اتن ۴۲ گرم است. چند مول اتن برای ساخت این بطری به کار رفته است؟
$(C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱})$

۱) ۰/۶۷ ۲) ۱/۳۴ ۳) ۱/۵ ۴) ۳/۰۰

۱۲ در ساختار چه تعداد از مواد زیر علاوه بر اتم‌های کربن و هیدروژن، اتم دیگری نیز وجود دارد؟

• پلی‌استیرن • کولار • تفلون • متیل‌استات • ویتامین آ

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۳ جمله‌های زیر برای مقایسه ویژگی‌های پلی‌اتن سبک و سنگین بیان شده است. چه تعداد از این ویژگی‌ها مربوط به پلی‌اتن سنگین می‌باشد؟

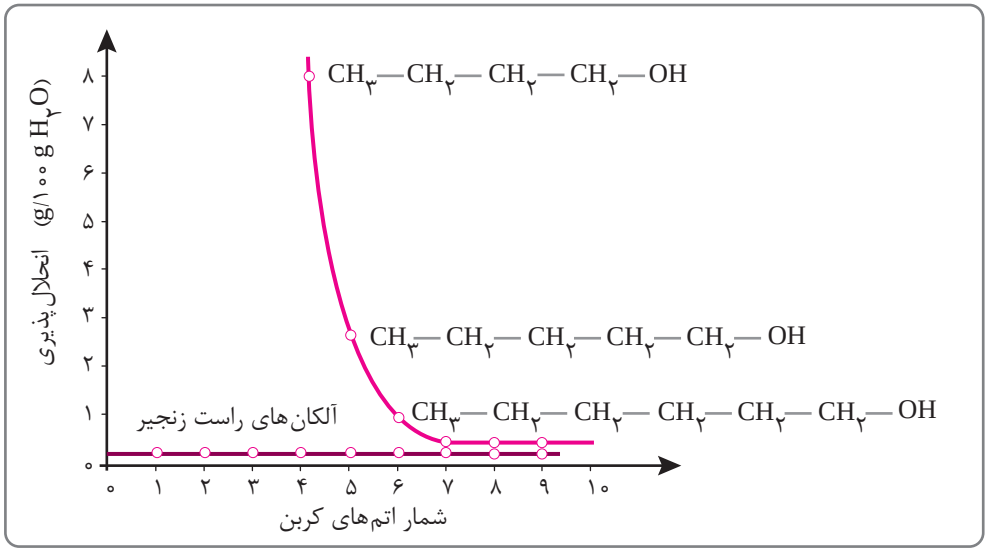
- شاخه‌دار است.
- نقطهٔ ذوب بالاتری دارد.
- شفاف است.
- استحکام کم‌تری دارد.
- از آن برای ساخت لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۴ نسبت جرم آب تولیدشده به جرم الکل مصرف‌شده در سوختن کامل یک الکل سیرشده یک‌عاملی (ROH) برابر با ۱/۲ است. این الکل کدام است؟ $(O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱})$

۱) متانول ۲) اتانول ۳) ۱- پروپانول ۴) ۱- بوتانول

۱۵ با توجه به نمودار روبه‌رو، کدام گزینه نادرست است؟



۱) در ۱۰۰g آب، کم‌تر از ۰/۵ گرم ۱- اوکتانول حل می‌شود.

۲) با افزایش طول زنجیر هیدروکربنی در الکل‌ها، ویژگی ناقطبی الکل افزایش می‌یابد.

۳) با افزایش شمار اتم‌های کربن در آلکان‌های راست‌زنجیر، انحلال‌پذیری آن‌ها در آب تغییر محسوسی ندارد.

۴) در الکل‌های سنگین‌تر از ۱- پروپانول، بخش ناقطبی بر قطبی غلبه دارد و مولکول الکل در مجموع ناقطبی است.

۱۶ همهٔ گزینه‌های زیر درست‌اند به جز: $(O = ۱۶ , C = ۱۲ , H = ۱ : g.mol^{-۱})$

۱) مزه ترش میوه‌هایی مانند لیموترش و کیوی ناشی از وجود مولکول‌های اسید در آن‌هاست.

۲) گشتاور دوقطبی الکل‌ها از آلکان‌های هم‌کربن خود بیشتر است.

۳) تفاوت جرم مولی دو عضو متوالی از خانوادهٔ الکل‌های یک‌عاملی سیرشده برابر با ۱۵ گرم است.

۴) مولکول اتیل‌استات و بوتانوییک‌اسید در شمار گروه‌های $CH_۳$ با یک‌دیگر تفاوت دارند.