۱ نام‌گذاری ترکیب‌های معدنی

نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی دوتایی:

✓ منظور از ترکیب دوتایی، ترکیبی است که در ساختار آن، دو نوع عنصر وجود دارد.

HNO_3	N_2O_5
ترکیب سه‌تایی	ترکیب دوتایی

✓ نام ترکیب‌های مولکولی دوتایی از الگوی زیر تبعیت می‌کند:

پیشوند + نام عنصر اول + پیشوند + نام یا ریشهٔ نام عنصر دوم + پسوند«ید»

تعداد اتم عنصر اول با شمارش یونانی

تعداد اتم عنصر دوم با شمارش یونانی

لازم است شمارش یونانی را مطابق جدول زیر، تا ۱۰ بلد باشید:

تعداد (فارسی)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
شمارش یونانی	مونو	دی	تری	تترا	پنتا	هگزا	هپتا	اوکتا	نونا	دکا

مثال

نیتروژن مونوکسید	NO	دی‌نیتروژن پنتااکسید	N_2O_5
دی‌نیتروژن مونوکسید	N_2O	تترافسفردکااکسید	P_4O_{10}
نیتروژن دی‌اکسید	NO_2	فسفرپنتاکلرید	PCl_5

توجه

۱ اگر تعداد اتم عنصر اولی، یک عدد باشد، ذکر «مونو» قبل از نام آن، لازم نیست. به عبارتی، شروع نام ترکیب مولکولی با پیشوند «مونو» مجاز نیست.

۲ اگر تعداد اتم عنصر دومی، یک عدد هم باشد، تعداد آن با پیشوند «مونو» باید ذکر شود.

۳ در ترکیب دوتایی برخی از نافلزها با هیدروژن، تعداد اتم هیدروژن ذکر نمی‌شود و در برخی دیگر، از نام‌های خاص خارج از قاعده استفاده می‌شود.

مثال

هیدروژن سولفید	H_2S
آب	H_2O
آمونیاک	NH_3

نام ترکیب‌های مولکولی سه‌تایی که اسید اکسیژن‌دار هستند:

تعداد محدودی از نام این ترکیب‌های در کتاب درسی آمده که لازم است نام آن‌ها را حفظ باشید. یادگیری قواعد تعیین نام این ترکیب‌ها، عملاً کاری بی‌فایده و زاید است.

فرمول	H_2CO_3	HNO_2	HNO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	H_2SO_3
نام	کربنیک‌اسید	نیترواسید	نیتریک‌اسید	فسفریک‌اسید	سولفوریک‌اسید	سولفورواسید

نام چند ترکیب مولکولی سه‌تایی دیگر که باید حفظ باشید:

فرمول	SCO	$CHCl_3$	HCN
نام	کربونیل‌سولفید	کلروفرم	هیدروژن‌سیانید

نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی:

اول نام کاتیون و سپس نام آنیون را می‌آوریم. دقت کنید که هرگز ذکر تعداد کاتیون و یا تعداد آنیون، لازم نیست.

✓ **نام کاتیون تک اتمی:** کافی است نام عنصر فلزی را بنویسیم و اگر عنصر فلزی مربوطه، بیش از یک ظرفیت معین داشته باشد، باید مقدار بار کاتیون را با عدد رومی داخل پرانتز بنویسیم.

مثال

یون آهن (II)	Fe^{2+}	یون منیزیم	Mg^{2+}
یون آهن (III)	Fe^{3+}	یون پتاسیم	K^+
یون مس (I)	Cu^+	یون آلومینیم	Al^{3+}
یون مس (II)	Cu^{2+}	یون روی	Zn^{2+}

توجه نحوهٔ نوشتن عدد رومی را باید بلد باشید. تمام عددهای رومی با استفاده از سه نماد نوشته می‌شوند:

نماد رومی	I	V	X
نماد فارسی	۱	۵	۱۰

اگر یک، دو یا سه تا I را در سمت چپ V یا X بگذاریم، به‌ترتیب یک، دو یا سه واحد از مقدار آن، کاسته می‌شود.

اگر یک، دو یا سه تا I را در سمت راست V یا X بگذاریم، به‌ترتیب یک، دو یا سه واحد به مقدار آن افزوده می‌شود.

نماد رومی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
نماد فارسی	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

توجه برای نوشتن نام درست کاتیون‌های تک اتمی، باید لیست فلزهایی را که صرفاً از یک ظرفیت معین برخوردارند، حفظ باشید:

فلز	Ag	Sc	Zn , Cd	Al	فلزهای قلیایی خاکی	فلزهای قلیایی
تنها ظرفیت آن	۱	۳	۲	۳	۲	۱

دقت کنید

اولاً: در نوشتن نام کاتیون مربوط به فلزی که بیش از یک نوع ظرفیت دارد، باید عدد رومی ذکر شود.
ثانیاً: در نوشتن نام کاتیون مربوط به فلزی که صرفاً یک نوع ظرفیت دارد، نباید عدد رومی ذکر شود.

Mg^{2+}	$\Rightarrow$	یون منیزیم: نام درست یون منیزیم (II) : نام نادرست
Fe^{2+}	$\Rightarrow$	یون آهن (II): نام درست یون آهن: نام نادرست

✓ **نام آنیون تک اتمی:** کافی است پسوند «ید» را به انتهای نام عنصر نافلزی یا ریشهٔ نام آن اضافه کنیم.

مثال

F	F^-	O	O^{2-}	P	P^{3-}
فلوئور	یون فلوئورید	اکسیژن	یون اکسید	فسفر	یون فسفید
Cl	Cl^-	N	N^{3-}	S	S^{2-}
کلر	یون کلرید	نیتروژن	یون نیترید	گوگرد	یون سولفید

✓ چند مثال از نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی:

فرمول	Na_3N	BaS	Ba_3P_2	AlN	Al_2O_3
نام	سدیم‌نیترید	باریم‌سولفید	باریم‌فسفید	آلومینیم‌نیترید	آلومینیم‌اکسید

فرمول	$FeBr_2$	PbO	Cu_2S	Ag_3N
نام	آهن (II) برمید	سرب (II) اکسید	مس (I) سولفید	نقره‌نیترید

نام‌گذاری ترکیب‌های یونی چندتایی:

در ساختار این ترکیب‌ها، حداقل یکی از دو یون سازندهٔ ترکیب، یون چند اتمی است. اما همانند نام ترکیب‌های یونی دوتایی، ابتدا نام کاتیون و سپس، نام آنیون را می‌نویسیم، بدون این‌که تعداد یون‌ها ذکر شود.

✓ **نام یون‌های چند اتمی:** تعداد محدودی از این یون‌ها در کتاب درسی معرفی شده‌اند که لازم است نام و فرمول آن‌ها را کاملاً حفظ باشید. یادگیری قواعد برای نوشتن نام این یون‌ها، هدر دادن وقت است، زیرا با حفظ بودن فرمول و نام آن‌ها، هرگز به این قواعد مراجعه نخواهید کرد.

فرمول	OH^-	CO_3^{2-}	NO_3^-	CN^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	MnO_4^-	O_2^{2-}
نام	هیدروکسید	کربنات	نیترات	سیانید	فسفات	سولفات	پرمنگنات	پراکسید

فرمول	$HCOO^-$	CH_3COO^-	HPO_4^{2-}	$H_2PO_4^-$	NH_4^+
نام	فورمات یا متانوات	استات یا اتانوات	هیدروژن فسفات	دی‌هیدروژن فسفات	آمونیوم

توجه H_3O^+ (هیدرونیوم) هم یون چند اتمی است، ولی صرفاً در محلول آبی حضور داشته و به عنوان کاتیون هیچ‌یک از ترکیب‌های یونی نوشته نمی‌شود.

✓ چند مثال از فرمول و نام ترکیب‌های یونی چندتایی:

فرمول	$BaSO_4$	Na_3PO_4	NaH_2PO_4	$Fe(NO_2)_3$
نام	باریم‌سولفات	سدیم‌فسفات	سدیم دی‌هیدروژن فسفات	آهن (III) نیتریت

فرمول	$(NH_4)_2S$	$(NH_4)_2CO_3$	$Cr(HCOO)_3$
نام	آمونیوم‌سولفید	آمونیوم‌کربنات	کروم (III) فورمات

۲ ساختار لوویس

✓ رسم ساختار لوویس مولکول‌ها در محدودهٔ کتاب درسی جدید و با توجه به محدودیت‌های ایجادشده در کتاب درسی بسیار ساده است. کافی است به چند نکتهٔ زیر توجه کنیم تا ساختار لوویس هر ترکیبی را در چند ثانیه رسم کنیم:

۱ اتم مرکزی معمولاً مربوط به عنصری است که یک اتم از آن در ترکیب مورد نظر وجود دارد. اگر در ترکیب داده‌شده، دو عنصر وجود دارد که از هرکدام، یک اتم وجود دارد، در این صورت، معمولاً اتم مرکزی مربوط به عنصری است که خاصیت نافلزی کم‌تری دارد.

مقایسهٔ خاصیت نافلزی : $F > O > Cl > N > Br > I > S > C > P = H > Si$

۲ به جز ترکیب‌های هیدروژن‌دار، در فرمول سایر ترکیب‌ها، اولین عنصری که از چپ به راست نوشته می‌شود، اتم مرکزی است.

در ترکیب‌های روبه‌رو، اتم مرکزی را مشخص کرده‌ایم: $\underline{C}OF_2, \underline{S}OCl_2, \underline{P}OF_3, \underline{N}O_2Cl, \underline{C}HCl_3, \underline{S}O_2Cl_2$

۳ همهٔ اتم‌ها به جز H به آرایش هشت‌تایی می‌رسند. هیدروژن دوتایی می‌شود.

۴ پیوندهای مربوط به H و هالوژن‌ها، فقط می‌تواند ساده یا یگانه باشد.

اکسیژن می‌تواند پیوند یگانه، دوگانه و احیاناً، سه‌گانه داشته باشد. نیتروژن و کربن هم می‌توانند پیوندهای یگانه، دوگانه و سه‌گانه داشته باشند. پیوندهای گوگرد می‌تواند یگانه یا دوگانه باشد و فسفر هم، فقط پیوند یگانه تشکیل می‌دهد.

۵ تعداد پیوندهای کووالانسی در ترکیب را از فرمول زیر به‌دست می‌آوریم:

$a =$ مجموع تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها

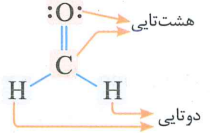
$b =$ (تعداد اتم‌ها غیر از هیدروژن $\times 8$) + (تعداد $H \times 2$)

$$\text{تعداد پیوند کووالانسی} = \frac{1}{2}(b-a)$$

مثال ساختار لوویس COH_2

$$\left.\begin{matrix} a = 4+6+2(1) = 12 \\ b = (2\times 8)+(2\times 2) = 20 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{تعداد پیوند کووالانسی} = \frac{1}{2}(20-12) = 4$$

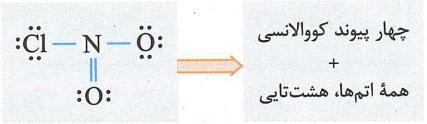
واضحه که C اتم مرکزیه. پیوند C با هر یک از دوتا H، پیوند یگانه است.
پس پیوند C با O باید دوگانه باشد تا تعداد پیوندها به ۴ برسد.



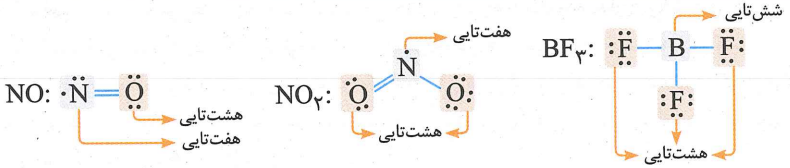
مثال NO_2Cl

$$\left.\begin{matrix} a = 5+2(6)+7 = 24 \\ b = 4\times 8 = 32 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{تعداد پیوند} = \frac{32-24}{2} = 4$$

N اتم مرکزی است و با Cl پیوند یگانه دارد، پس N با یکی از دو تا O، پیوند یگانه و با دیگری پیوند دوگانه دارد:

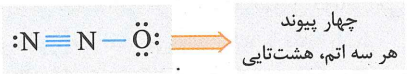


توجه تعداد محدودی از مولکول‌ها وجود دارند که اتم مرکزی آن‌ها هشت‌تایی نیست. طرح ساختار لوویس برای این مولکول‌ها در کنکور، تقریباً غیر ممکن است، مگر چند مولکول زیر که احتمال مطرح شدن آن‌ها در کنکور، بسیار کمه، ولی صفر نیست. ترجیح می‌دهیم این یکی دو مولکول را یاد بگیرید تا خیالمون کاملاً راحت بشه.



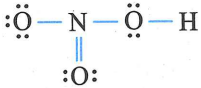
توجه در مولکول N_2O اتم مرکزی اکسیژن نیست، بلکه یکی از دو اتم نیتروژن اتم مرکزی است، البته هر سه اتم آن هشت‌تایی است. پس می‌شه از قواعد ذکرشده استفاده کرد.

$$N_2O \Rightarrow \begin{matrix} a = 2(5)+6 = 16 \\ b = 3\times 8 = 24 \end{matrix} \Rightarrow \text{تعداد پیوند} = \frac{1}{2}(24-16) = 4$$



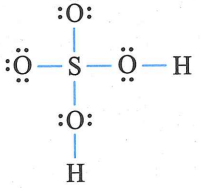
✓ **ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن‌دار:** برای رسم ساختار لوویس این ترکیب‌ها، علاوه بر قواعد ذکرشده، به این نکته هم باید توجه داشت که هیدروژن‌های اسیدی این ترکیب‌ها، نه به اتم مرکزی، بلکه به اتم اکسیژن متصلند.

مثال رسم ساختار لوویس HNO_3:



$$\begin{matrix} a = 1+5+3(6) = 24 \\ b = 2+4(8) = 32 \end{matrix} \Rightarrow \text{تعداد پیوند} = \frac{1}{2}(32-24) = 4$$

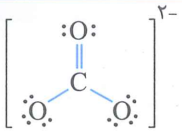
مثال H_2SO_4



$$\begin{matrix} a = 2(1)+6+4(6) = 32 \\ b = 2(2)+5(8) = 44 \end{matrix} \Rightarrow \text{تعداد پیوند} = \frac{1}{2}(44-32) = 6$$

✓ **ساختار لوویس یون‌های چند اتمی:** قواعد رسم ساختار لوویس این ترکیب‌ها با مولکول‌ها تفاوتی ندارند، با این تفاوت که به هنگام محاسبهٔ مجموع تعداد الکترون ظرفیتی ترکیب، به اندازهٔ بار منفی به آن افزوده و یا به اندازهٔ بار مثبت، از آن کم می‌کنیم. در ضمن، بار ترکیب را سمت بالا و راست کروشه‌ای قرار می‌دهیم که ساختار لوویس ترکیب، داخل آن رسم شده است.

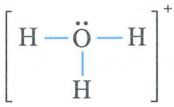
مثال ◂ رسم ساختار لوویس یون CO_3^{2-}:



پاسخ $\left.\begin{matrix} a = 4+3(6)+2 = 24 \\ b = 4\times 8 = 32 \end{matrix}\right\} \Rightarrow$ تعداد پیوند $= \frac{1}{2}(32-24) = 4$

◂ رسم ساختار لوویس H_3O^+: بدون هرگونه محاسبه‌ای، مشخص است که اتم O با سه پیوند یگانه به ۳ اتم H متصل است و ساختار لوویس این یون، به صورت زیر است:

پاسخ



◂ رسم ساختار لوویس NO_2^+:

پاسخ

$\left.\begin{matrix} a = 5+2(6)-1 = 16 \\ b = 3\times 8 = 24 \\ \Rightarrow \text{تعداد پیوند} = \frac{1}{2}(24-16) = 4 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left[\ddot{O}=N=\ddot{O}\right]^+$

۳ شیمی آلی

نام‌گذاری آلکان‌ها و مشتقات هالوژن‌دار آن‌ها

۱ انتخاب زنجیر اصلی با بیشترین تعداد کربن.

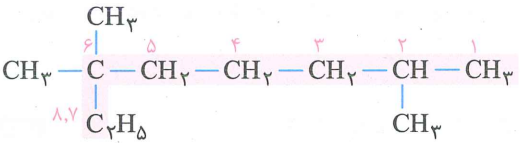
تبصره: از دو زنجیر کربنی با تعداد کربن یکسان، زنجیر دارای تعداد شاخهٔ فرعی بیشتر را به عنوان زنجیر اصلی انتخاب می‌کنیم.

۲ شماره‌گذاری زنجیر اصلی از سمتی که به اولین شاخه زودتر برسیم.

تبصره: اگر فاصلهٔ اولین شاخه از دو سر زنجیر اصلی یکسان باشد، با نادیده گرفتن آن‌ها و با توجه به موقعیت شاخه‌های دیگر به شماره‌گذاری زنجیر اصلی می‌پردازیم.

۳ نوشتن نام ترکیب، به این صورت که ابتدا شماره و نام شاخه‌ها به ترتیب تقدم حرف اول آن‌ها در الفبای انگلیسی و در پایان، نام زنجیر اصلی را می‌آوریم.

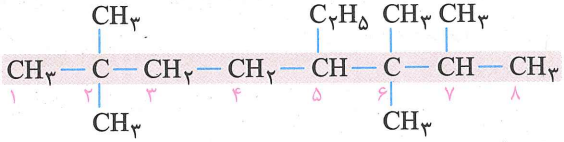
مثال



۲، ۶، ۶ - تری‌متیل اوکتان

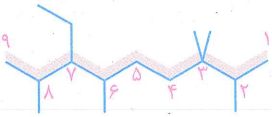
توجه نام شاخهٔ یک کربنی، متیل و نام شاخهٔ دو کربنی، اتیل است.

مثال



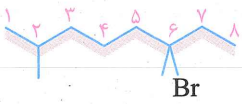
۵ - اتیل- ۲، ۲، ۶، ۶، ۷ - پنتامتیل اوکتان

مثال



۷ - اتیل- ۲، ۳، ۳، ۶، ۸ - پنتامتیل نونان

مثال



۶ - برمو- ۲، ۶ - دی‌متیل‌اوکتان

نام‌گذاری آلکن‌ها:

علاوه بر قواعد ذکرشده در مورد آلکان‌ها، چند قاعدهٔ زیر را هم باید در نظر بگیریم:

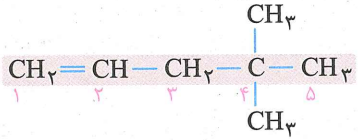
۱ زنجیر اصلی حتماً باید هر دو کربن پیوند دوگانه (C = C) را هم در بر داشته باشد.

۲ زنجیر اصلی از سمتی شماره‌گذاری می‌شود که به پیوند دوگانه نزدیک‌تر است.

۳ پسوند «ان» در آلکان باید به پسوند «اِن» تغییر داده شود.

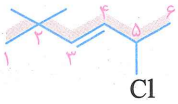
۴ قبل از نام زنجیر اصلی، شمارهٔ مربوط به موقعیت پیوند دوگانه را می‌آوریم.

مثال



۴، ۴ - دی‌متیل ـ ۱ ـ پنتن

مثال

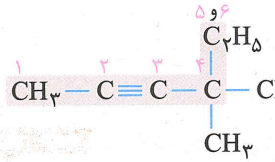


۵ـ کلرو ـ ۲، ۲ ـ دی‌متیل ـ ۳ ـ هگزن

نام‌گذاری آلکین‌ها:

همان قواعد ذکرشده در مورد آلکن‌ها را رعایت می‌کنیم، با این تفاوت که نام زنجیر به پسوند «ین» ختم می‌شود.

مثال



۴، ۴ ـ دی‌متیل ـ ۲ ـ هگزین

نام‌گذاری ترکیب‌های آلی دارای گروه عاملی اکسیژن‌دار:

نام‌گذاری ترکیبات آلی اکسیژن‌دار فقط در حد ترکیبات سادهٔ آن‌ها برای کنکور لازم است.
کافی است نام پسوند مربوط به هر خانواده را در انتهای نام زنجیر اصلی بیاورید.

خانواده	الکل	اتر	آلدهید	کتون	کربوکسیلیک‌اسید	استر
گروه عاملی	$-OH$	$-O-$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$
پسوند	«ول»	اتر	ال	«ون»	«وئیک‌اسید»	«وات»

به اولین عضو از هر خانواده (دارای کم‌ترین تعداد کربن) و نام آن توجه کنید:

$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ متانال (آلدهید)	CH_3-O-CH_3 دی‌متیل‌اتر (اتر)	CH_3-OH متانول (الکل)
$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ پروپانون (کتون)	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$ متیل متانوات (استر)	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ متانوئیک‌اسید (کربوکسیلیک‌اسید)

توجه در مورد تعداد محدودی از ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار، لازم است نام قدیمی آن‌ها را حفظ باشید.
مهم‌ترین این موارد عبارتند از:

ترکیب	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$
نام	اتانوئیک‌اسید	متانوئیک‌اسید	پروپانون	اتانال
نام قدیمی	استیک‌اسید	فورمیک‌اسید	استون	استالدهید

ترکیب	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$
نام	متانال	متیل‌اتانوات	متیل متانوات
نام قدیمی	فرمالدهید	متیل‌استات	متیل فورمات

نام‌گذاری ترکیب‌های آلی دارای گروه عاملی نیتروژن‌دار:

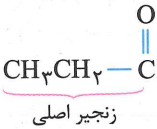
✓ برای نوشتن نام یک آمین، کافی است نام آلکیل‌های متصل به اتم N به ترتیب تقدم حرف اول نام آن‌ها در الفبای انگلیسی ذکر و در پایان، پسوند «آمین» آورده شود.

مثال

CH_3NH_2	متیل‌آمین	$(C_2H_5)_2NH$	دی‌اتیل‌آمین
$C_2H_5NHCH_3$	اتیل‌متیل‌آمین	$CH_3CH_2CH_2NH_2$	پروپیل‌آمین

✓ در مورد آمیدها، نام زنجیر اصلی را به‌صورت «آلکان» ذکر کرده و در پایان، پسوند «آمید» را می‌آوریم.

مثال

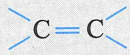
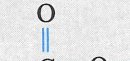
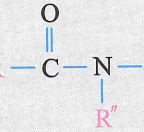


پروپان‌آمید

توجه نام‌گذاری آمین یا آمید پیچیده‌تر از آنچه گفته شد، خارج از برنامهٔ کنکور بوده و لازم نیست.

گروه‌های عاملی ترکیب‌های آلی

تنها خانوادهٔ آلی که فاقد گروه عاملی است، آلکان‌ها و همینطور، سیکلوآلکان‌ها می‌باشد. در جدول زیر، گروه‌های عاملی خانواده‌های آلی مختلف را همراه با نام کلی اعضای خانواده و پسوند مربوطه در نام آن‌ها ارائه کرده‌ایم:

خانواده	گروه عاملی		نام کلی	پسوند
آلکن		هریک از ظرفیت‌ها: H یا آلکیل	آلکن	اِن
آلکین		هر یک از ظرفیت‌ها: H یا آلکیل	آلکین	این
الکل		R ← آلکیل	آلکانول	اُل
اتر		R ← آلکیل R′ ← آلکیل	دی‌آلکیل‌اتر آلکیل آلکیل‌اتر	اتر
آلدهید		H یا آلکیل ← R	آلکانال	آل
کتون		R ← آلکیل R′ ← آلکیل	آلکانون	اُون
کربوکسیلیک‌اسید		H یا آلکیل ← R	آلکانوئیک‌اسید	اوئیک‌اسید
استر		H یا آلکیل ← R R′ ← آلکیل	آلکیل آلکانوات	اُوات
آمین		R ← آلکیل H یا آلکیل ← R″,R′	آلکیل‌آمین	آمین
آمید		H یا آلکیل ← R / R′ / R″	آلکان‌آمید	آمید

فرمول مولکولی ترکیب‌های آلی

با فرض وجود یک گروه عاملی و سیرشده بودن زنجیر کربنی در ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار و یا نیتروژن‌دار، فرمول مولکولی عمومی خانواده‌های آلی مختلف در جدول زیر ارائه شده است:

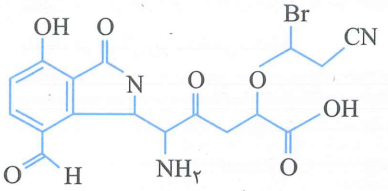
خانواده	آلکان	سیکلوآلکان و آلکن	الکل و اتر	آلدهید و کتون
فرمول مولکولی عمومی	C_nH_{2n+2}	C_nH_{2n}	$C_nH_{2n+2}O$	$C_nH_{2n}O$

خانواده	کربوکسیلیک‌اسید و استر	آمین	آمید
فرمول مولکولی عمومی	$C_nH_{2n}O_2$	$C_nH_{2n+3}N$	$C_nH_{2n+1}NO$

نکته برای نوشتن فرمول مولکولی عمومی یک ترکیب آلی با چندین گروه عاملی و ساختار پیچیده، پس از شمارش تعداد کربن و اکسیژن و نیتروژن، تعداد هیدروژن را به جای این‌که بشماریم، می‌توانیم از رابطهٔ زیر به‌راحتی و با اطمینان تعیین کنیم:

تعداد اتم هالوژن − (تعداد پیوند سه‌گانه)۴− (تعداد حلقه)۲− (تعداد پیوند دوگانه)۲− تعداد N + ۲ + ۲n = تعداد H

مثال اگر تعداد اتم کربن را بشمارید، این ترکیب ۱۷ اتم کربن دارد و تعداد اتم‌های O، N و Br به‌ترتیب برابر ۷، ۳ و ۱ است. اما تعداد H را نمی‌شماریم، بلکه از رابطهٔ ارزشمند فوق حساب می‌کنیم:



$$\text{تعداد H} = 2(17) + 2 + 3 - 2(7) - 2(2) - 4(1) - 1 = 16$$

تعداد کربن — تعداد N — تعداد حلقه — تعداد Br

تعداد پیوند دوگانه — تعداد پیوند سه‌گانه (در گروه CN —)

نکته در بسیاری از تست‌ها، پس از شمارش تعداد کربن، کافی است بدانیم که تعداد H زوج است یا فرد، تا یکی از دو گزینهٔ ممکن را انتخاب کنیم. زوج یا فرد بودن تعداد H در ترکیب‌های آلی، بدون شمارش نیز مشخص می‌شود:

- ✓ در تمام هیدروکربن‌های جهان، تعداد H زوج است.
- ✓ در تمام ترکیب‌های اکسیژن‌دار آلی، تعداد H زوج است.
- ✓ در ترکیب‌های نیتروژن‌دار آلی، اگر تعداد N فرد باشد، تعداد H هم فرد است و اگر تعداد N زوج باشد، تعداد H نیز زوج است.

در ترکیب‌های آلی شامل عنصرهای C، H، O و N نیز همینطور.

- ✓ اگر در ترکیب آلی، هالوژن وجود داشته باشد، در این‌صورت:

اگر تعداد هالوژن + تعداد N = زوج ⟹ تعداد H = زوج

اگر تعداد هالوژن + تعداد N = فرد ⟹ تعداد H = فرد

ایزومری ساختاری

✓ ترکیبات آلی که فرمول مولکولی یکسان، اما فرمول ساختاری متفاوتی دارند، ایزومر ساختاری یکدیگر به شمار می‌آیند. مانند اتانول و دی‌متیل‌اتر، که فرمول مولکولی هر دوی آن‌ها C_2H_6O است.

CH_3-O-CH_3	CH_3-CH_2-OH
دی‌متیل‌اتر	اتانول

توجه خواص شیمیایی و فیزیکی ایزومرها متفاوت است، زیرا تمام خواص یک مولکول، چه فیزیکی و چه شیمیایی، وابسته به ساختار آن است.

دقت کنید ایزومر را با ایزوتوپ قاطی نکنید! ایزوتوپ‌ها (اتم‌های یک عنصر که تعداد نوترون آن‌ها در هسته، متفاوت است) خواص شیمیایی یکسانی دارند، اما در خواص فیزیکی وابسته به جرم، با یکدیگر تفاوت دارند.

✓ دو ترکیب آلی به شرطی می‌توانند ایزومر ساختاری هم باشند که اولاً: فرمول مولکولی عمومی یکسانی داشته باشند، ثانیاً: تعداد کربن آن‌ها، یکسان باشد.

مثال اتیل بوتانوات با هگزانال، عمراً نمی‌توانند ایزومر باشند، چون فرمول مولکولی عمومی آن‌ها فرق دارد.

مثال اتیل بوتانوات با هگزانوئیک‌اسید ایزومر است، زیرا فرمول عمومی یکسانی دارند $(C_nH_{2n}O_2)$ و تعداد کربن یکسانی هم دارند (۶ کربن).

نکته در مورد ترکیب‌های متعلق به دو خانوادهٔ مختلف آلی، ترکیب‌هایی که می‌توانند ایزومر ساختاری هم باشند، در جدول زیر مشخص شده‌اند:

آلکن با سیکلوآلکان	فرمول مولکولی هر دو :	C_nH_{2n}
الکل با اتر	فرمول مولکولی هر دو :	$C_nH_{2n+2}O$
آلدهید و کتون	فرمول مولکولی هر دو :	$C_nH_{2n}O$
کربوکسیلیک‌اسید و استر	فرمول مولکولی هر دو :	$C_nH_{2n}O_2$

■ نحوهٔ محاسبهٔ تعداد ایزومرهای ساختاری با فرمول مولکولی معین، در کتاب درسی برجسته نشده و احتمالش کمه در کنکور مورد سؤال قرار بگیره. این موضوع وسعت زیادی داره. در اینجا صلاح می‌دونیم قسمت کوچکی از کل این موضوع را که مهم‌تر بوده و امکان طرح آن در کنکور، به طور نسبی، بیشتر است، ارائه کنیم:

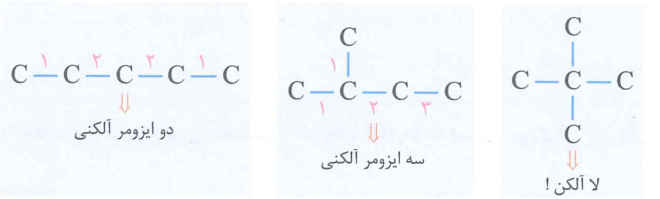
✓ تعداد ایزومر ساختاری آلکان‌هایی که حداکثر ۶ اتم کربن داشته باشند، از رابطهٔ $2^{n-4}+1$ مشخص می‌شود (n تعداد اتم کربن است)

مثال تعداد ایزومر ساختاری به فرمول C_6H_{14}:

تعداد ایزومر $= 2^{6-4}+1 = 5$

✓ تعداد ایزومر ساختاری در آلکن‌ها: ابتدا بدون در نظر گرفتن پیوند دوگانه، ساختارهای کربنی ممکن را رسم کرده و سپس در مورد هر ساختار، تعداد موقعیت متمایز و متفاوت برای قرار دادن پیوند دوگانه را محاسبه و شمار کل ایزومرهای حاصل از همهٔ ساختارها را جمع کرده و به پاسخ می‌رسیم.

مثال تعداد ایزومر ساختاری از خانوادهٔ آلکن‌ها به فرمول مولکولی C_5H_{10}؟ سه ساختار کربنی (بدون پیوند دوگانه) می‌توان رسم کرد:

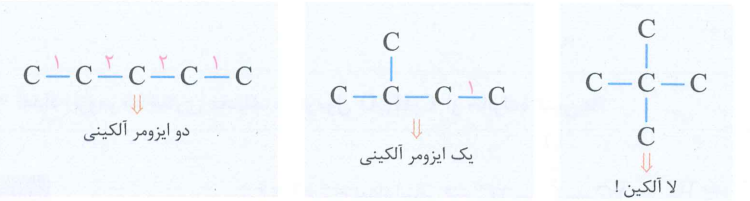


$\Rightarrow$ تعداد ایزومرهای آلکنی $= 2+3+0=5$

✓ تعداد ایزومرهای ساختاری در آلکین‌ها نیز به همان روش آلکن‌ها قابل محاسبه است. فقط باید حواستان به ظرفیت کربن‌ها باشد: کربن دارای شاخه، نمی‌تونه پیوند سه‌گانه داشته باشد.

مثال تعداد ایزومر ساختاری از خانوادهٔ آلکین‌ها به فرمول مولکولی C_5H_8؟

پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومرهای آلکینی $= 2+1+0=3$

✓ **تعداد ایزومرهای ساختاری در ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار:**

اگر آلکیل یا آلکیل‌های موجود در ساختار این ترکیبات را با R نمایش دهیم، می‌توان نوشت:

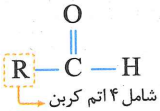
آلدهید	کتون	کربوکسیلیک‌اسید
$R-C(=O)-H$ (R: آلکیل) (به جز متانال)	$R-C(=O)-R'$ (R, R': آلکیل)	$R-C(=O)-OH$ (R: آلکیل) (به جز متانوییک اسید)

استر	الکل	اتر
$R-C(=O)-O-R'$ (R: آلکیل یا H، R': آلکیل)	$R-OH$ (R: آلکیل)	$R-O-R'$ (R, R': آلکیل)

با توجه به این‌که آلکیل یک و دو کربنی، فقط یک جور، آلکیل سه کربنی، دو جور و آلکیل چهار کربنی، ۴ جور می‌تواند باشد، به‌راحتی می‌توان تعداد ایزومر ساختاری این ترکیب‌ها را محاسبه نمود:

مثال تعداد ایزومر ساختاری مختلف از خانوادهٔ آلدهیدها به فرمول مولکولی $C_5H_{10}O$؟

پاسخ

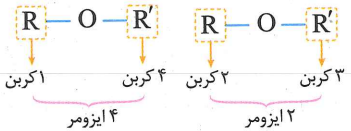


تعداد ایزومر ساختاری مختلف از خانوادهٔ الکل‌ها به فرمول مولکولی $C_4H_{10}O$؟

پاسخ

تعداد ایزومر ساختاری مختلف از خانوادهٔ اترها به فرمول مولکولی $C_5H_{12}O$؟

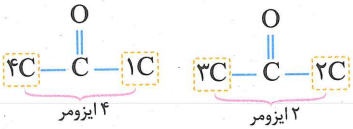
پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومر $= 4 + 2 = 6$

تعداد ایزومر ساختاری مختلف به فرمول $C_6H_{12}O$ از خانوادهٔ کتون‌ها؟

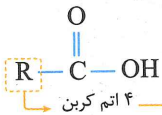
پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومر $= 4 + 2 = 6$

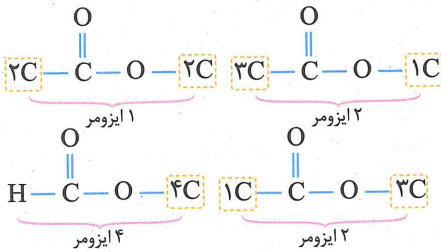
تعداد ایزومر مختلف از خانوادهٔ کربوکسیلیک‌اسیدها به فرمول مولکولی $C_5H_{10}O_2$؟

پاسخ



تعداد ایزومر مختلف از خانوادهٔ استرها به فرمول مولکولی $C_5H_{10}O_2$؟

پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومرها $= 4 + 2 + 1 + 2 = 9$

✓ **تعداد ایزومرهای ساختاری در خانوادهٔ آمین‌ها:**

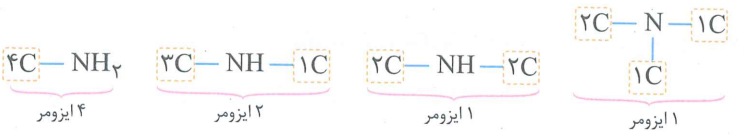
اگر ساختار کلی آمین‌ها را به‌صورت روبه‌رو نشان دهیم:

حداقل یکی از سه گروه R، R′ و R″ باید آلکیل باشد، ولی دو یا هر سه گروه هم می‌توانند آلکیل باشند. با استفاده از جدول زیر، به راحتی می‌توان تعداد ایزومر ساختاری را حساب کرد:

تعداد کربن آلکیل	۱	۲	۳	۴
چند جور آلکیل	۱	۱	۲	۴

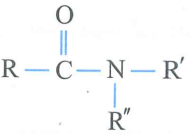
مثال ◂ **تعداد ایزومر ساختاری به فرمول مولکولی $C_4H_{11}N$ ؟**

پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومرها $= 4+2+1+1=8$

✓ **تعداد ایزومر در خانوادهٔ آمیدها:**



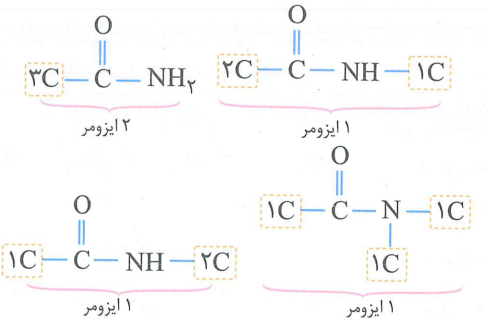
اگر ساختار کلی آمیدها را به‌صورت روبه‌رو نشان دهیم:

هرسه گروه R، R′ و R″ می‌توانند H یا آلکیل باشند.

باتوجه به این‌که می‌دانیم آلکیل یک، دو، سه و چهار کربنی، به ترتیب، یک جور، یک جور، دو جور و چهار جور مختلف می‌تواند باشد، به راحتی می‌توان تعداد ایزومرها را تعیین نمود.

مثال ◂ **تعداد ایزومر ساختاری به فرمول مولکولی C_4H_9NO از خانوادهٔ آمیدها؟**

پاسخ



$\Rightarrow$ تعداد ایزومرها $= 2+1+1+1=5$

تعداد پیوندهای کووالانسی در ترکیبات آلی

✓ در ترکیب‌های آلی، تعداد الکترون پیوندی مربوط به هر یک از عنصرها مطابق جدول زیر است:

عنصر	C	N	O	H	هالوژن
تعداد الکترون پیوندی	۴	۳	۲	۱	۱

با توجه به این‌که تعداد پیوندهای کووالانسی نصف تعداد الکترون‌های پیوندی است، به راحتی می‌توان از روی فرمول مولکولی ترکیب، تعداد پیوند کووالانسی را محاسبه کرد:

$$\text{تعداد پیوند کووالانسی} = \frac{۱}{۲}(\text{تعداد الکترون پیوندی})$$

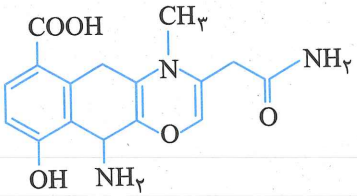
مثال ◂ **تعداد پیوند کووالانسی در مولکول اتیل‌هگزانوات چقدر است؟**

پاسخ

استر: $C_nH_{۲n}O_۲ \Rightarrow C_۸H_{۱۶}O_۲$ ⇐ ۸ اتم کربن ⇐ اتیل‌هگزانوات

$$\Rightarrow \text{تعداد پیوند کووالانسی} = \frac{۱}{۲}[(۸\times۴)+(۱۶\times۱)+(۲\times۲)] = ۲۶$$

◂ **تعداد پیوند کووالانسی در ترکیب روبه‌رو:**



پاسخ این ترکیب ۱۶ اتم کربن دارد و تعداد N و O، به ترتیب برابر ۳ و ۵ است.

$$\Rightarrow \text{تعداد H} = ۲(۱۶)+۲+۳-۲(۷)-۲(۳) = ۱۷$$

پس فرمول مولکولی ترکیب، $C_{۱۶}H_{۱۷}N_۳O_۵$ است. بنابراین:

$$\text{تعداد پیوند کووالانسی} = \frac{۱}{۲}[(۱۶\times۴)+(۱۷\times۱)+(۳\times۳)+(۵\times۲)] = ۵۰$$

توجه با توجه به فرمول مولکولی عمومی هر یک از خانواده‌های آلی، تعداد پیوند کووالانسی هر خانواده را بر حسب تعداد کربن (n) می‌توان حساب کرد:

خانواده	آلکان	آلکن	آلکین	اتر و الکل
فرمول عمومی	$C_nH_{۲n+۲}$	$C_nH_{۲n}$	$C_nH_{۲n-۲}$	$C_nH_{۲n+۲}O$
تعداد پیوند کووالانسی	$۳n+۱$	$۳n$	$۳n-۱$	$۳n+۲$

خانواده	اسید و استر	آمین	آمید
فرمول عمومی	$C_nH_{۲n}O_۲$	$C_nH_{۲n+۳}N$	$C_nH_{۲n+۱}NO$
تعداد پیوند کووالانسی	$۳n+۲$	$۳n+۳$	$۳n+۳$

مثال در مولکول آلکانی ۱۹ پیوند کووالانسی وجود دارد. نسبت تعداد H به تعداد C آن چقدر است؟

پاسخ

آلکان: $C_nH_{2n+2} \Rightarrow$ تعداد پیوند کووالانسی $= \frac{1}{2}(4n+2n+2) = 3n+1$

$\Rightarrow 3n+1=19 \Rightarrow n=6 \Rightarrow C_6H_{14}$

$\Rightarrow \frac{\text{تعداد H}}{\text{تعداد C}} = \frac{14}{6} = \frac{7}{3}$

واکنش‌های مهم مربوط به ترکیب‌های آلی

۱ سوختن کامل: اگر ترکیبی از خانوادهٔ هیدروکربن‌ها یا ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار به طور کامل بسوزد، H_2O و CO_2 پدید می‌آید.

آلکان
آلکن
آلکین
الکل
اتر
اسید آلی
استر

$+ O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

ضریب مولی مادهٔ سوختنی × n = ضریب مولی CO_2

تعداد H مولکول مادهٔ سوختنی × $\frac{1}{2}$ = ضریب مولی H_2O

ضریب مولی O_2 = ضریب مولی CO_2 + $\frac{1}{2}$ (ضریب مولی H_2O)

توجه عمده‌ترین ترکیب‌های آلی که سوختن آن‌ها مطرح می‌شود، آلکان‌ها می‌باشند. از این‌رو، بهتر است با معادلهٔ کلی سوختن کامل آلکان‌ها دقیقاً آشنا باشید:

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

مثال سوختن کامل ۲۰ گرم ۲، ۳ ـ دی‌متیل پنتان با تولید چند گرم H_2O همراه است و حجم گاز CO_2 حاصل در شرایط STP چند لیتر است؟ $(C=12, H=1, O=16\ g.mol^{-1})$

پاسخ

$1C_7H_{16} \sim 7CO_2 , 8H_2O$

$20 \times \frac{1}{100} \times \frac{8}{1} \times 18 = 28/8\ g\ H_2O$

$20 \times \frac{1}{100} \times \frac{7}{1} \times 22/4 = 31/36\ L\ CO_2$

روش کسر پیش ساخته

$\frac{20}{100 \times 1} = \frac{x}{18 \times 8} \Rightarrow x = 28/8\ g H_2O$

$\frac{20}{100 \times 1} = \frac{x}{22/4 \times 7} \Rightarrow x = 31/36 L CO_2$

توجه اگر سوختن هیدروکربن‌ها ناقص باشد، قسمتی از کربن‌های مادهٔ سوختنی به دوده $C(s)$ و $CO(g)$ تبدیل می‌شوند.

سوختن هیدروکربن در شرایطی به صورت ناقص انجام می‌گیرد که مقدار گاز اکسیژن در محیط انجام واکنش، به حد کافی نباشد.

۲ هیدروژن‌دار شدن هیدروکربن‌های سیرنشده:

آلکان + H_2 ⟶ آلکن

آلکان + $2H_2$ ⟶ آلکین

۳ سایر واکنش‌های افزایشی آلکن‌ها و آلکین‌ها:

✓ **تهیهٔ اتانول از اتن:**

$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$

↓ دارای خاصیت ضدعفونی‌کنندگی

✓ **تهیهٔ کلرواتان از اتن:**

$CH_2=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl$

↓ بی‌حس‌کنندهٔ موضعی

✓ **بی‌رنگ شدن آب برم توسط اتن:**

$CH_2=CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2(Br)-CH_2(Br)$

✓ **تهیهٔ وینیل‌کلرید از اتین:**

$CH\equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2=CH-Cl$

↓ مونومر P.V.C

۴ استری شدن اسید آلی با الکل:

آب + استر $\xrightleftharpoons{H_2SO_4}$ الکل + کربوکسیلیک‌اسید

نکته تعداد کربن استر با تعداد کربن اسید و الکل سازندهٔ آن برابر است.

توجه نام کلی استر به صورت آلکیل‌آلکانوات است که آلکیل از نام الکل و آلکانوات از نام کربوکسیلیک‌اسید گرفته می‌شود.

مثال

نام و فرمول مولکولی استر حاصل از واکنش اتانول با هگزانوئیک‌اسید؟

پاسخ

اتیل‌هگزانوات: نام استر ⇒

تعداد کربن استر = ۲ + ۶ = ۸

فرمول مولکولی = $C_nH_{2n}O_2 \Rightarrow C_8H_{16}O_2$

نام اسید و الکل سازندهٔ متیل بوتانوات؟

پاسخ

متیل بوتانوات

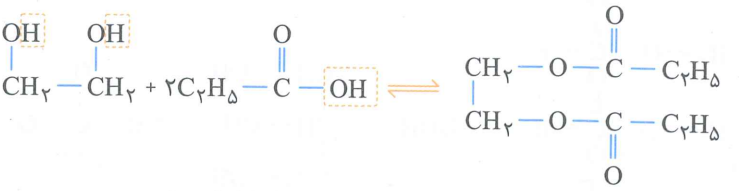
متیل ← متانول = نام الکل

بوتانوات ← بوتانوئیک اسید = نام اسید

توجه هر مولکول الکل دو عاملی با دو مولکول کربوکسیلیک‌اسید واکنش داده و استر دو عاملی پدید می‌آورد.

اتیلن‌گلیکول (۲ عاملی) + ۲ (پروپانوئیک‌اسید) ⟺ استر ۲ عاملی + $2H_2O$

مثال



فرمول مولکولی استر حاصل از واکنش اتیلن‌گلیکول با پروپانوئیک‌اسید؟

پاسخ

تعداد کربن $= ۲ + (۲ \times ۳) = ۸$

استر دو عاملی $\Rightarrow C_nH_{2n-2}O_4 \Rightarrow C_8H_{14}O_4$

توجه هرمولکول الکل ۳ عاملی با سه مولکول کربوکسیلیک‌اسید واکنش داده و استر ۳ عاملی $(C_nH_{2n-4}O_6)$ پدید می‌آورد.

$$\text{گلیسرول} + ۳(\text{اتانوئیک‌اسید}) \rightleftharpoons[H_2SO_4]{} \text{استر ۳عاملی} + ۳H_2O$$

مثال

$$C_3H_5(OH)_3 + ۳CH_3COOH \rightleftharpoons[H_2SO_4]{} C_3H_5(OCOCH_3)_3 + ۳H_2O$$

فرمول مولکولی استر حاصل از واکنش گلیسرول با اتانوئیک‌اسید؟

پاسخ

تعداد کربن $= ۳ + (۳ \times ۲) = ۹$

استر ۳عاملی $\Rightarrow C_nH_{2n-4}O_6 \Rightarrow C_9H_{14}O_6$

۵ آبکافت استر:

$$\text{استر} + H_2O \rightleftharpoons \text{کربوکسیلیک‌اسید} + \text{الکل}$$

مثال ◂ **نام اسید و الکل حاصل از آبکافت اتیل‌پنتانوات:**

پاسخ

اتیل پنتانوات

- تشکیل الکل ← اتانول
- تشکیل اسیدآلی ← پنتانوئیک‌اسید

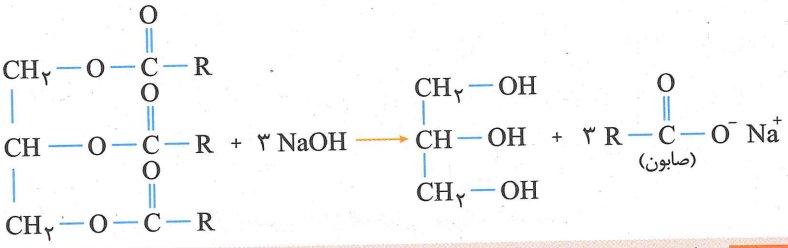
◂ **از آبکافت استری با فرمول مولکولی $C_8H_{16}O_2$، پروپانوئیک‌اسید و یک الکل به‌دست آمده است. الکل تولیدشده، کدام است؟**

۱) ۲- متیل -۱- بوتانول
۲) ۲- بوتانول
۳) ۳- متیل -۱- پنتانول
۴) ۱- هگزانول

پاسخ **گزینهٔ «۱»** استر ۸ کربن و اسید، ۳ کربن دارد. چون استر یک عاملی است، پس تعداد کربن الکل برابر است با: $۸ - ۳ = ۵$.

الکل ارائه‌شده در گزینهٔ «۱»، دارای ۵ کربن است.

۶ واکنش چربی با سدیم‌هیدروکسید (تشکیل صابون):

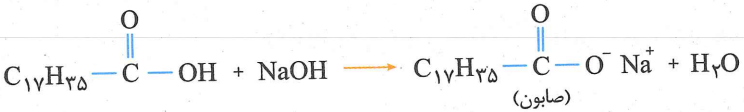


توجه اولاً: هر مول چربی با ۳ مول NaOH واکنش می‌دهد.
دوماً: از هر مول چربی، ۳ مول صابون و یک مول گلیسرول تولید می‌شود.

۷ واکنش اسید آلی با باز:

آب + نمک ⟵ باز + کربوکسیلیک‌اسید

مثال

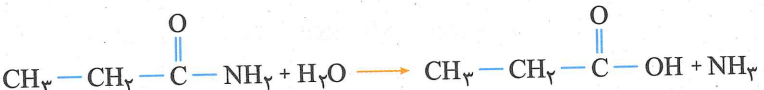


۸ واکنش تهیهٔ آمید از اثر آمین یا آمونیاک بر اسید آلی:

کربوکسیلیک‌اسید + آمین یا آمونیاک ⟵ آمید + H_2O

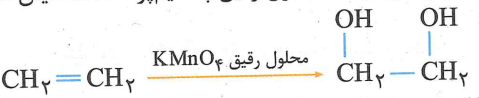
مثال

۹ واکنش آبکافت آمید:

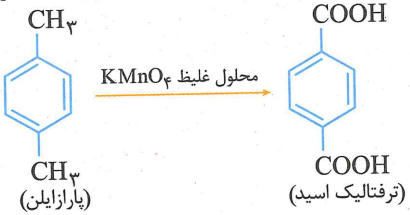


۱۰ اکسایش ترکیب‌های آلی:

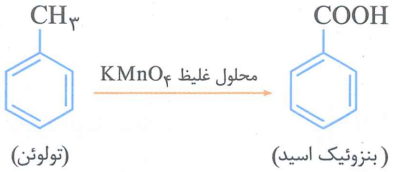
✓ **اکسایش آلکن:** با اکسایش اتن توسط محلول رقیق پتاسیم‌پرمنگنات، اتیلن‌گلیکول حاصل می‌شود.



✓ **اکسایش پارازایلن:** با اکسایش پارازایلن توسط محلول غلیظ پتاسیم‌پرمنگنات، ترفتالیک‌اسید حاصل می‌شود:



✓ اکسایش تولوئن:



✓ اکسایش الکل:

الکل $\xrightarrow{\text{اکسایش}}$ آلدهید $\xrightarrow{\text{اکسایش}}$ کربوکسیلیک‌اسید

الکل $\xrightarrow{\text{اکسایش}}$ کتون

توجه جزئیات اکسایش الکل‌ها قابل طرح در کنکور نیست.

۱۱ واکنش‌های مربوط به سنتز PET

✓ PET یعنی پلی‌اتیلن ترفتالات

PET پلی‌استری است که پلاستیک سازندهٔ بطری آب را از آن می‌سازند. مراحل تهیهٔ PET:

۱۲ واکنش‌های پلیمر شدن

✓ پلیمرشدن از طریق پیوند $C=C$:

(کاربرد: تهیهٔ انواع پلاستیک)

$$n\,CH_2=CH_2 \longrightarrow \left[CH_2-CH_2\right]_n$$

(اتن) (پلی‌اتن)

(کاربرد: تهیهٔ کیسهٔ خون)

$$n\,CH_2=CH \longrightarrow \left[CH_2-CH\right]_n$$

Cl Cl

(وینیل کلرید) P.V.C

(کاربرد: تهیهٔ ظروف یکبار مصرف)

$$n\,CH=CH_2 \longrightarrow \left[CH-CH_2\right]_n$$

(وینیل بنزن (استیرن)) (پلی‌استیرن)

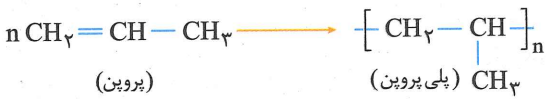
(کاربرد: تهیهٔ نخ دندان و نوار تفلون)

$$n\,CF_2=CF_2 \longrightarrow \left[CF_2-CF_2\right]_n$$

(تترافلوئورو اتن) (تفلون)

(کاربرد: تهیهٔ پتو)

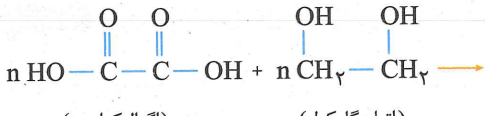
(کاربرد: تهیهٔ سرنگ)

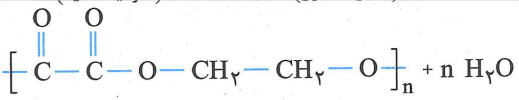


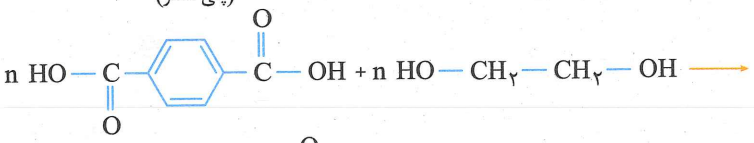
✓ **پلیمر شدن با حذف مولکول‌هایی مانند آب:**

آب + پلی‌استر ⟵ الکل ۲ عاملی + کربوکسیلیک‌اسید ۲ عاملی

مثال

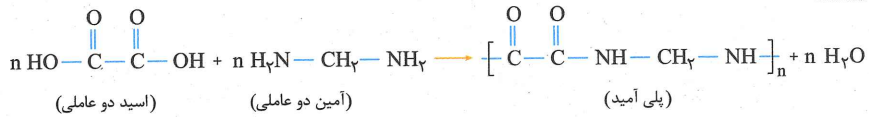






آب + پلی‌آمید ⟵ آمین دوعاملی + کربوکسیلیک‌اسید ۲ عاملی

مثال



۴ واکنش‌های شیمیایی

واکنش‌های سوختن و اکسایش (واکنش با اکسیژن)

✓ واکنش سوختن به واکنش‌هایی گفته می‌شود که طی آن‌ها، ماده‌ای با سرعت با اکسیژن (O_2) وارد واکنش می‌شود و انجام واکنش، با تولید شعله و نور همراه است.

دقت کنید اگر ماده‌ای با O_2 وارد واکنش شود امّا انجام واکنش با تولید شعله و نور همراه نباشد، واکنش انجام‌شده را سوختن به‌شمار نمی‌آوریم، بلکه جزء واکنش‌های اکسایش در نظر می‌گیریم.

مهم‌ترین این واکنش‌ها:

۱) سوختن کامل گاز متان: $CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$

گاز طبیعی به طور عمده از متان تشکیل می‌شود.

توجه سوختن هیدروکربن‌ها دو نوع است: کامل و ناقص.

واکنش سوختن کامل هیدروکربن‌ها (سوخت‌های فسیلی) موجب تولید CO_2 و H_2O می‌شود. درحالی‌که در سوختن ناقص آن‌ها، مقداری $CO(g)$ و دوده یعنی $C(s)$ نیز تولید می‌شود.

۲) سوختن کامل اتان و اتانول:

$$2C_2H_6(g)+7O_2(g)\longrightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(g)$$
$$C_2H_5OH(g)+O_2(g)\longrightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(g)$$

نکته

۱) آنتالپی سوختن کامل یک مول آلکان، در مقایسه با سوختن کامل یک مول الکل هم‌کربن با آن، بیشتر است.

۲) آنتالپی سوختن یک مول آلکان با افزایش تعداد کربن آن، بیشتر می‌شود.

۳) سوختن زغال‌سنگ: زغال‌سنگ $+O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+H_2O(g)+SO_2(g)$

توجه سوختن سوخت‌های فسیلی با تولید SO_2 همراه نیست، امّا سوختن زغال‌سنگ، علاوه بر تولید CO_2 و H_2O، با تولید SO_2 نیز همراه است.

۴) سوختن گاز هیدروژن: $2H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow 2H_2O(g)$

توجه

۱) این واکنش در دمای اتاق بدون کاتالیزگر، پیشرفت نکرده و عملاً انجام نمی‌گیرد.

۲) مخلوط گازهای H_2 و O_2 در اثر جرقه در دمای اتاق، با سرعت زیادی انجام گرفته و با انفجار همراه است.

۳) این واکنش در دمای اتاق و بدون جرقه، در حضور کاتالیزگر پلاتین (Pt)، با سرعت انجام می‌گیرد.

۸) سوختن یا اکسایش برخی فلزهای فعال:

$$4Na(s)+O_2(g)\longrightarrow 2Na_2O(s)$$
$$2Mg(s)+O_2(g)\longrightarrow 2MgO(s)$$
$$4Fe(s)+3O_2(g)\longrightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

✓ سطح براق فلز سدیم در دمای معمولی در تماس با هوا، به سرعت کدر می‌شود که نشانگر اکسید شدن سدیم توسط اکسیژن هواست. اکسید شدن سریع فلز سدیم در تماس با اکسیژن هوا، نشانگر فعالیت شیمیایی بالای فلز سدیم است.

✓ منیزیم در دمای بالا همراه با تولید نور سفید خیره‌کننده، به شدت با اکسیژن هوا می‌سوزد.

✓ آهن در دمای معمولی در هوای مرطوب، به کندی اکسید شده و به اصطلاح، زنگ می‌زند، امّا اگر الیاف آهن داغ و سرخ‌شده را در یک ارلن پر از اکسیژن وارد کنیم، خواهد سوخت.

۶ سوختن کامل گرافیت و الماس:

$$C(s,\text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + q_1$$

$$C(s,\text{الماس}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + q_2$$

با توجه به این‌که $q_1 > q_2$ است، می‌توان نتیجه گرفت که سطح انرژی گرافیت، پایین‌تر و پایداری آن، بیشتر از الماس است.

۷ واکنش CO با O_2 و تشکیل CO_2:

$$2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$$

انجام این واکنش، نشانگر پایداری بیشتر CO_2 نسبت به CO است.

۸ واکنش گوگرد و گوگرد دی‌اکسید با اکسیژن:

$$S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$$

به لحاظ واکنش‌پذیری زیادی که اکسیژن دارد، بسیاری از نافلزها مثل گوگرد و فسفر نیز با گاز اکسیژن وارد واکنش می‌شوند.

۹ واکنش فسفر سفید (P_4) با اکسیژن:

$$P_4(s) + 5O_2(g) \longrightarrow P_4O_{10}(s)$$

انرژی فعال‌سازی این واکنش به قدری کم است که اگر در دمای اتاق، مقداری فسفر سفید را در تماس با هوا قرار دهیم، پس از چند ثانیه با اکسیژن هوا وارد واکنش شده، شعله‌ور می‌شود و می‌سوزد. به همین دلیل، فسفر سفید را زیر آب نگهداری می‌کنند.

۱۰ اکسایش گلوکز در بدن و تولید انرژی: $C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$

۱۱ واکنش گازهای N_2 و NO با اکسیژن:

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g)$$

$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$$

✓ واکنش گاز N_2 با O_2 گرماگیر است. بنابراین این واکنش عمراً نمی‌تواند جزء واکنش‌های سوختن باشد.

✓ واکنش N_2 با O_2 در دمای بالاتر از $1000^\circ C$ در موتور خودرو انجام گرفته و منجر به تولید آلایندهٔ NO در موتور خودرو می‌شود.

✓ به دلیل رنگ قهوه‌ای گاز NO_2، بالا رفتن غلظت گاز NO_2 در هوا موجب می‌شود هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده شود.

واکنش‌های تجزیه

در این واکنش‌ها، از یک ترکیب پیچیده‌تر، دو یا چند مادهٔ ساده‌تر پدید می‌آید. مهم‌ترین واکنش‌های تجزیه که در کتاب درسی ارائه شده‌اند، عبارتند از:

۱ تجزیهٔ نیتروگلیسرین:

$$4C_3H_5(NO_3)_3(s) \xrightarrow{\Delta} 12CO_2(g) + 10H_2O(g) + 6N_2(g) + O_2(g)$$

۲ تجزیهٔ گلوکز:

$$C_6H_{12}O_6(aq) \longrightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$$

۳ تجزیهٔ هیدروژن‌پراکسید:

$$2H_2O_2(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

واکنش‌های ترکیب

در این واکنش‌ها، دو یا چند ماده با یکدیگر ترکیب شده و یک ترکیب پیچیده‌تر پدید می‌آورند. مهم‌ترین واکنش‌های ترکیب که در کتاب درسی ارائه شده‌اند، عبارتند از:

۱ واکنش دو عنصر با یکدیگر و تشکیل یک ترکیب:

فرایند تولید آمونیاک به روش هابر

$N_2(g)+3H_2(g)\longrightarrow 2NH_3(g)$ (دما ۴۵۰°C، فشار ۲۰۰ اتمسفر و کاتالیزگر آهن)

$H_2(g)+F_2(g)\longrightarrow 2HF(g)$ (حتی در دمای ۲۰۰°C− به سرعت انجام می‌گیرد)

$H_2(g)+Cl_2(g)\longrightarrow 2HCl(g)$ (در دمای اتاق به آرامی انجام می‌گیرد)

$H_2(g)+Br_2(g)\longrightarrow 2HBr(g)$ (در دمای ۲۰۰°C انجام می‌گیرد)

$H_2(g)+I_2(g)\longrightarrow 2HI(g)$ (در دمای بالاتر از ۴۰۰°C انجام می‌گیرد)

$2H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow 2H_2O(g)$

(در دمای اتاق در حضور کاتالیزگر Pt یا در اثر جرقه به سرعت انجام می‌گیرد)

$S(s)+O_2(g)\longrightarrow SO_2(g)$

$C(s)+O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)$ (الماس و گرافیت، هر دو در دمای بالا با اکسیژن می‌سوزند)

$2Mg(s)+O_2(g)\longrightarrow 2MgO(s)$ (منیزیم گداخته با اکسیژن هوا به شدت می‌سوزد)

توجه واکنش‌های ترکیب که یکی از دو واکنش‌دهنده، $O_2(g)$ است، در قسمت واکنش‌های سوختن و اکسایش ارائه شده است.

۲ افزایش مولکول‌هایی مانند H_2، Br_2، HCl و ... به آلکن

در قسمت شیمی آلی ارائه شده است.

۳ پلیمر شدن آلکن‌ها و مشتقات آن‌ها

در قسمت شیمی آلی ارائه شده است.

۴ واکنش اکسید نافلز با اکسید فلز:

$CO_2(g)+CaO(s)\longrightarrow CaCO_3(s)$ (برای از بین بردن CO_2 تولیدشده در صنعت)

$CO_2(g)+MgO(s)\longrightarrow MgCO_3(s)$ (برای از بین بردن CO_2 تولیدشده در صنعت)

$SO_2(g)+CaO(s)\longrightarrow CaSO_3(s)$ (برای از بین بردن گاز SO_2 تولیدشده در نیروگاه‌ها)

۵ واکنش تولید متانول در صنعت: در دما و فشار مناسب و در حضور کاتالیزگر، از اثر دادن گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن بر یکدیگر، در مقیاس صنعتی، متانول تهیه می‌شود:

$CO(g)+2H_2(g)\longrightarrow CH_3OH(g)$

۶ واکنش گاز آمونیاک با گاز هیدروژن‌کلرید (واکنش خنثی شدن اسید ـ باز):

$NH_3(g)+HCl(g)\longrightarrow NH_4Cl(s)$

محلول آمونیاک نیز با محلول هیدروکلریک‌اسید در واکنش خنثی شدن اسید ـ باز شرکت می‌کند:

$$NH_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl(aq)$$

واکنش‌های جابه‌جایی یگانه

در این نوع واکنش‌ها، یک عنصر با یک ترکیب وارد واکنش شده و عنصری دیگر همراه با فراورده‌ای دیگر پدید می‌آید.

به طور کلی، این واکنش‌ها به این شرط انجام گرفته و پیشرفت می‌کنند که واکنش‌پذیری عنصر مصرف‌شده، بیشتر از واکنش‌پذیری عنصر تولیدشده باشد.

۱) واکنش فلز سدیم با آهن (II) اکسید:

$$FeO(s) + 2Na(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2O(s) + Fe(s)$$

انجام این واکنش، نشانگر واکنش‌پذیری بیشتر Na نسبت به Fe است.

۲) استخراج آهن در فولاد مبارکه با استفاده از کربن:

$$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \xrightarrow{\Delta} 4Fe(s) + 3CO_2(g)$$

توجه با این که استخراج آهن از سنگ معدن آن، با استفاده از فلز سدیم نیز امکان‌پذیر است، اما به دلیل دسترسی آسان‌تر به کربن و صرفهٔ اقتصادی، در صنعت از کربن استفاده می‌شود، نه از سدیم.

۳) واکنش ترمیت و استفاده از آن در صنعت جوشکاری:

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

توجه در این واکنش، فلز آهن به صورت مذاب (مایع) تولید می‌شود که می‌تواند موجب اتصال دو قطعهٔ آهنی به یکدیگر شود.

دقت کنید انجام واکنش ترمیت، نشانگر واکنش‌پذیری بیشتر Al نسبت به Fe است.

۴) واکنش فلز آهن با هیدروکلریک‌اسید: $Fe(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow FeCl_2(s) + H_2(g)$

توجه انجام این واکنش، نمایانگر واکنش‌پذیری بیشتر Fe در مقایسه با H_2 است.

نکته به طور کلی، فلزهایی که در سری الکتروشیمیایی، بالاتر از H_2 قرار دارند، می‌توانند در واکنش با هیدروکلریک‌اسید، موجب تولید H_2 شوند. به خاطر بسپارید که فلزهای مس، جیوه، نقره، پلاتین و طلا (معروف به گروه مجنبط) بر HCl اثر نمی‌کنند، زیرا در سری الکتروشیمیایی، پایین‌تر از هیدروژن قرار دارند.

واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه

در این واکنش دو ترکیب با یکدیگر واکنش می‌دهند و عنصری از یک ترکیب با عنصری از ترکیب دیگر، جایگزین یکدیگر می‌شوند. مهم‌ترین این واکنش‌ها:

۱) واکنش کربنات یک فلز با یک اسید:

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

در واقع در این واکنش، جای یون‌های Ca^{2+} و H^+ اسید با یکدیگر عوض شده و به این ترتیب، $CaCl_2$ و H_2CO_3 پدید می‌آید، اما H_2CO_3 حاصل، آناً تجزیه شده و به CO_2 و H_2O تجزیه می‌شود.

نکته در هر واکنشی که یون‌های کربنات (CO_3^{2-})، با جذب H^+ اسید به H_2CO_3 تبدیل شوند، H_2CO_3 حاصل به H_2O و CO_2 تجزیه می‌شود.

۲ استری شدن کربوکسیلیک‌اسید با الکل (واکنش استری شدن):

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + R'-OH \xrightarrow{H_2SO_4} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + H_2O$$

(اسید آلی) (الکل) (استر)

۳ آبکافت استر (عکس واکنش استری شدن):

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + R'-OH$$

(استر) (اسید آلی) (الکل)

۴ واکنش چربی (استر ۳ عاملی) با NaOH (واکنش تولید صابون):

$$C_3H_5(OCOR)_3 + 3NaOH \longrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3RCOONa$$

(چربی) گلیسیرول (صابون)

۵ واکنش اسید چرب با NaOH و تولید صابون:

$$R-COOH + NaOH \longrightarrow R-COONa + H_2O$$

(اسید چرب) (صابون)

۶ تبدیل صابون محلول به ترکیب نامحلول در آب سخت:

$$2R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^-Na^+(aq) + CaCl_2(aq) \longrightarrow (RCOO)_2Ca(s) + 2NaCl(aq)$$

صابون(محلول) (ترکیب نامحلول)

$$2R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-ONa(aq) + MgCl_2(aq) \longrightarrow (RCOO)_2Mg(s) + 2NaCl(aq)$$

صابون(محلول) (ترکیب نامحلول)

✓ هر چه غلظت Ca^{2+} و Mg^{2+} در آب بالاتر باشد، درجهٔ سختی آن بالاتر است.

۷ واکنش یک اسید با یک باز: به طور کلی، در محلول آبی، H^+ حاصل از اسید با OH^- حاصل از باز با یکدیگر ترکیب شده و H_2O را به وجود می‌آورند. به این ترتیب، اسید و باز یکدیگر را خنثی می‌کنند.

مثال

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

$$H_2SO_4(aq) + 2KOH(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

$$2H_3PO_4(aq) + 3Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + 6H_2O(l)$$

$$HCl(aq) + NH_3(aq) \longrightarrow NH_4Cl(s)$$

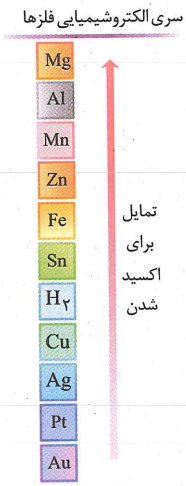
تذکر واکنش آخری، جزء واکنش‌های ترکیب به‌شمار می‌آید، اما به هر حال، یک واکنش «اسید ـ باز» است.

واکنش‌های مربوط به الکتروشیمی

هر واکنشی که در آن، گونه‌ای کاهش یافته و گونه‌ای اکسایش یابد، می‌تواند جزء واکنش‌های مربوط به الکتروشیمی به‌شمار آید.

یکی از مهم‌ترین این واکنش‌ها، واکنش سوختن است که در یک قسمت مستقل بررسی کردیم.

در این قسمت به واکنش‌های اکسایش ـ کاهشی می‌پردازیم که در یک سلول گالوانی یا سلول الکترولیتی می‌تواند انجام داده شود و در کتاب درسی هم مورد توجه قرار داده شده است:



۱ واکنش یک فلز با کاتیون فلز دیگر:

اگر یک تیغهٔ فلزی با کاتیون فلز دیگری که در سری الکتروشیمیایی در جایگاه پایین‌تری قرار دارد، در کنار هم یا در یک سلول گالوانی حضور داشته باشند، فلز اکسید شده و الکترون از دست می‌دهد و کاتیون فلز دیگر، با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد. چند مثال از این واکنش‌ها:

$$Mg(s)+Zn^{2+}(aq)\longrightarrow Mg^{2+}(aq)+Zn(s)$$

$$Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\longrightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$$

$$Fe(s)+2H^{+}(aq)\longrightarrow Fe^{2+}(aq)+H_2(g)$$

۲ واکنش سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن:

کاهش در کاتد: $O_2(g)+4e^{-}+4H^{+}(aq)\longrightarrow 2H_2O(l)$

اکسایش در آند: $2H_2(g)\longrightarrow 4H^{+}(aq)+4e^{-}$

برآیند واکنش سلول: $2H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow 2H_2O(l)$

دقت کنید در کتاب درسی، در معادلهٔ واکنش کلی (یا برآیند) سلول سوختی، فراورده را به صورت $H_2O(g)$ نوشته است.

۳ واکنش سلول دانز (برقکافت سدیم‌کلرید مذاب)

کاهش در کاتد: $2Na^{+}+2e^{-}\longrightarrow 2Na$

اکسایش در آند: $2Cl^{-}\longrightarrow Cl_2+2e^{-}$

واکنش کلی سلول: $2Na^{+}+2Cl^{-}\longrightarrow 2Na+Cl_2$

دقت کنید در سلول دانز، سدیم‌کلرید مذاب برقکافت می‌شود، نه محلول سدیم‌کلرید.

۴ واکنش‌های مربوط به استخراج فلز منیزیم از آب دریا:

مرحلهٔ اول: افزودن $OH^{-}(aq)$ (یعنی یک مادهٔ بازی مثل کلسیم‌هیدروکسید) به مخزنی که پر از آب دریاست. با انجام این کار، $Mg(OH)_2$ رسوب می‌کند که با عمل صاف کردن رسوب را جدا می‌کنند.

$$Mg^{2+}(aq)+2OH^{-}(aq)\longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

مرحلهٔ دوم: اثر دادن محلول هیدروکلریک‌اسید بر منیزیم‌هیدروکسید به‌دست‌آمده از مرحلهٔ اول:

$$Mg(OH)_2(s)+2HCl(aq)\longrightarrow MgCl_2(aq)+2H_2O(l)$$

آن‌گاه محلول منیزیم‌کلرید حاصل را به قدری گرما می‌دهند که تمام آب موجود در آن، تبخیر شده و منیزیم‌کلرید خشک به‌دست آید.

مرحلهٔ سوم: برقکافت منیزیم‌کلرید مذاب: $MgCl_2(l)\xrightarrow{\text{برقکافت}}Mg(l)+Cl_2(g)$

۵ واکنش‌های مربوط به زنگ زدن و خوردگی آهن:

✓ **در مرحلهٔ اول:**

اکسایش در آند: $Fe(s)\longrightarrow Fe^{2+}(aq)+2e^-$

کاهش در کاتد: $O_2(g)+4e^-+2H_2O(l)\longrightarrow 4OH^-(aq)$

✓ **در مرحلهٔ بعد:** Fe^{2+} اکسید شده به Fe^{3+} تبدیل می‌شود و آن‌چه کاهش می‌یابد، باز هم O_2 است.

✓ برایند واکنش‌های انجام‌شده در زنگ زدن آهن:

$$4Fe(s)+3O_2(g)+6H_2O(l)\longrightarrow \underset{\text{(زنگ آهن)}}{4Fe(OH)_3(s)}$$

۶ واکنش آبکاری فلزها:

در این واکنش، در آند، تیغه‌ای از فلز پوشش‌دهندهٔ قطعهٔ مورد نظر، اکسید شده و کاتیون همان فلز در کاتد (یعنی در سطح قطعهٔ مورد آبکاری) کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، اگر یک کلید آهنی را با نقره آبکاری کنیم:

کاهش در کاتد: $Ag^+(aq)+e^-\longrightarrow Ag(s)$

اکسایش در آند: $Ag(s)\longrightarrow Ag^+(aq)+e^-$

۷ واکنش استخراج آلومینیم در سلول هال:

اکسایش در آند: $(2O^{2-}\longrightarrow O_2+4e^-)\times 3$

کاهش در کاتد: $(Al^{3+}+3e^-\longrightarrow Ag(l))\times 4$

توجه O_2 تولیدشده در آند، با کربن ترکیب شده و به CO_2 تبدیل می‌شود. بنابراین واکنش کلی سلول هال به صورت مقابل است: $2Al_2O_3(s)+3C\longrightarrow 4Al+3CO_2$

واکنش‌های خاص

۱ واکنش تبدیل اوزون (O_3) و اکسیژن (O_2) به یکدیگر در استراتوسفر:

$$2O_3(g)\rightleftharpoons 3O_2(g)\qquad\text{(واکنش برگشت‌پذیر)}$$

✓ در واقع اتفاقاتی که در استراتوسفر می‌افتند، به این صورتند که مولکول‌های O_3 با جذب پرتوی فرابنفش خورشید، تجزیه می‌شوند: $O_3+\text{پرتوی فرابنفش}\longrightarrow O_2+O$

اتم O به شدت ناپایدار است و نمی‌تواند به همین صورت، باقی بماند. بنابراین از برخورد اتم O با مولکول O_2، بار دیگر O_3 تشکیل می‌شود:

$$O_2+O\longrightarrow O_3+\text{پرتوی فروسرخ}$$

✓ اگر واکنش‌های انجام‌شده را به صورت جمع و جور بنویسیم:

$$O_3+\text{پرتوی فرابنفش}\rightleftharpoons O_2+O\rightleftharpoons O_3+\text{پرتوی فروسرخ}$$

۲ واکنش‌هایی که موجب تولید اوزون تروپوسفری می‌شوند:

$$(۱)\begin{cases} N_۲(g)+O_۲(g)\xrightarrow{\text{رعد و برق}}۲NO(g) \\ ۲NO(g)+O_۲(g)\longrightarrow ۲NO_۲(g)\end{cases}$$

$$(۲)\quad NO_۲(g)+O_۲(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}}NO(g)+\underbrace{O_۳(g)}_{\text{اوزون تروپوسفری}}$$

۳ تبدیل مالتوز (قند موجود در جوانهٔ گندم) به گلوکز:

$$C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}(aq)+H_۲O(l)\longrightarrow ۲C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)$$

۴ واکنش پودر شامل مخلوط سدیم‌هیدروکسید و پودر آلومینیم با آب:

✓ این پودر نوعی پاک‌کنندهٔ خورنده است که برای باز کردن مجرای لوله‌هایی استفاده می‌شود که تجمع چربی‌ها موجب مسدود شدن آن‌ها شده است.

$$۲Al(s)+۶H_۲O(l)+۲NaOH(aq)\longrightarrow ۲NaAl(OH)_۴+۳H_۲(g)$$

✓ گرما و گاز هیدروژن تولیدشده در این واکنش، به باز شدن لوله‌ها کمک می‌کند.

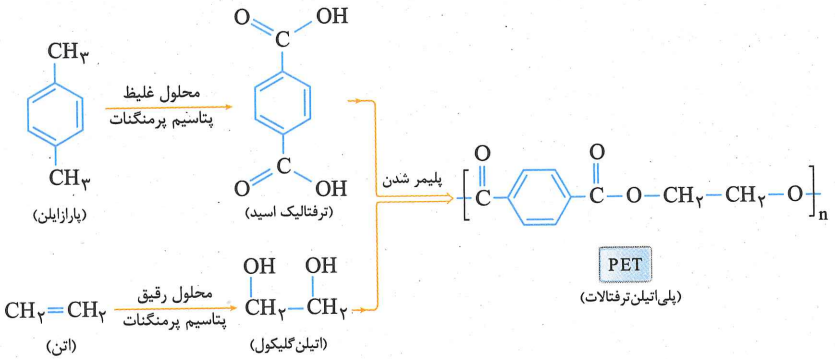
✓ در اثر واکنش NaOH با چربی‌هایی که مجرای لوله را مسدود کرده‌اند، صابون تولید می‌شود که خود، به حذف چربی‌ها از مسیر لوله کمک می‌کند.

۵ واکنش آمونیاک با گازهای NO و $NO_۲$ در اگزوز خودروهای دیزلی:

$$NO(g)+NO_۲(g)+۲NH_۳(g)\longrightarrow ۲N_۲(g)+۳H_۲O(g)$$

✓ در مبدل کاتالیستی تعبیه‌شده در اگزوز خودروهای دیزلی، مقداری آمونیاک نیز در داخل اگزوز کار گذاشته شده است تا در واکنش با آلاینده‌های NO و $NO_۲$ موجب از بین رفتن آن‌ها شود.

۶ مجموعه واکنش‌هایی که برای تولید PET باید صورت گیرند:



۵ استوکیومتری واکنش‌ها

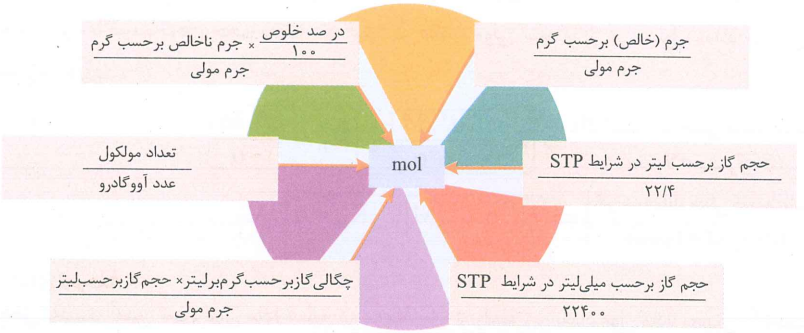
روش خطی تستی

■ مسائل استوکیومتری واکنش‌ها در این روش، طی ۳ مرحله حل می‌شوند:

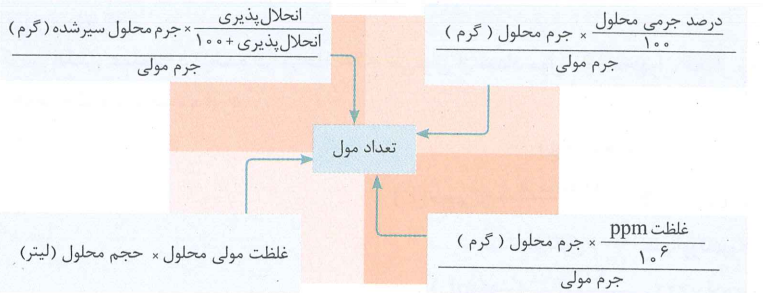
مرحلهٔ ۱	مقدار مادهٔ معلوم (با هر واحدی غیر از مول)	① →	مقدار مادهٔ معلوم (با واحد مول)
مرحلهٔ ۲	تعداد مول مادهٔ معلوم	② →	تعداد مول مادهٔ مجهول
مرحلهٔ ۳	تعداد مول مادهٔ مجهول	③ →	مقدار مادهٔ مجهول (با واحد خواسته‌شده)

■ **اجرای مرحلهٔ ۱:**

✓ برای انجام مرحلهٔ ۱، لازم است روش‌های زیر را برای مشخص کردن تعداد مول مادهٔ معلوم بلد باشید:



✓ اگر مادهٔ معلوم در حالت محلول باشد، روش‌های زیر را برای مشخص کردن تعداد مول مادهٔ معلوم باید بلد باشید:



✓ اگر مادهٔ معلوم، یک اسید یک ظرفیتی و در حالت محلول باشد و pH و درجه یونش اسید مشخص شده باشد، ابتدا از رابطهٔ زیر، غلظت مولی (M) اسید در محلول را محاسبه کرده و سپس با ضرب کردن حجم محلول (به لیتر) در غلظت مولی اسید، تعداد مول اسید را مشخص می‌کنیم.

$\alpha . M = ۱۰^{-pH}$ (α: درجهٔ یونش، M: غلظت مولی)

$V \times M \longrightarrow$ تعداد مول اسید (V: حجم محلول برحسب لیتر، M: غلظت مولی اسید)

✓ اگر مادهٔ معلوم، یک باز یک ظرفیتی و در حالت محلول باشد و pH محلول و درجهٔ یونش باز مشخص شده باشد، ابتدا از رابطهٔ زیر، غلظت مولی باز (M) در محلول را محاسبه کرده و سپس با ضرب کردن حجم محلول (به لیتر) در غلظت مولی باز، تعداد مول باز را مشخص می‌کنیم:

$\alpha . M = ۱۰^{-pOH}$ ، $pOH = ۱۴ - pH$

$V \times M \longrightarrow$ تعداد مول باز (V: حجم محلول برحسب لیتر، M: غلظت مولی باز)

✓ اگر مادهٔ معلوم، یک اسید یا باز یک ظرفیتی و در حالت محلول باشد و ثابت یونش و درجهٔ یونش اسید یا باز نیز مشخص شده باشد، ابتدا با استفاده از یکی از روابط زیر، غلظت مولی اسید یا باز (M) در محلول را به‌دست آورده و سپس، با ضرب کردن حجم محلول (به لیتر) در غلظت مولی اسید یا باز در محلول، تعداد مول آن را مشخص می‌کنیم.

اگر اسید یا باز خیلی ضعیف نباشد (معمولاً α بیشتر از ۰/۱) $\Rightarrow K_a = \frac{\alpha^۲ . M}{۱ - \alpha}$ یا $K_b = \frac{\alpha^۲ . M}{۱ - \alpha}$

اگر اسید یا باز خیلی ضعیف باشد (معمولاً α کمتر از ۰/۱) $\Rightarrow K_a \simeq \alpha^۲ . M$ یا $K_b = \alpha^۲ . M$

اجرای مرحلهٔ ۲:

به محض به‌دست آمدن تعداد مول مادهٔ معلوم در مرحلهٔ اول، از رابطهٔ زیر تعداد مول مادهٔ مجهول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{تعداد مول مادهٔ معلوم} \times \frac{\text{ضریب مولی مادهٔ مجهول}}{\text{ضریب مولی مادهٔ معلوم}} \rightarrow \text{تعداد مول مادهٔ مجهول}$$

اجرای مرحلهٔ ۳:

با طی کردن عکس عملیات ذکرشده در مرحلهٔ «۱»، می‌توان از تعداد مول مادهٔ مجهول، مقدار مجهول با یکای خواسته‌شده را به‌دست آورد.

- $mol \times$ جرم مولی $\longrightarrow$ جرم (g)
- mol (گاز) $\times ۲۲/۴ \xrightarrow{\text{در شرایط STP}}$ حجم گاز (L)
- $mol \times$ عدد آووگادرو $\longrightarrow$ تعداد مولکول
- mol (گاز) $\times ۲۲۴۰۰ \xrightarrow{\text{در شرایط STP}}$ (mL)

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{mol (گاز)}}{\text{چگالی گاز}(g.L^{-1})} \longrightarrow \text{حجم گاز}(L)$$

$$\text{mol} \times \text{جرم مولی} \times \frac{۱۰۰}{\text{درصد خلوص}} \longrightarrow \text{جرم ناخالص}(g)$$

$$\text{mol} \times \text{جرم مولی} \times \frac{۱۰۰}{\text{درصد جرمی}} \longrightarrow \text{جرم محلول}(g)$$

$$\text{mol} \times \text{جرم مولی} \times \frac{۱۰^{۶}}{\text{غلظت ppm}} \longrightarrow \text{جرم محلول}(g)$$

$$\frac{\text{mol}}{\text{غلظت مولی}} \longrightarrow \text{حجم محلول}(L)$$

$$\frac{\text{mol}}{\text{حجم محلول}(L)} \longrightarrow \text{غلظت مولی}$$

$$\text{mol} \times \text{جرم مولی} \times \frac{(\text{انحلال‌پذیری} + ۱۰۰)}{\text{انحلال‌پذیری}} \longrightarrow \text{جرم محلول سیرشده}$$

✓ اگر pH محلول اسید یک ظرفیتی به عنوان مجهول مسئله مطرح باشد، در این مرحله، بعد از به‌دست آوردن غلظت مولی محلول اسید، از رابطهٔ زیر، pH محلول اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$pH = -\log(\alpha.M)$$

✓ اگر pH محلول باز یک ظرفیتی به عنوان مجهول مسئله مطرح باشد، در این مرحله، بعد از به‌دست آوردن غلظت مولی محلول باز، از روابط زیر، pOH و سپس pH محلول باز را به‌دست می‌آوریم:

$$pOH = -\log(\alpha . M) \quad , \quad pH = ۱۴ - pOH$$

✓ اگر ثابت یونش اسید یا باز به عنوان مجهول مسئله مطرح باشد، در این مرحله، بعد از به‌دست آوردن غلظت مولی محلول، از یکی از روابط زیر، K_a یا K_b را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{matrix}\text{اسید بسیار ضعیف} \\ (\text{معمولاً } \alpha < ۰/۱)\end{matrix}\right\} \Rightarrow K_a \simeq \alpha^{۲}.M$$

$$\left.\begin{matrix}\text{باز بسیار ضعیف} \\ (\text{معمولاً } \alpha < ۰/۱)\end{matrix}\right\} \Rightarrow K_b \simeq \alpha^{۲}.M$$

$$\alpha > ۰/۱ \text{ اسید با} \Rightarrow K_a = \frac{\alpha^{۲}.M}{۱-\alpha}$$

$$\alpha > ۰/۱ \text{ باز با} \Rightarrow K_b = \frac{\alpha^{۲}.M}{۱-\alpha}$$

✓ اگر مجهول مسئله، یکی از انواع غلظت باشد، در این صورت، پس از به‌دست آوردن تعداد مول ماده‌ای که غلظت آن در محلول باید مورد محاسبه قرار گیرد، بسته به نوع غلظت خواسته‌شده، یکی از مسیرهای زیر را دنبال می‌کنیم:

مثال

غلظت مولی محلول = مجهول

غلظت مولی $\xrightarrow{\text{تقسیم بر حجم محلول به لیتر}}$ تعداد مول مادهٔ مجهول $\longrightarrow$ تعداد مول مادهٔ معلوم $\Rightarrow$

درصد جرمی محلول = مجهول

درصد جرمی $\xrightarrow{\text{ضرب در ۱۰۰ و تقسیم بر جرم محلول}}$ جرم حل شونده $\xrightarrow{\text{ضرب در جرم مولی مادهٔ مجهول}}$ تعداد مول مادهٔ مجهول $\longrightarrow$ تعداد مول مادهٔ معلوم

غلظت ppm = مجهول

غلظت ppm $\xrightarrow{\text{ضرب در }10^6\text{ و تقسیم بر جرم محلول}}$ جرم حل‌شونده $\xrightarrow{\text{ضرب در جرم مولی مادهٔ مجهول}}$ تعداد مول مادهٔ مجهول $\longrightarrow$ تعداد مول مادهٔ معلوم $\Rightarrow$

✓ **اگر بازده درصدی ۱۰۰٪ نباشد:**

۱ چنانچه مقدار بازده درصدی مشخص شده و مجهول، یکی از فراورده‌ها باشد، مقدار حاصل برای مادهٔ مجهول را در $\frac{\text{بازده درصدی}}{100}$ ضرب می‌کنیم.

۲ چنانچه مقدار بازده درصدی مشخص شده و مجهول، یکی از واکنش‌دهنده‌ها باشد، مقدار حاصل برای مادهٔ مجهول را در $\frac{100}{\text{بازده درصدی}}$ ضرب می‌کنیم.

۳ چنانچه بازده درصدی واکنش، به عنوان مجهول مطرح شده باشد، مقدار فراوردهٔ تولیدشده را به عنوان مقدار عملی در نظر گرفته و مقدار نظری همان فراورده را از روی مقدار واکنش‌دهنده که داده شده است، حساب می‌کنیم تا بازده واکنش را از رابطهٔ زیر به‌دست آوریم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100$$

روش برابری مول به ضریب (روش کسرهای پیش‌ساخته)

✓ نسبت مول هر یک از مواد موجود در یک واکنش به ضریب مولی آن ماده با یکدیگر برابر است. به عنوان مثال، در واکنش زیر:

$$2Al(s) + 6HCl(aq) \longrightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$$

می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{تعداد مول مصرف‌شدهٔ Al}}{2} = \frac{\text{تعداد مول مصرف‌شدهٔ HCl}}{6}$$

$$= \frac{\text{تعداد مول تولیدشدهٔ } AlCl_3}{2} = \frac{\text{تعداد مول تولیدشدهٔ } H_2}{3}$$

یا به‌طور خلاصه:

$$\frac{\text{mol Al}}{۲} = \frac{\text{mol HCl}}{۶} = \frac{\text{mol AlCl}_۳}{۲} = \frac{\text{mol H}_۲}{۳}$$

در روش خطی تستی نحوهٔ تبدیل واحدهای غیر مول به مول را ارائه کردیم. بنابراین، اگر مقدار هر ماده با واحدی غیر از مول داده شده باشد، می‌توانیم با استفاده از قواعد ذکر شده، تعداد مول آن را حساب کنیم.

هریک از عبارت‌های زیر مقدار ماده را برحسب مول نشان می‌دهد:

$$\frac{\text{جرم (خالص) برحسب گرم}}{\text{جرم مولی}}$$

$$\frac{\frac{\text{درصد خلوص}}{۱۰۰} \times \text{جرم ناخالص ماده برحسب گرم}}{\text{جرم مولی}}$$

$$\frac{\text{حجم گاز به لیتر در شرایط STP}}{۲۲/۴}$$

$$\frac{\text{حجم گاز به میلی‌لیتر در شرایط STP}}{۲۲۴۰۰}$$

$$\frac{\text{چگالی گاز } (g.L^{-۱}) \times \text{حجم گاز به لیتر}}{\text{جرم مولی}}$$

$$\frac{\text{تعداد مولکول}}{\text{عدد آووگادرو}}$$

$$\frac{\frac{\text{درصد جرمی}}{۱۰۰} \times \text{جرم محلول به گرم}}{\text{جرم مولی}}$$

$$\frac{\frac{\text{غلظت ppm}}{۱۰^۶} \times \text{جرم محلول به گرم}}{\text{جرم مولی}}$$

$$\text{غلظت مولی} \times \text{حجم محلول به لیتر}$$

$$\frac{\frac{\text{انحلال‌پذیری}}{\text{انحلال‌پذیری} + ۱۰۰} \times \text{جرم محلول سیر شده به گرم}}{\text{جرم مولی}}$$

- در روش برابری مول به ضریب، کمیت مجهول را با x نشان می‌دهیم.
- در روش برابری مول به ضریب، اگر بازده درصدی مطرح شده باشد، $\frac{\text{بازده درصدی}}{۱۰۰}$ را در مقدار واکنش‌دهنده ضرب می‌کنیم.
- در روش برابری مول به ضریب، اگر بازده درصدی، مطرح شده و هر دو ماده (معلوم و مجهول) جزء واکنش‌دهنده‌ها باشد، $\frac{\text{بازده درصدی}}{۱۰۰}$ را در مقدار واکنش‌دهندهٔ مجهول ضرب می‌کنیم.