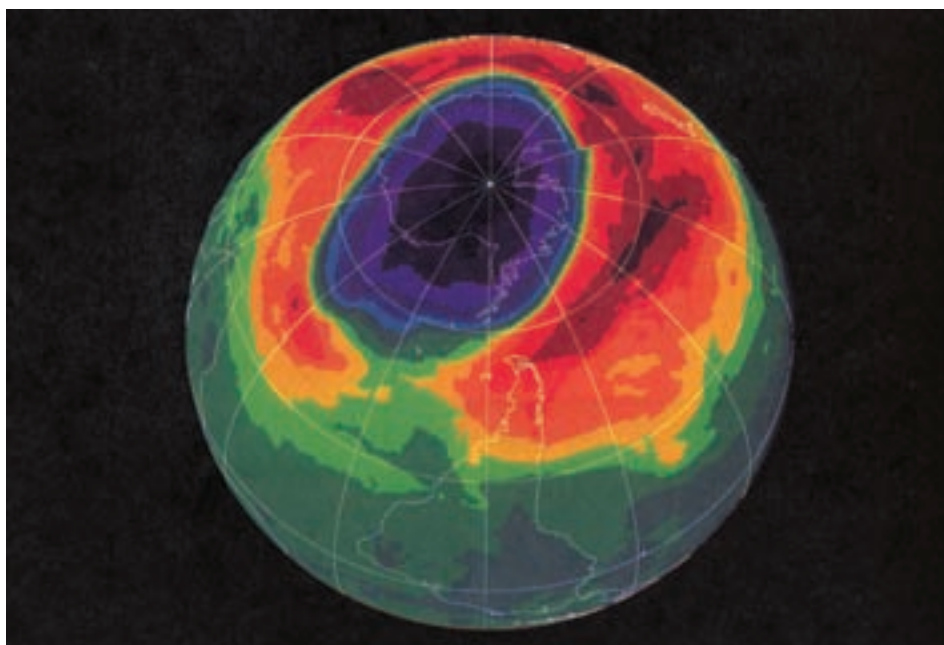
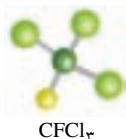


واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری



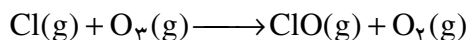
ناحیه‌ی سیاه‌رنگ منطقه‌ای با بیش‌ترین میزان تخریب لایه‌ی اوزون را بر فراز قطب جنوب نشان می‌دهد.



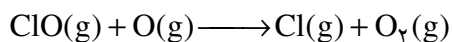
فریون-۱۱ (CFCl₃) و فریون-۱۲ (CF₂Cl₂) دو نمونه از پرکاربردترین کلروفلئوروکربن‌ها هستند.

دو دهه است که کاهش ضخامت لایه‌ی اوزون در هوا کره بویژه کاهش ۵۰ درصدی آن بر فراز قطب جنوب به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های همگانی در سراسر جهان تبدیل شده است. پژوهشگران بر این باورند که عامل اصلی تخریب لایه‌ی اوزون واکنش‌هایی است که در وقوع آن‌ها کلروفلئوروکربن‌ها (CFCها) مشارکت دارند. شیمی‌دان‌ها با مطالعه‌ی واکنش‌های شیمیایی بسیاری که امکان انجام شدن آن‌ها در لایه‌ی استراتوسفر فراهم است، نشان داده‌اند که مولکول‌های اوزون به جای ایفای نقش در واکنش‌هایی که به جذب پرتوهای پرنرژی و خطرناک فرابنفش خورشید می‌انجامد، در واکنش‌های شیمیایی دیگری درگیر

می شوند. این واکنش‌ها به دلیل حضور اتم‌های کلر به وقوع می‌پیوندند، اتم‌های کلری که از شکسته شدن مولکول‌های CFC در لایه‌ی استراتوسفر به وجود می‌آیند.



کلر مونواکسید (ClO) حاصل نیز بسیار واکنش‌پذیر است و از طریق واکنش با اتم اکسیژن حاصل از تجزیه‌ی مولکول اوزون، اتم کلر مصرف شده در واکنش پیش را دوباره آزاد می‌کند.

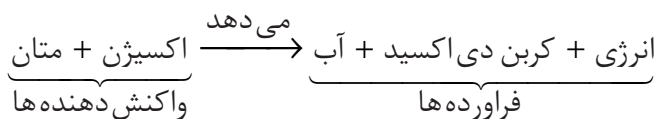


این واکنش، اتم اکسیژن مورد نیاز برای تشکیل مولکول اوزون را از بین می‌برد، ضمن آن که اتم کلر تخریب‌کننده‌ی مولکول اوزون را دوباره تولید می‌کند. تکرار پی‌پی این دو واکنش سبب می‌شود که یک اتم کلر به تنهایی بتواند هزارها مولکول اوزون را از بین ببرد. به نظر شما برای جلوگیری از وقوع این دو واکنش یا کنترل آن‌ها چه باید کرد؟ آیا حذف یا کاهش مقدار یکی از واکنش‌گرها راه مناسبی است؟ کدام یک؟ چه مقدار؟ چرا؟ پاسخ به این پرسش‌ها و بسیاری دیگر به داشتن درک عمیقی از واکنش‌های شیمیایی و انواع آن‌ها و رابطه‌ی کمی میان واکنش‌دهنده‌ها نیازمند است. آشنایی با این مفاهیم شما را در برآورد کمی و کیفی آثار مطلوب و نامطلوب تغییرهای شیمیایی بر زندگی یاری می‌دهند. این‌ها همگی موضوع‌هایی هستند که در این بخش به آن‌ها می‌پردازیم.

واکنش شیمیایی و شیوه‌های نمایش آن

در سال‌های پیش با تغییرهای فیزیکی و شیمیایی و ویژگی‌های آن‌ها آشنا شدید. برای نمونه ذوب شدن، تبخیر و میعان را از جمله تغییرهای فیزیکی و زنگ زدن آهن، سوختن کاغذ، ترش شدن شیر و حتی هضم غذا و تنفس را از جمله تغییرهای شیمیایی دسته‌بندی کردید. هم‌چنین واکنش شیمیایی را توصیفی برای یک تغییر شیمیایی دانستید و آن را فرایندی تعریف کردید که طی آن یک یا چند ماده‌ی شیمیایی (عنصر/ ترکیب) بر هم تأثیر می‌گذارند و مواد شیمیایی تازه‌ای ایجاد می‌کنند. در ضمن آموختید که واکنش‌های شیمیایی با مبادله‌ی انرژی نیز همراه هستند.

واکنش سوختن کامل متان را در نظر بگیرید. این واکنش به تولید کربن دی‌اکسید، آب و آزاد کردن مقدار قابل توجهی انرژی می‌انجامد. این واکنش شیمیایی را می‌توان با یک معادله‌ی نوشتاری به صورت زیر توصیف کرد:



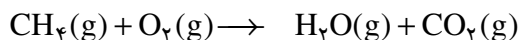
با مخلوط کردن این دو محلول رسوب زرد رنگی (سرب (II) کرومات) ایجاد می‌شود. تشکیل این رسوب رنگی از وقوع یک واکنش شیمیایی خبر می‌دهد.

نمادهای به کار رفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی

نماد	معنا
(s)	جامد
(l)	مایع
(g)	گاز
(aq)	محلول آبی

این معادله تنها نام واکنش دهنده‌ها (سمت چپ) و فراورده‌های (سمت راست) واکنش را مشخص می‌کند و اطلاعات بیش تری را در اختیار نمی‌گذارد.

اگر برای نوشتن معادله‌ی یک واکنش از نمادها و فرمول‌های شیمیایی مواد شرکت‌کننده استفاده شود، در این صورت معادله‌ای به دست می‌آید که به آن **معادله‌ی نمادی** می‌گویند. در این معادله حالت فیزیکی هر ماده‌ی شرکت‌کننده نیز باید مشخص شود.



یک معادله‌ی نمادی چه اطلاعاتی را در اختیار ما می‌گذارد؟

خود را بیازماید

در هر مورد معادله‌ی نمادی واکنش معرفی شده را بنویسید.
 ا. از واکنش گاز هیدروژن با گاز کلر، گاز هیدروژن کلرید تولید می‌شود.
 ب. فلز آلومینیم و گرد آهن (III) اکسید با یک دیگر واکنش می‌دهند و نمک جامد آلومینیم اکسید و آهن مذاب تولید می‌کنند.
 پ. پتاسیم کلرات جامد بر اثر گرما به پتاسیم کلرید جامد و گاز اکسیژن تجزیه می‌شود.
 ت. بر اثر واکنش محلول آبی کلسیم هیدروکسید با گاز هیدروژن کلرید، محلول آبی کلسیم کلرید و آب تشکیل می‌شود.

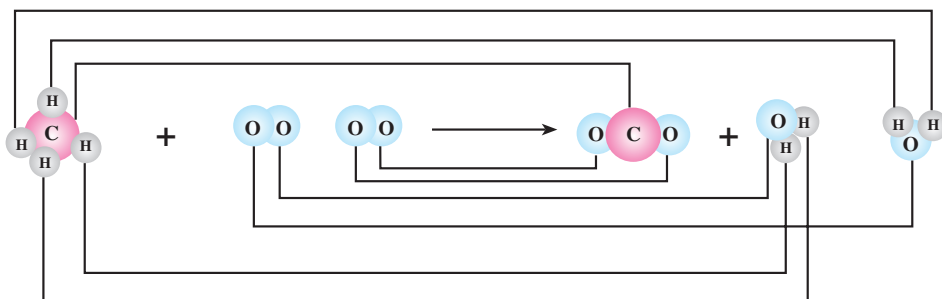
یک معادله‌ی شیمیایی افزون بر نمایش فرمول شیمیایی و حالت فیزیکی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها اطلاعاتی درباره‌ی شرایط لازم برای انجام واکنش نیز در اختیار می‌گذارد. درحالی‌که اطلاعاتی هم چون چگونگی و ترتیب مخلوط کردن واکنش‌دهنده‌ها و نکته‌های ایمنی را دربر ندارد. برای دستیابی به این موارد باید به شرح عملی اجرای آن واکنش شیمیایی مراجعه کرد. شرح عملی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی در منابع علمی معتبر یافت می‌شود.

موازنه کردن معادله‌ی یک واکنش شیمیایی

می‌دانید که در واکنش‌های شیمیایی نه اتمی به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود بلکه پس از انجام واکنش همان اتم‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که همه‌ی واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی ماده یا قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند. از این رو، در یک معادله‌ی شیمیایی باید تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله یکسان باشد. چنین معادله‌ای را **موازنه شده** می‌گویند. معادله‌ی شیمیایی سوختن گاز متان را دوباره در نظر بگیرید. آیا این معادله موازنه شده است؟
 با به کار بردن ضریب ۲ برای H_2O (در سمت راست) و O_2 (در سمت چپ)، معادله‌ی این واکنش موازنه می‌شود.

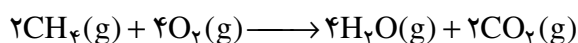
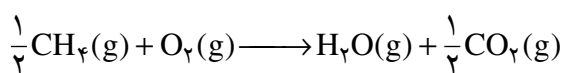
	$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$	\longrightarrow	$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$
تعداد اتم‌های C	۱	✓	۱
تعداد اتم‌های H	۴	✓	۴
تعداد اتم‌های O	۴	✓	۴

همان گونه که مشاهده می کنید با این کار تعداد اتم های هر سه عنصر شرکت کننده در واکنش، در دو سوی معادله برابر شده است. معادله ی واکنش یاد شده نشان می دهد که در سوختن کامل گاز متان، هر مولکول این گاز با دو مولکول اکسیژن واکنش می دهد و دو مولکول آب و یک مولکول کربن دی اکسید تولید می کند، شکل ۱.

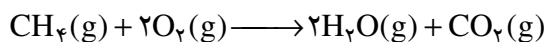


شکل ۱ نمایش رعایت قانون پایستگی جرم در واکنش سوختن کامل گاز متان

همان طوری که مشاهده می کنید به هنگام موازنه کردن این معادله ی شیمیایی زیروندهای موجود در فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها جابه جا نشد، بلکه ضرایب غیرکسری مناسبی انتخاب و پیش از فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها قرار گرفت. به طور کلی این ضرایب به گونه ای انتخاب می شود که تعداد اتم های هر عنصر در دو سوی معادله ی واکنش برابر شود. بر طبق قرارداد ضرایب نهایی موجود در یک معادله ی موازنه شده بایستی **کوچک ترین عدد صحیح** (غیرکسری) ممکن باشد. از این رو، معادله ی موازنه شده ی سوختن کامل گاز متان را **نباید** به شکل های زیر نوشت: (چرا؟)



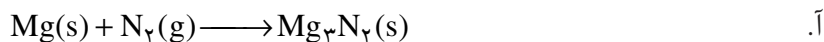
بلکه بایستی آن را به صورت زیر نمایش داد:



چگونه می توان این معادله را از دو معادله ی بالا به دست آورد؟

خود را بیازمایید

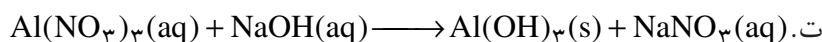
معادله های شیمیایی زیر را موازنه کنید.



صرف نظر از نوع واکنش دهنده ها و فراورده ها، آیا واکنش انجام شده از قانون پایستگی جرم پیروی می کند؟

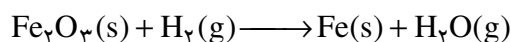
معنای برخی عبارت ها یا نمادهای مورد استفاده در معادله های شیمیایی

معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد	\longrightarrow
واکنش دهنده ها بر اثر گرم شدن واکنش می کنند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.	$\xrightarrow{20\text{ atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه ی سلسیوس انجام می شود.	$\xrightarrow{1200^\circ\text{C}}$
برای انجام شدن واکنش از پالادیم (Pd) به عنوان یک کاتالیزر استفاده می شود.	$\xrightarrow{\text{Pd}}$



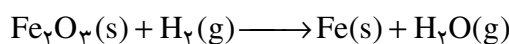
موازنه کردن معادله‌ی واکنش‌های شیمیایی به روش واری

موازنه کردن معادله‌ی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی به سادگی موازنه کردن معادله‌ی سوختن کامل گاز متان نیست. در اغلب موارد لازم است برای برابر کردن تعداد اتم‌های هریک از عنصرها در دو سوی معادله، عنصر به عنصر مراحل انتخاب ضریب (برای یک واکنش دهنده یا فراورده‌ی دارای آن عنصر) و سپس شمارش اتم‌های آن عنصر (در دوسوی معادله) را تکرار کرد. به این روش گام به گام که رایج‌ترین شیوه برای موازنه کردن معادله‌های شیمیایی است، **روش واری** می‌گویند. همواره به هنگام موازنه کردن یک معادله‌ی شیمیایی به روش واری این پرسش به ذهن می‌آید که موازنه را باید با شمارش تعداد اتم‌های کدام عنصر آغاز کرد؟ به دیگر سخن، باید تعداد اتم‌های کدام عنصر را ابتدا واری کرد؟ تلاش برای پاسخ به این پرسش به یافتن راه‌های گوناگونی برای موازنه کردن معادله‌ی واکنش‌های شیمیایی به روش واری انجامیده است. یکی از این راه‌ها در موازنه‌ی معادله شیمیایی زیر معرفی شده است.



برای موازنه‌ی معادله‌ی این واکنش به روش واری گام‌های زیر پیشنهاد شده است.

گام نخست: شمارش تعداد اتم‌های هریک از عنصرها در دو سوی معادله



	واکنش دهنده‌ها		فراورده‌ها
تعداد اتم‌های Fe	۲		۱
تعداد اتم‌های H	۲	✓	۲
تعداد اتم‌های O	۳		۱

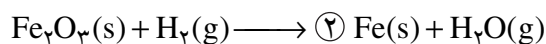
همان طوری که دیده می‌شود تعداد اتم‌های هیدروژن در دو سوی معادله موازنه شده است.

گام دوم: انتخاب یک ترکیب (واکنش دهنده یا فراورده) با بیش‌ترین تعداد اتم از

عنصری غیر از هیدروژن و اکسیژن

در این جا موازنه را از Fe_2O_3 آغاز می‌کنیم. با به کارگیری ضریب ۲ برای Fe در سمت

راست معادله و شمارش دوباره‌ی تعداد اتم‌های آهن موازنه را پی می‌گیریم.



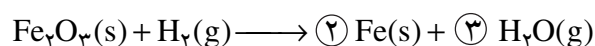
	واکنش دهنده‌ها		فراورده‌ها
تعداد اتم‌های Fe	۲	✓	۲
تعداد اتم‌های H	۲	✓	۲
تعداد اتم‌های O	۳		۱

اکنون تعداد اتم‌های آهن نیز موازنه شده است.

گام سوم: موازنه‌ی تعداد اتم‌های اکسیژن

با وارد کردن ضریب ۳ برای H_2O در سمت راست معادله، تعداد اتم‌های O در هر دو

سوی معادله برابر می‌شود. با این کار، موازنه‌ی تعداد اتم‌های هیدروژن به هم می‌ریزد.

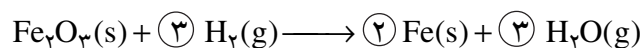


	واکنش دهنده‌ها		فراورده‌ها
تعداد اتم‌های Fe	۲	✓	۲
تعداد اتم‌های H	۲		۶
تعداد اتم‌های O	۳	✓	۳

گام چهارم: موازنه‌ی تعداد اتم‌های هیدروژن

با وارد کردن ضریب ۳ برای H_2 در سمت چپ معادله، اتم‌های هیدروژن نیز موازنه

می‌شود.



	واکنش دهنده‌ها		فراورده‌ها
تعداد اتم‌های Fe	۲	✓	۲
تعداد اتم‌های H	۶	✓	۶
تعداد اتم‌های O	۳	✓	۳

این گام‌ها یعنی ابتدا موازنه کردن اتم‌های غیر از هیدروژن و اکسیژن و سپس، به ترتیب

موازنه کردن اتم‌های اکسیژن و هیدروژن یک راه پیشنهادی است که بر مبنای روش واریسی

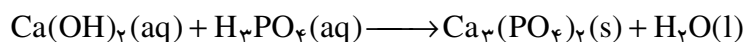
به اجرا درمی‌آید. شاید شما بتوانید راه‌های بهتر دیگری پیشنهاد کنید. راه‌هایی که از طریق

واریسی انتخابی و پی در پی تعداد اتم‌های هریک از عنصرها در دو سوی معادله، به موازنه‌ی

آن بینجامد.

نمونه‌ی حل شده

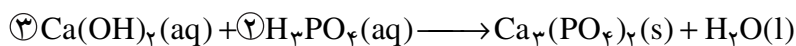
معادله‌ی شیمیایی زیر را موازنه کنید.



گام نخست: از آن جا که یون‌های چنداتی فسفات در دو سوی معادله تغییری نکرده است می‌توان آن‌ها را به صورت یک گونه یا واحد شیمیایی جداگانه در نظر گرفت. به این علت، از محاسبه‌ی تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در یون‌های چنداتی فسفات چشم‌پوشی می‌شود.

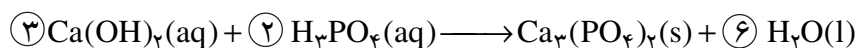
	واکنش دهنده‌ها	فرآورده‌ها
تعداد اتم‌های Ca	۱	۳
تعداد اتم‌های H	۵	۲
تعداد اتم‌های O	۲	۱
تعداد یون‌های چنداتی PO_4^{3-}	۱	۲

گام دوم: موازنه کردن را از ترکیب $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ در سمت راست آغاز می‌کنیم که بیش‌ترین تعداد اتم را دارد. از عنصر کلسیم ۳ اتم در سمت راست وجود دارد. با به کارگیری ضریب ۳ برای Ca در سمت چپ، تعداد اتم‌های آن موازنه می‌شود. در سمت راست دو یون PO_4^{3-} موجود است، با وارد کردن ضریب ۲ برای H_3PO_4 در سمت چپ، این یون هم موازنه می‌شود.



	واکنش دهنده‌ها		فرآورده‌ها
تعداد اتم‌های Ca	۳	✓	۳
تعداد اتم‌های H	۱۲		۲
تعداد اتم‌های O	۶		۱
تعداد یون‌های چنداتی PO_4^{3-}	۲	✓	۲

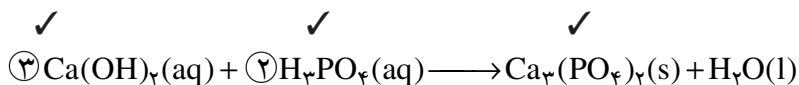
گام سوم: اکنون به ترتیب تعداد اتم‌های دو عنصر O و H موازنه می‌شود. به راحتی با به کارگیری ضریب ۶ برای H_2O در سمت راست، موازنه‌ی این دو عنصر نیز هم‌زمان انجام می‌شود.



	واکنش دهنده‌ها		فرآورده‌ها
تعداد اتم‌های Ca	۳	✓	۳
تعداد اتم‌های H	۱۲	✓	۱۲
تعداد اتم‌های O	۶	✓	۶
تعداد یون‌های چنداتی PO_4^{3-}	۲	✓	۲

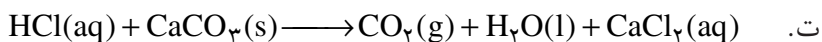
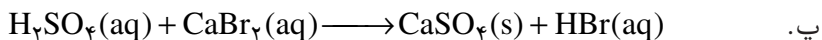
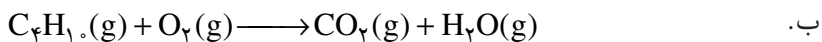
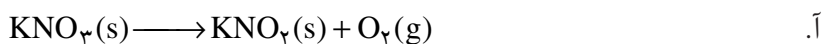
به منظور سرعت بخشیدن به موازنه کردن یک معادله‌ی شیمیایی، پیشنهاد می‌شود که به جای نوشتن تعداد گونه‌ها یا اتم‌های تک تک عناصرها زیر معادله‌ی واکنش، برابری تعداد گونه‌ها یا اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله را تنها با گذاشتن علامت ✓ روی فرمول شیمیایی آن گونه یا نماد شیمیایی آن عنصر مشخص کنید.

برای نمونه گام دوم موازنه‌ی معادله‌ی بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت:



خود را بیازمایید

در هر مورد به کمک روش وارسی معادله‌ی واکنش داده شده را موازنه کنید.



انواع واکنش‌های شیمیایی

تاکنون واکنش‌های شیمیایی بسیاری شناخته شده است که مطالعه‌ی همه‌ی آن‌ها غیرممکن به نظر می‌رسد. به علت شباهتی که میان بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مشاهده می‌شود، می‌توان آن‌ها را در دسته‌های کوچک‌تری طبقه‌بندی کرد و به این ترتیب مطالعه‌ی آن‌ها را ممکن ساخت. دسته‌بندی پنجگانه‌ی زیر رایج‌ترین شیوه‌ی طبقه‌بندی واکنش‌های شیمیایی است، شکل ۲.

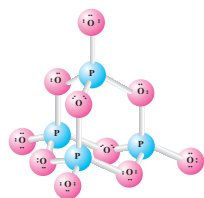


شکل ۲ دسته‌بندی پنجگانه‌ی واکنش‌های شیمیایی

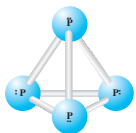
توجه داشته باشید که برخی واکنش‌ها را نمی‌توان تنها به یکی از این دسته‌ها متعلق دانست، زیرا ممکن است ویژگی‌های بیش از یک دسته را داشته باشد.



واکنش سوختن نوار منیزیم با آزاد شدن نور و گرمای زیادی همراه است. لازم به یادآوری است که Mg به آرامی و بدون شعله نیز با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود. در این واکنش نیز MgO سفید رنگ تولید می‌شود. همان‌طور که می‌دانید به این نوع واکنش اکسایش می‌گویند. (تشکیل آرام لایه‌ی ترد و سفید رنگ روی سطح براق نوار منیزیم شاهده‌ی بر این مدعاست).



فسفر (V) اکسید P_2O_5

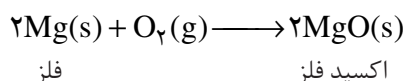
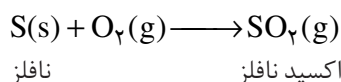
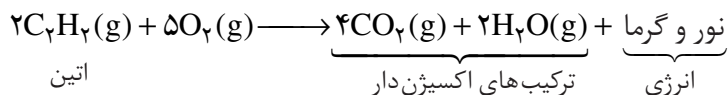


فسفر سفید P_4

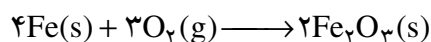
همواره برای آغاز یک واکنش به مقداری انرژی نیاز است. به حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی انرژی فعال سازی می‌گویند. دادن گرما، تابش نور، ایجاد جرقه، تخلیه‌ی الکتریکی یا وارد آوردن یک شوک مانند زدن ضربه یا افزایش ناگهانی فشار این انرژی را تأمین می‌کند.

واکنش سوختن

می‌دانید که سوختن به واکنشی می‌گویند که در آن یک ماده مثلاً یک ترکیب آلی مانند اتین (گاز استیلن)، یک نافلز مانند گوگرد یا یک فلز واکنش پذیر مانند منیزیم به سرعت و شدت با اکسیژن ترکیب می‌شود و طی آن افزون بر آزاد کردن مقدار زیادی انرژی به صورت نور و گرما، اغلب ترکیب‌های اکسیژن دار به وجود می‌آورد.



هم‌چنین می‌دانید که همه‌ی واکنش‌های با اکسیژن به شدت و سرعت سوختن نیست. چنین واکنش‌هایی را **اکسایش** می‌گویند. زنگ زدن آهن نوعی واکنش اکسایش است.



در سال آینده با این دسته از واکنش‌ها بیش تر آشنا خواهید شد.

خود را بیازمایید

واکنش‌های زیر را موازنه کنید.

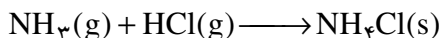


اطلاعات جمع‌آوری کنید

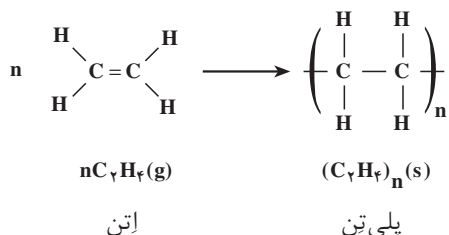
هنگامی که فلزهای قلیایی برای مدتی در معرض هوا قرار بگیرند، مخلوط پیچیده‌ای از ترکیب‌های شیمیایی روی سطح آن‌ها تشکیل می‌شود. درباره‌ی نام و ویژگی‌های اجزای این مخلوط و چگونگی تشکیل آن‌ها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

واکنش سنتز یا ترکیب

واکنشی است که در آن چند ماده بر هم اثر کرده، فرآورده(ها)ی تازه‌ای با ساختار پیچیده‌تر تولید می‌کند. در زیر یک نمونه از این واکنش‌ها را مشاهده می‌کنید، شکل ۳.

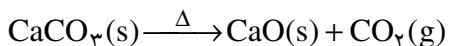


واکنش پلیمر شدن (بسیار) مجموعه‌ای از واکنش‌های سنتزی است که طی آن هزارها مولکول کوچک با یک دیگر ترکیب شده، درشت‌مولکول‌هایی به نام پلیمر (بسیار) تولید می‌شود. تولید پلی‌تن (پلی اتیلن) از جمله پرکاربردترین واکنش پلیمر شدن در صنعت است.

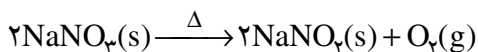
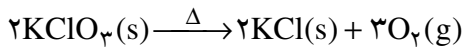


واکنش تجزیه

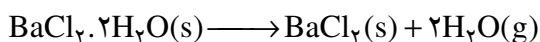
به واکنشی تجزیه می‌گویند که در آن یک ماده به مواد ساده‌تری تبدیل می‌شود. تجزیه‌ی کربنات‌ها و هیدروژن کربنات (بی‌کربنات)ها بر اثر گرما نمونه‌ای از این واکنش‌هاست. طی این واکنش گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود.



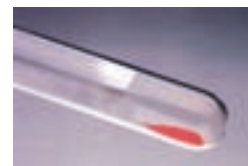
ترکیب‌هایی مانند نیترات‌ها و کلرات‌ها نیز بر اثر گرما تجزیه می‌شوند. گاز اکسیژن فرآورده‌ی مهم این دسته از واکنش‌هاست.



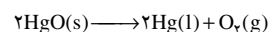
واکنش از دست دادن آب تبلور نمک‌ها بر اثر گرما، نمونه‌ی دیگری از واکنش‌های تجزیه است.



شکل ۳ بر اثر واکنش بخار NH_3 و بخار HCl گرد سفیدرنگ NH_4Cl تولید می‌شود. این واکنش نمونه‌ای از واکنش‌های ترکیبی است.



جیوه (II) اکسید بر اثر گرما به جیوه (آئینه‌ی جیوه‌ای تشکیل شده بر دیواره‌ی داخلی لوله‌ی آزمایش) و اکسیژن عنصری تجزیه می‌شود.



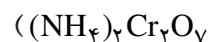
اگر چه این واکنش تجزیه‌ای جالب است اما به علت سمی بودن بخارهای جیوه و ترکیب‌های آن اجرای عملی این آزمایش پیشنهاد نمی‌شود.

آزمایش کنید

هدف: تجزیه‌ی آمونیوم دی‌کرومات

وسایل مورد نیاز: بشر، لوله‌ی آزمایش، هم‌زن شیشه‌ای، توری نسوز و کبریت

مواد مورد نیاز: آمونیوم دی کرومات (جامدی بلوری و نارنجی رنگ به فرمول

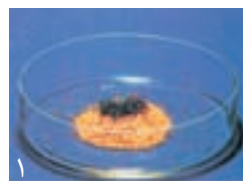


روش کار

۵g از آمونیوم دی کرومات را توزین کنید و آن را روی توری نسوز یا درون یک تشتک شیشه‌ای بریزید. سپس توری را روی یک کاغذ A۴ قرار دهید. برای شروع واکنش، کبریت را روشن کنید و به مدت چند ثانیه به طور مستقیم روی آمونیوم دی کرومات بگیرید. به محض شروع واکنش، شعله‌ی کبریت را دور کنید. مشاهده‌های خود را یادداشت کرده، فعالیت‌های زیر را انجام دهید.

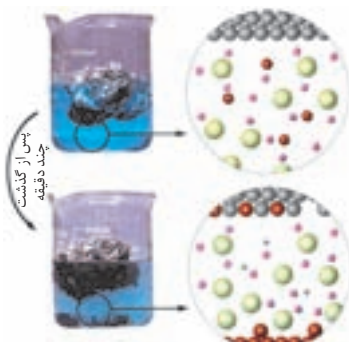
(۱) در هنگام پیشرفت واکنش، یک بشر ۲۵ mL را به طور وارونه چند سانتی متر بالاتر از مخلوط آزمایش نگه دارید. چه مشاهده می‌کنید؟ چه نتیجه‌ای از این مشاهده می‌گیرید؟
(۲) بعد از پایان واکنش، جامد باقی مانده را توزین کنید و اختلاف جرم ماده‌ی اولیه و فرآورده را حساب کنید. علت این اختلاف را توضیح دهید.

(۳) به کمک معلم خود، واکنش تجزیه‌ی آمونیوم دی کرومات را نوشته، موازنه کنید.
(۴) ویژگی‌های ظاهری و حل شوندگی واکنش دهنده و فرآورده را در آب مقایسه کنید. برای این کار مقداری از واکنش دهنده یا فرآورده را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید و سپس روی آن کمی آب مقطر اضافه کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



واکنش تجزیه‌ی آمونیوم دی کرومات

واکنش‌های جابه‌جایی را جانشینی یا جایگزینی نیز می‌نامند.

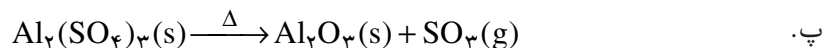
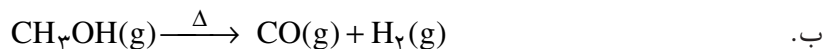
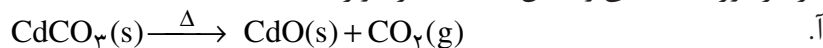


(● یون سولفات ■ مولکول آب)

شکل ۴ واکنش آلومینیم با محلول مس (II) سولفات نمونه‌ای از واکنش‌های جابه‌جایی یگانه است. آیا می‌توانید اتم‌ها و یون‌های جابه‌جا شده را روی شکل مشخص کنید؟

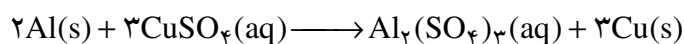
خود را بیازمایید

در هر مورد معادله‌ی واکنش داده شده را موازنه کنید.

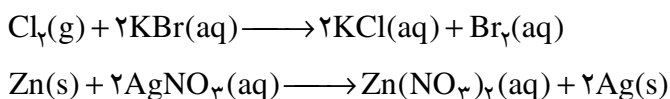


واکنش جابه‌جایی یگانه

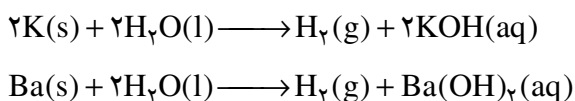
هنگامی که یک قطعه ورقه‌ی آلومینیمی درون محلولی از مس (II) سولفات قرار می‌گیرد، تشکیل فلز سرخ فام مس روی سطح ورقه‌ی آلومینیمی به خوبی قابل مشاهده است. در ضمن، مقداری از مس تولید شده نیز به ته ظرف فرو خواهد ریخت، شکل ۴. به نظر می‌آید که در این واکنش فلز آلومینیم جای مس موجود در مس (II) سولفات را گرفته، آن را به صورت فلز مس آزاد کرده است.



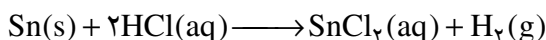
با نگاهی به معادله‌ی این واکنش می‌توان دریافت که تنها یک جابه‌جایی رخ داده است. جابه‌جایی یگانه نامی است که به این دسته از واکنش‌ها داده‌اند. معادله‌های شیمیایی زیر نمونه‌های دیگری از واکنش‌های جابه‌جایی یگانه هستند.



واکنش فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی با آب به تولید گاز هیدروژن می‌انجامد. این واکنش‌ها نیز از جمله‌ی واکنش‌های جابه‌جایی یگانه به‌شمار می‌آیند.



واکنش‌پذیری فلزهای دیگر با آب کم‌تر از فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی است ولی برخی از آن‌ها می‌توانند با اسیدها واکنش دهند و گاز هیدروژن تولید کنند.

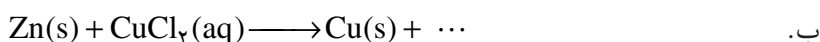


این واکنش نیز مثالی از واکنش‌های جابه‌جایی یگانه است.

بربلیم تنها عنصر قلیایی خاکی است که با آب یا بخار آب واکنش نمی‌دهد و پایین‌تر از 60°C در هوا نیز اکسایش نمی‌یابد.

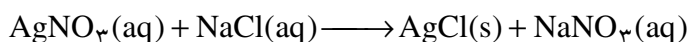
خود را بیازمایید

در هر مورد معادله‌ی واکنش داده‌شده را کامل کرده، موازنه کنید:



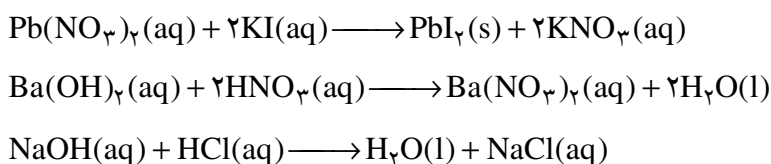
واکنش جابه‌جایی دوگانه

اگر محلولی از نقره نیترات روی محلولی از سدیم کلرید ریخته شود، رسوب سفیدرنگ نقره کلرید به سرعت تشکیل می‌شود، شکل ۵. معادله‌ی این واکنش به شرح زیر است:



شیمی‌دان‌ها این گونه واکنش‌ها را جابه‌جایی دوگانه می‌خوانند. این نام‌گذاری را چگونه توجیه می‌کنید؟

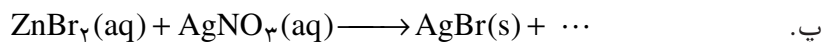
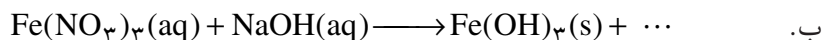
معادله‌های شیمیایی زیر نمونه‌های دیگری از واکنش‌های جابه‌جایی دوگانه هستند.



شکل ۵ یک واکنش جابه‌جایی دوگانه؛ تشکیل رسوب سفیدرنگ نقره کلرید $\text{AgCl}(\text{s})$ بر اثر مخلوط کردن محلول‌های نقره نیترات $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ و سدیم-کلرید $\text{NaCl}(\text{aq})$.

خود را بیازمایید

در هر مورد معادله‌ی واکنش داده شده را کامل کرده، موازنه کنید.



آزمایش کنید

هدف: شناسایی یون‌های Ag^+ و Ba^{2+} ، Fe^{3+} ، Pb^{2+} در محلول نمک‌های آن‌ها

در آب

وسایل مورد نیاز: قاشقک، چند لوله‌ی آزمایش و قطره‌چکان

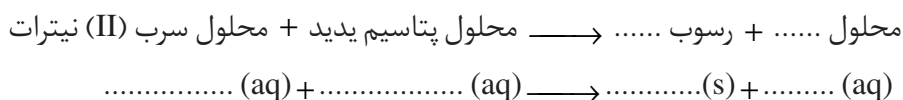
مواد مورد نیاز: محلول‌های رقیقی از سرب (II) نیترات، آهن (III) کلرید، باریم

کلرید، پتاسیم یدید، سدیم هیدروکسید، سدیم سولفات، نقره نیترات و پتاسیم کرومات
برای تهیه‌ی این محلول‌ها کافی است مقدار اندکی (به اندازه‌ی نوک یک قاشقک) از
هریک از این مواد جامد برداشته در یک لوله‌ی آزمایش بریزید. سپس در لوله‌ی آزمایش تا
نیمه آب مقطر ریخته به هم بزنید.

روش کار:

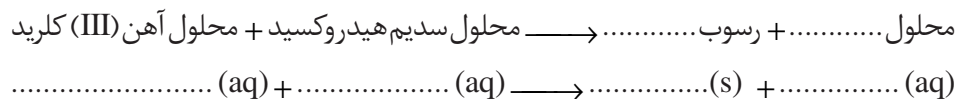
آ. شناسایی یون Pb^{2+}

۲ mL از محلول سرب (II) نیترات را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید و سپس قطره‌قطره
محلول پتاسیم یدید به آن اضافه کرده، مشاهده‌های خود را یادداشت کنید. در ضمن
معادله‌ی شیمیایی واکنش را کامل کرده، موازنه کنید.



ب. شناسایی یون Fe^{3+}

مطابق روش بالا محلول سدیم هیدروکسید را به محلول آهن (III) کلرید اضافه کرده
مشاهده‌های خود را یادداشت کنید. معادله‌ی واکنش را کامل کرده، موازنه کنید.



پ. شناسایی یون Ba^{2+}

محلول سدیم سولفات را قطره‌قطره به محلول باریم کلرید اضافه کرده، مشاهده‌های
خود را یادداشت کنید. واکنش را کامل کرده، موازنه کنید.

محلول + رسوب → محلول سدیم سولفات + محلول باریم کلرید
(aq) +(aq) →(s) +(aq)

ت. شناسایی یون Ag^+

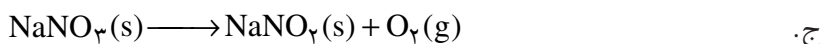
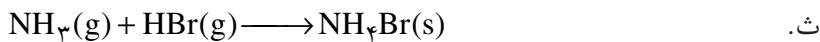
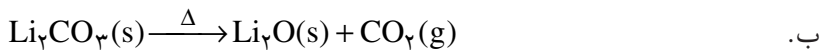
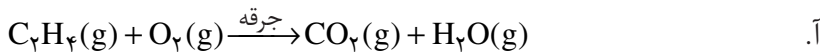
محلول پتاسیم کرومات را قطره قطره به محلول نقره نیترات اضافه کرده، مشاهده های خود را یادداشت کنید. معادله ی واکنش را کامل کرده، موازنه کنید.

محلول + رسوب → محلول پتاسیم کرومات + محلول نقره نیترات
 $AgNO_3(aq) + K_2CrO_4(aq) \longrightarrow \dots\dots\dots(s) + \dots\dots\dots(aq)$

توجه: پس از انجام هر مرحله قطره چکان را با آب مقطر بشویید. (چرا؟) در مصرف مواد صرفه جویی کنید و به توصیه ی مربی آزمایشگاه برای دور ریختن محلول ها دقت کنید.

خود را بیازمایید

در هر مورد مشخص کنید که واکنش داده شده جزو کدام دسته از واکنش ها است. در ضمن در صورت نیاز آن را موازنه کنید.



استوکیومتری؛ روابط کمی در واکنش های شیمیایی

استوکیومتری بخشی از شیمی است که با نسبت مقدار عنصرها در ترکیب ها و نیز ارتباط کمی میان مقادیر مواد شرکت کننده در واکنش های شیمیایی (واکنش دهنده ها و فراورده ها) سروکار دارد. با استفاده از روابط استوکیومتری می توان بین مقدار مواد واکنش دهنده و مقدار فراورده ها یک ارتباط کمی برقرار کرد. در محاسبه های استوکیومتری تنها از معادله ی موازنه شده ی واکنش استفاده می شود زیرا معادله ی شیمیایی افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها، نسبتی معین را مشخص می کنند که مواد یادشده متناسب با آن در واکنش مصرف یا تولید می شوند.

استوکیومتری (stoichiometry) واژه ای یونانی است که از ترکیب دو واژه ی استوکیون (stoicheion) به معنای عنصر و مترون (metron) به معنای سنجش گرفته شده است.

روابط مولی - مولی در محاسبه های استوکیومتری

مفهوم مول در بحث استوکیومتری را می توان هم ارز واحد پول در یک کشور دانست.

همان طور که تنها با پول رایج یک کشور می توان در آن جا به خرید و فروش اقدام کرد، در بحث استوکیومتری و محاسبه های مربوط به آن نیز تنها مول قابل قبول است. بنابراین آشنایی با مول و شیوه های تبدیل یکاهای دیگر به مول و برعکس در این مبحث اهمیت زیادی دارد.

یادآوری مفهوم مول

در کتاب شیمی ۱ با مفهوم مول آشنا شدید. آموختید که یک مول به مجموعه ای شامل 6.022×10^{23} ذره (اتم، مولکول یا یون) گفته می شود و آن را به طور خلاصه با نماد N نمایش می دهند.

هم چنین ضمن آشنایی با مفهوم اتم گرم (جرم یک مول اتم برحسب گرم) و مولکول گرم (جرم یک مول از مولکول های یک ماده برحسب گرم) و شیوه ی محاسبه ی آن، آموختید که شیمی دان ها به جای این دو (که به ترتیب جرم اتمی و جرم مولکولی هم گفته می شود)، مفهوم عمومی تر جرم مولی را به کار می برند و آن را برحسب گرم بر مول ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) بیان می کنند.

از شیمی ۲ نیز به یاد دارید که وجود ایزوتوپ های مختلف و تفاوت در فراوانی آن ها سبب شد که برای نمونه های طبیعی از عنصرها از جرم اتمی میانگین آن ها استفاده شود. بنابراین جرم مولی عنصرها یا ترکیب ها را به آسانی می توان از داده های تجربی موجود در جدول تناوبی عنصرها به دست آورد.

خود را بیازمایید

در هر مورد با استفاده از جدول تناوبی عنصرها جرم مولی گونه های زیر را معین کنید.

(آ) کلر (ب) کلر مونواکسید (پ) کربن تتراکلرید

تبدیل تعداد مول ها به جرم و برعکس

جرم از جمله کمیت هایی است که به آسانی و در آزمایشگاه قابل سنجش است. از این رو یافتن توانایی تبدیل جرم به تعداد مول ها و برعکس یعنی تبدیل تعداد مول ها به جرم، ابزار مهمی در مبحث استوکیومتری است.

برای این تبدیل از جرم مولی استفاده می شود، شکل ۶.



شکل ۶ تبدیل تعداد مول ها و جرم به یک دیگر

N_0 یا عدد 6.022×10^{23}

را عدد آووگادرو می گویند.

یکای این عدد mol^{-1} یا mol^{-1} است.