



هم کلاسی
Hamkelasi.ir

جزوه اختصاصی شیمی 3

ویژه کنکور

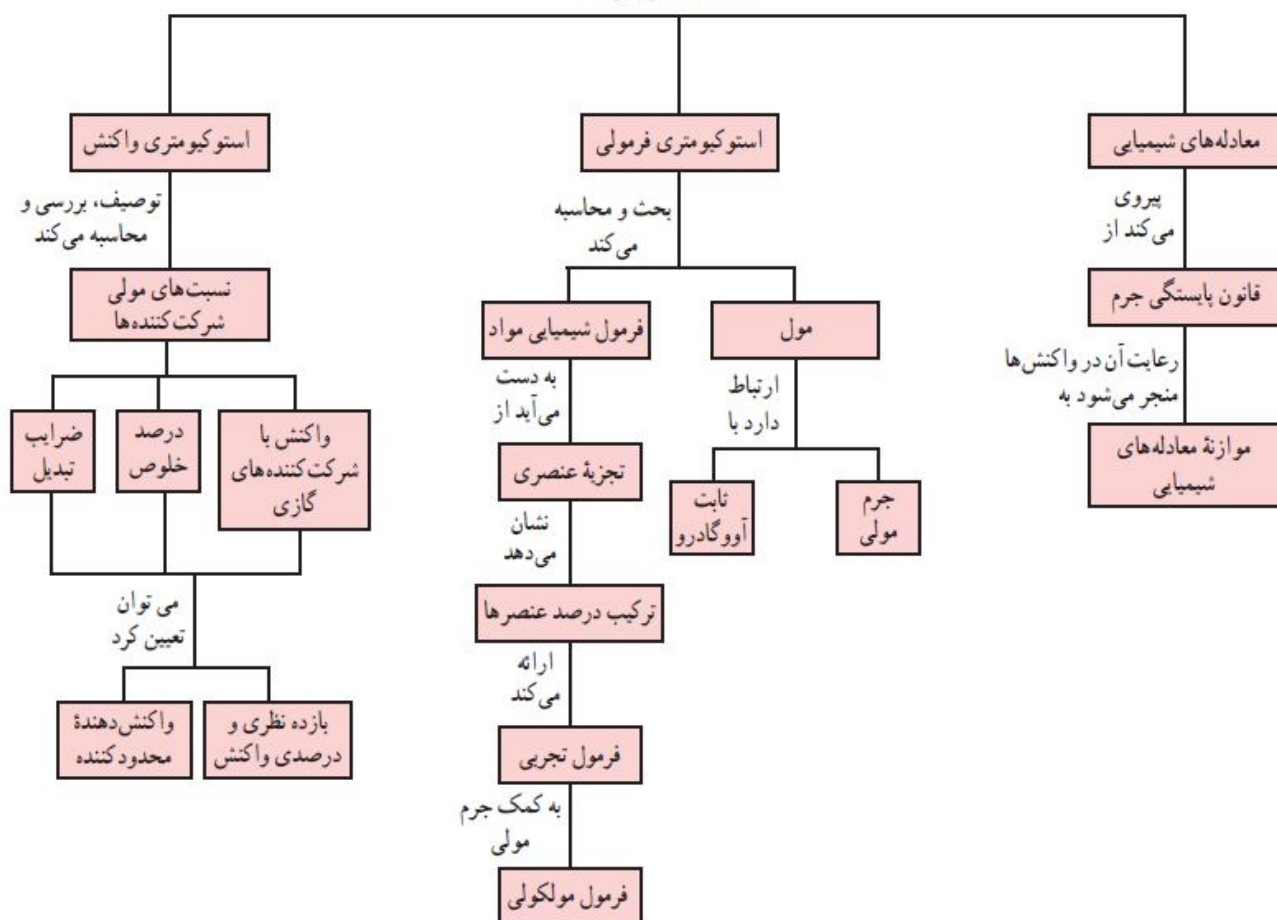
دکتر سالاری

فصل اول

واکنش های شیمیایی و استوکیومتری



استوکیومتری و واکنش های شیمیایی
بحث و بررسی می کند



❖ اگر با دقت به اطراف خود بنگریم، درمی یابیم که شیمی هر لحظه و هر جا در اطراف ما جریان دارد. شیمی کانون تمام تلاش هایی است که منجر به تولید مواد جدید از جمله داروهای ضد سرطان، سوخت های دوستدار محیط زیست، مواد هوشمند و انواع لوازم الکترونیکی (مانند LED و تلفن های همراه)، سفینه های فضایی و ... می شود. پیشرفت و گسترش شیمی می تواند سبب رشد و شکوفایی علوم دیگر مانند اقتصاد، پزشکی، کشاورزی، نظامی، زیست محیطی و ... شود.

❖ در هزاره سوم میلادی یکی از مهم ترین مشکلات پیش روی کشورهای جهان، تأمین غذاست. گندم مهم ترین ماده غذایی است که اغلب کشورها تلاش می کنند تا در تولید آن به خودکفایی برسند. از این رو، کشاورزان برای تولید گندم بیشتر و مرغوب تر، سالانه از مقدار زیادی کود شیمیایی و انواع آفت کش استفاده می کنند. در کشور ما نیز برای رسیدن به خودکفایی در تولید گندم، برنامه های مناسبی اجرا می شود. در سال 1390، کشاورزان ایرانی تقریباً 14 میلیون تن گندم تولید کردند.

❖ در برخی از کشورها، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی، به طور مستقیم به خاک تزریق می کنند.

❖ LED مخفف شده عبارت Light Emitting Diode به معنای دیود نشر دهنده نور است.

واکنش شیمیایی و شیوه های نمایش آن

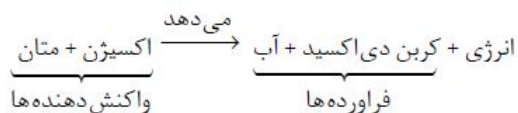
❖ در سال های پیش با تغییرهای فیزیکی و شیمیایی و ویژگی های آنها آشنا شدید. برای نمونه ذوب شدن، تبخیر و میعان را از جمله تغییرهای فیزیکی و زنگ زدن آهن، سوختن کاغذ، ترش شدن شیر، هضم غذا و تنفس را از جمله تغییرهای شیمیایی دسته بندی کردید.

❖ همچنین واکنش شیمیایی را توصیفی برای یک تغییر شیمیایی دانستید و آن را فرایندی تعریف کردید که طی آن یک یا چند ماده شیمیایی (عنصر / ترکیب) بر هم تأثیر می گذارند و مواد شیمیایی تازه ای تولید می کنند. در ضمن آموختید که واکنش های شیمیایی با مبادله انرژی نیز همراه اند.

همیشه انجام واکنش های شیمیایی با تغییر ظاهری مانند تشکیل رسوب یا گاز همراه نیست، برای مثال واکنش خنثی شدن اسید با باز برای مشخص شدن این تغییر می توان به محلول اسید با باز چند قطره شناساگر افزود تا انجام این واکنش شیمیایی با تغییر رنگ مشخص شود.

کدر شدن محلول، نشانه رسوب و تشکیل کف یا حباب، حاکی از تشکیل گاز است.

❖ واکنش سوختن کامل متان را در نظر بگیرید. این واکنش به تولید کربن دی اکسید، آب و آزاد کردن مقدار قابل توجهی انرژی می انجامد. این واکنش شیمیایی را می توان با یک معادله نوشتاری به صورت زیر توصیف کرد:



❖ این معادله نام واکنش دهنده ها (سمت چپ) و فراورده های (سمت راست) واکنش را مشخص می کند و اطلاعات بیشتری در اختیار نمی گذارد.

❖ اگر برای نوشتن معادله یک واکنش از نمادها و فرمول های شیمیایی مواد شرکت کننده استفاده شود، در این صورت معادله ای به دست می آید که به آن معادله نمادی می گویند، در این معادله حالت فیزیکی هر ماده شرکت کننده نیز باید مشخص شود.



❖ نمادهای به کار رفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله های شیمیایی

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

برگه های داده های ایمنی مواد (MSDS) (Material Safety Data Sheets)



راهنمای مناسبی برای دست یافتن به داده های ایمنی، شرایط نگهداری، خطر ها و مقابله هنگام آلودگی با مواد شیمیایی است.

❖ با مخلوط کردن این دو محلول رسوب زرد رنگی (سرب (II) کرومات) ایجاد می شود. تشکیل این رسوب رنگی از وقوع یک واکنش شیمیایی خبر می دهد.

نام	فرمول شیمیایی
سیانید	CN^-
نیتрат	NO_3^-
فسفات	PO_4^{3-}
کلرات	ClO_3^-
پرمنگنات	MnO_4^-
مگنات	MnO_4^{2-}



تمرین : در هر مورد معادله نمادی واکنش معرفی شده را بنویسید.

(آ) محلول سدیم نیترات + رسوب نقره سیانید → محلول نقره نیترات + محلول سدیم سیانید

(ب) محلول پتاسیم نیترات + رسوب کلسیم فسفات → محلول کلسیم نیترات + محلول پتاسیم فسفات

(پ) گاز اکسیژن + مگنز (IV) اکسید جامد + پتاسیم مگنات جامد → پتاسیم پرمگنات جامد

ت) از واکنش گاز هیدروژن با گاز کلر، گاز هیدروژن کلرید تولید می شود.
ث) فلز آلومینیم و گرد آهن (III) اکسید با یک دیگر واکنش می دهند و نمک جامد آلومینیم اکسید و آهن مذاب تولید می کنند.
ج) پتاسیم کلرات جامد در اثر گرما به پتاسیم کلرید جامد و گاز اکسیژن تجزیه می شود.

نماد	معنا
$\longrightarrow$	تولید می کند یا می دهد
$\xrightarrow{\Delta}$	واکنش دهنده ها بر اثر گرم شدن واکنش می کنند.
$\xrightarrow{2 \cdot atm}$	واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.
$\xrightarrow{120^{\circ}C}$	واکنش در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس انجام می شود.
$\xrightarrow{pd}$	برای انجام شدن واکنش از پالادیم (Pd) به عنوان یک کاتالیزگر استفاده می شود.

❖ یک معادله شیمیایی افزون بر نمایش فرمول شیمیایی و حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فراورده ها اطلاعاتی درباره شرایط لازم برای انجام واکنش نیز در اختیار می گذارد. در حالی که اطلاعاتی مانند چگونگی و ترتیب مخلوط کردن واکنش دهنده ها و نکته های ایمنی را دربر ندارد. برای دستیابی به این موارد باید به شرح عملی اجرای آن واکنش شیمیایی مراجعه کرد. شرح عملی بسیاری از واکنش های شیمیایی در منابع علمی معتبر یافت می شود.

❖ معنای برخی عبارت ها یا نمادهای مورد استفاده در معادله های شیمیایی در جدول روبه رو آورده شده است.

❖ نماد $\xrightarrow{hv}$ در معادله نمادی بیانگر آن است که واکنش شیمیایی در حضور نور (تابش الکترومغناطیسی) انجام می شود. نماد های (sol) و (cr) نشان دهنده حالت های فیزیکی محلول غیر آبی و بلوری هستند.

❖ به حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی انرژی فعال سازی می گویند. دادن گرما تابش نور، ایجاد جرقه، تخلیه الکتریکی یا وارد آوردن یک شوک مانند زدن ضربه یا افزایش ناگهانی فشار این انرژی را تأمین می کند.

موازنه کردن معادله یک واکنش شیمیایی

❖ می دانید که در واکنش های شیمیایی نه اتمی به وجود می آید و نه اتمی از بین می رود؛ بلکه پس از انجام واکنش همان اتم ها به شیوه های دیگری به هم متصل می شوند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که همه واکنش های شیمیایی از قانون پایستگی ماده یا قانون پایستگی جرم پیروی می کنند.

قانون پایستگی انرژی

در سال 1789 میلادی، آنتوان لاوازیه کتابی با عنوان «رساله اساسی در شیمی» منتشر کرد. وی در این کتاب مطالب ارزشمندی درباره واکنش های شیمیایی ارائه نمود. در واقع لاوازیه جزو نخستین کسانی بود که واکنش های شیمیایی را با دقت بررسی و از ترازو برای اندازه گیری جرم در واکنش های شیمیایی استفاده کرد از این رو، لاوازیه را به عنوان پدر شیمی مدرن می شناسند.



لاوازیه واکنش سوختن چند ماده را در ظرف دربسته بررسی و مطالعه کرد و بر اساس نتایج آنها قانون پایستگی جرم را کشف کرد. مطابق این قانون:

- 1- اگر یک واکنش شیمیایی در ظرفی دربسته انجام شود، جرم مواد ثابت خواهد ماند.
- 2- اگر یک واکنش شیمیایی به طور کامل انجام شود، مجموع جرم واکنش دهنده ها با مجموع جرم فراورده ها برابر می شود (برخی چنین بیان می کنند که جرم مواد پیش از واکنش با جرم مواد پس از واکنش برابر است)
- 3- تعداد کل اتم ها در یک واکنش شیمیایی ثابت است.
- 4- تعداد اتم های هر عنصر در واکنش دهنده ها با تعداد آنها در فراورده ها برابر است.

❖ با توجه شکل های زیر قانون پایستگی جرم در واکنش های شیمیایی در دو حالت بررسی شده است.

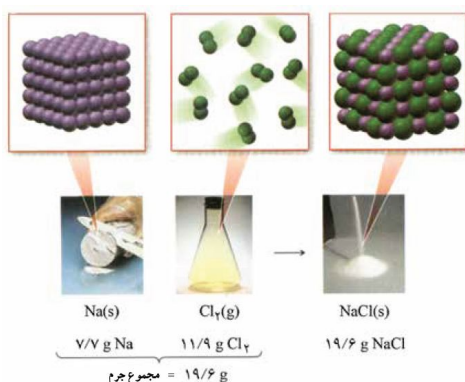
(آ) فلز آهن با گوگرد واکنش می دهد و به آهن (II) سولفید تبدیل می شود.

(ب) میخ آهنی در مجاورت هوای مرطوب به آرامی زنگ می زند.



می دانیم که مطابق نظریه انیشتین ($E = \Delta mc^2$) انرژی با جرم هم ارز است؛ به طوری که در واکنش های هسته ای مقدار قابل توجهی از جرم مواد به انرژی تبدیل می شود. از این رو در این واکنش ها، قانون پایستگی جرم و انرژی همزمان برقرار است.

در واکنش های شیمیایی نیز مقدار بسیار ناچیزی (در حد نانو) میلیارديم (گرم و کمتر) از جرم مواد به انرژی تبدیل می شود. در نتیجه کاهش جرم قابل تشخیص نیست و قانون پایستگی جرم حاکم است.



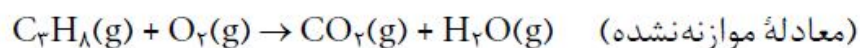
❖ می توان نتیجه گرفت که برای رسیدن به یک معادله شیمیایی موازنه شده، باید تعداد اتم های هر عنصر در دو سوی معادله یکسان باشد. برای این منظور، به هریک از واکنش دهنده ها و فراورده ها ضریبی نسبت می دهند.

❖ برای موازنه معادله های شیمیایی، روش های گوناگونی وجود دارد.

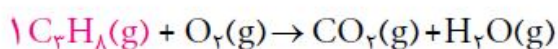
❖ براساس یکی از ساده ترین روش های موازنه (روش وارسی) معمولاً به ترکیبی که دارای بیشترین تعداد اتم است، ضریب 1 می دهند سپس با توجه به تعداد اتم های این ترکیب، ضرایبی را به مواد دیگر می دهند تا تعداد اتم های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

روش وارسی

❖ براساس یکی از ساده ترین روش های موازنه (روش وارسی) معمولاً به ترکیبی که دارای بیشترین تعداد اتم است، ضریب 1 می دهند سپس با توجه به تعداد اتم های این ترکیب، ضرایبی را به مواد دیگر می دهند تا تعداد اتم های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود. برای نمونه معادله سوختن پروپان به شرح زیر است :



برای موازنه به C_3H_8 ضریب 1 بدهید.



اینک تعداد اتم های کربن و هیدروژن در سمت چپ مشخص شده است. حال اگر به H_2O ضریب 4 و به CO_2 ضریب 3 بدهید. تعداد اتم های C و H در دو طرف برابر می شود.



در پایان چون تعداد اتم های اکسیژن در سمت راست تعیین شده و برابر با 10 اتم است، اگر به اکسیژن در سمت چپ، ضریب 5 بدهید، تعداد اتم های همه عناصرها در دو سوی معادله برابر می شوند.



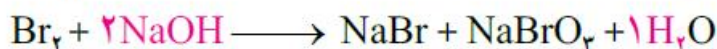
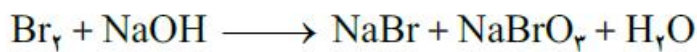
نمونه دیگر از موازنه به روش واریسی

❖ همان طور که مشاهده کردید، هنگام موازنه کردن یک معادله شیمیایی، نباید زیروندهای موجود در فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها را تغییر داد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که هریک از ضرایب های به کار رفته در معادله موازنه شده، باید کوچک ترین عدد صحیح (غیر کسری) ممکن باشند. (در معادله های شیمیایی موازنه شده، ضریب 1 نوشته نمی شود.)

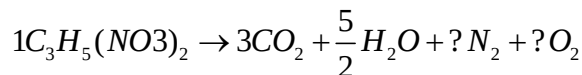
⚠ در موازنه معادله های شیمیایی لزوماً نباید به ترکیبی که دارای بیشترین تعداد اتم هاست ضریب 1 بدهید. در برخی از معادله ها می توان به ترکیبی که تعداد اتم های کمتری داشته یا در سمت راست معادله قرار دارد، عدد 1 نسبت داد و بر اساس آن بقیه عناصر را موازنه کرد.

برای موازنه معادله های شیمیایی نباید لزوماً از سمت چپ معادله شروع کرد.

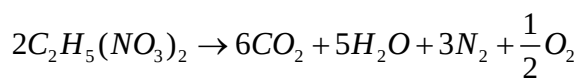
در موازنه معادله های شیمیایی در هر مرحله می توان همه ضرایب معلوم را در عدد مناسب ضرب کرد تا ضرایب کسری موجود به اعداد صحیح تبدیل شوند.



همه ضرایب را در عدد 3 ضرب می کنیم.



مثال:

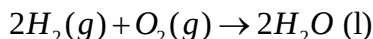


با ضرب کردن ضرایب معلوم در عدد 2 خواهیم داشت:



ضرایب را در عدد 2 ضرب می کنیم:

❖ یک معادله شیمیایی موازنه شده به دو صورت خوانده می شود. برای نمونه: 1 - دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می دهد و دو مول بخار آب تولید می کند. 2 - دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می دهد و دو مولکول آب تولید می کند.



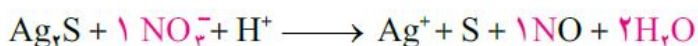
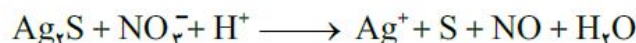
❖ در یک معادله شیمیایی، تعداد یون های چند اتمی NO_3^- ، PO_4^{3-} و مانند به صورت یک گونه شیمیایی جدا در دو سوی معادله شمارش و موازنه کنید.

❖ توصیه می شود برای موازنه واکنش ها از روش واریسی استفاده کنید و فقط در صورت موازنه نشدن با روش واریسی به سراغ روش پارامتری بروید.

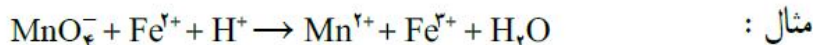
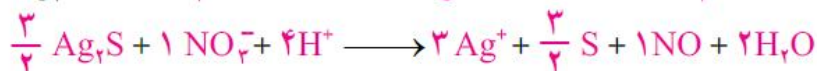
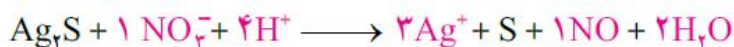
❖ هر واکنش شیمیایی به خودی خود موازنه شده است؛ زیرا طبق قانون پایستگی جرم، تعداد کل اتم های موجود در واکنش دهنده با تعداد کل اتم های موجود در فراورده برابر است؛ اما از آنجا که هر واکنش را با یک معادله نمادی نشان می دهند، ممکن است در معادله نمادی نوشته شده، قانون پایستگی جرم رعایت نشده باشد؛ اما در معادله نمادی موازنه شده (معادله واکنش شیمیایی)، تعداد کل اتم های هر عنصر در سمت چپ معادله با تعداد کل آنها در سمت راست معادله برابر خواهد بود.

❖ در واکنش های شیمیایی **قانون پایستگی بار** نیز وجود دارد مطابق این قانون مجموع کل بار های الکتریکی واکنش دهنده ها با مجموع کل بار های الکتریکی فراورده ها برابر است.

برای مثال، واکنش های زیر را با روش واریسی موازنه کنید.



حال با توجه به این که جمع کل بارها در سمت چپ برابر با ۳+ است، پس بایستی به Ag^+ در سمت راست ضریب ۳ داد.



روش ضرایب

❖ برای موازنه یک معادله شیمیایی، می توان به هر یک از مواد یک ضریب مجهول به صورت a ، b ، c و نسبت داده، سپس با استفاده از قانون پایستگی جرم، معادله هایی بر حسب a ، b ، c و نوشت. حل دستگاهی از این معادله ها، مقادیر a ، b ، c و را مشخص می کند.



برای برابر شدن تعداد اتم های N
در دو طرف معادله $\rightarrow a + b = 2c$

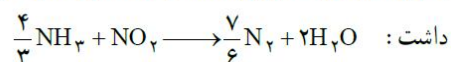
برای برابر شدن تعداد اتم های H
در دو طرف معادله $\rightarrow 3a = 2d$

برای برابر شدن تعداد اتم های O
در دو طرف معادله $\rightarrow 2b = d$

حال با حل دستگاه سه معادله با سه مجهول می توان مقدار هر یک از ضرایب های a ، b ، c و ... را به دست آورد.

$$\left[\begin{array}{l} a + b = 2c \\ 3a = 2d \\ 2b = d \end{array} \right] \text{ اگر } \left[\begin{array}{l} b=1 \\ d=2 \\ a=\frac{4}{3} \\ c=\frac{5}{6} \end{array} \right]$$

با قرار دادن هر یک از این اعداد در معادله مورد نظر، خواهیم



حال برای تبدیل ضرایب به کوچک ترین عددهای صحیح ممکن، همه آنها را در عدد 6 ضرب می کنیم.



انواع واکنش های شیمیایی

❖ تاکنون واکنش های شیمیایی بسیاری شناخته شده است که مطالعه همه آنها غیرممکن به نظر می رسد. به علت شباهتی که میان بسیاری از واکنش های شیمیایی، مشاهده می شود، می توان آنها را در دسته های کوچک تری طبقه بندی کرد و به این ترتیب مطالعه آنها را ممکن ساخت.



❖ دسته بندی پنجگانه زیر رایج ترین شیوه طبقه بندی واکنش های شیمیایی است

❖ توجه داشته باشید که برخی واکنش ها را نمی توان تنها به یکی از این دسته ها متعلق دانست، زیرا ممکن است ویژگی های بیش از یک دسته را داشته باشد.

واکنش سوختن:

❖ می دانید که سوختن به واکنشی می گویند که در آن یک ماده مثلاً یک ترکیب آلی مانند گاز اتین (استیلن)، یک نافلز مانند گوگرد یا یک فلز واکنش پذیر مانند منیزیم به سرعت و شدت با اکسیژن ترکیب می شود و افزون بر آزاد کردن مقدار زیادی انرژی به صورت نور و گرما، اغلب ترکیب های اکسیژن دار را به وجود می آورد.

❖ هیدروکربنها و ترکیبات آلی اکسیژندار (الکها، گلوکز و) بر اثر سوختن کامل CO_2 و H_2O تولید می کنند.

سوختن متان	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن اتان	$2\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن پروپان	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن بوتان	$2\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + 13\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 8\text{CO}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن اتن (اتیلن)	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن اتین (استیلن)	$2\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن ایزواکتان (مفرمول میانگین بنزین)	$2\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{g}) + 25\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 16\text{CO}_2(\text{g}) + 18\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
سوختن الکل اتانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
واکنش سوختن گلوکز	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

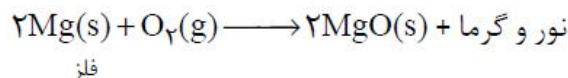
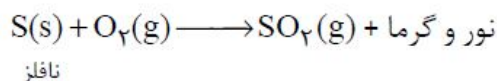
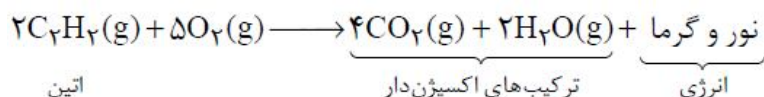
❖ فلزات قلیایی ، فلزات قلیایی خاکی (به جز Be) و نافلزاتی چون گوگرد ، فسفر و کربن و ترکیبی چون کربن دی سولفید (CS₂) در اکسیژن کافی میسوزند :

واکنش سوختن فلز لیتیم	$4\text{Li}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}(\text{s})$
واکنش سوختن فلز منیزیم	$2\text{Mg}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{MgO}(\text{s})$
واکنش سوختن فلز کلسیم	$2\text{Ca}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CaO}(\text{s})$
واکنش سوختن نا فلز کربن دی سولفید	$\text{CS}_2(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$
واکنش سوختن کربن	$\text{C}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
واکنش سوختن فسفر	$\text{P}_4(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{P}_4\text{O}_6(\text{s})$ $\text{P}_4(\text{s}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$

❖ واکنش سوختن نوار منیزیم با آزاد شدن نور و گرمای زیادی همراه است. گفتنی است که Mg به آرامی و بدون شعله نیز با

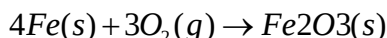


اکسیژن هوا ترکیب می شود، در این واکنش نیز MgO سفید رنگ تولید می شود. همان



طور که می دانید به این نوع واکنش اکسایش می گویند. (تشکیل آرام لایه ترد و سفید رنگ روی سطح براق نوار منیزیم شاهدهی بر این مدعاست.)

❖ همچنین می دانید که واکنش همه مواد با اکسیژن به شدت و سرعت سوختن نیست. چنین واکنش هایی را **اکسایش** می گویند. زنگ زدن آهن، نوعی واکنش اکسایش است.



❖ به واکنش آرام مواد با اکسیژن که با تولید انرژی همراه است، واکنش اکسایش می گویند.

❖ آهن با اکسیژن به کندی واکنش می دهد و به زنگ آهن تبدیل می شود. فلز مس نیز با اکسیژن به کندی ترکیب و به مس اکسید تبدیل می شود. درحالی که اگر یک تکه نوار منیزیم را روی شعله چراغ بگیرید، به سرعت می سوزد و نور خیره کننده ای تولید می کند؛ اما طلا برخلاف این سه فلز با اکسیژن ترکیب نمی شود.

❖ **زنگ زدن آهن**. یک واکنش اکسایش است که در آن، آهن با اکسیژن در هوای مرطوب واکنش داده و زنگ آهن قهوه ای رنگ تشکیل می دهد. این زنگار، متخلخل است و سبب می شود تا بخار آب و اکسیژن به لایه های زیرین نفوذ کند و باقیمانده فلز را مورد حمله قرار دهد. بدین ترتیب، اکسایش آهن تا آنجا پیش می رود که همه فلز به زنگار تبدیل می شود؛ ماده ای که استحکام لازم را ندارد و در اثر ضربه، خرد می شود و فرو می ریزد.

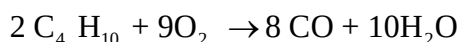
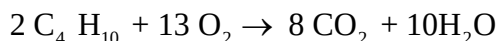
❖ الیاف آهن داغ و سرخ شده در اکسیژن خالص می سوزد.

❖ به ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر اکسایش، خوردگی گفته می شود.

❖ رفتار همه فلزها در برابر اکسیژن یکسان نیست؛ برای مثال، با اینکه فلز آلومینیم نیز با اکسیژن هوا واکنش می دهد و به آلومینیم اکسید تبدیل می شود، اما در برابر خوردگی مقاوم است، به گونه ای که برخلاف آهن، لایه های درونی فلز اکسایش نمی یابد؛ به همین دلیل، گاهی در ساختمان سازی از در و پنجره های آلومینیمی به جای آهنی استفاده می شود.

سوختن ناقص هیدروکربن ها

❖ هرگاه در سوختن گاز، نفت و چوب در بخاری و شومینه اکسیژن کافی موجود نباشد، سوختن این مواد به طور کامل انجام نمی شود و به همراه کربن دی اکسید، کربن مونوکسید نیز تولید می شود. به عنوان مثال انجام هم زمان این دو واکنش سوختن ناقص گاز بوتان را نشان می دهند و میزان پیشرفت هر یک به مقدار اکسیژن موجود در محیط واکنش بستگی دارد.



❖ کربن مونوکسید، گازی سمی، بی رنگ و بی بوست. این گاز پس از ورود به بدن، با مولکول های هموگلوبین واکنش می دهد و جایگزین مولکول های اکسیژن می شود. در نتیجه، به راحتی می تواند سبب مرگ انسان شود.

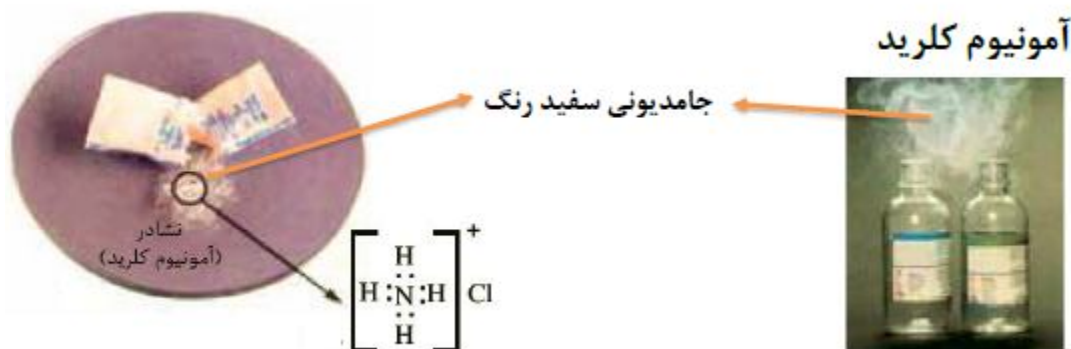
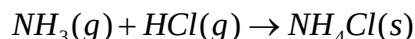
غلظت CO در هوا (ppm)	نشانه های بیماری	زمان لازم برای مرگ
۵۰	حداکثر زمان مجاز برای حضور در این هوا برابر ۸ ساعت است.	—
۲۰۰	سردرد خفیف، خستگی، سرگیجه، حالت تهوع بعد از ۲ تا ۳ ساعت در معرض گاز CO بودن	—
۴۰۰	سردرد شدید بعد از ۱ تا ۲ ساعت در معرض گاز CO بودن	بیشتر از ۳ ساعت
۸۰۰	سرگیجه، حالت تهوع، تشنج بعد از ۴۵ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۲-۳ ساعت
۱۶۰۰	همه علائم بالا بعد از ۲۰ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۱ ساعت
۳۲۰۰	همه علائم بالا بعد از ۵ تا ۱۰ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۲۵ تا ۳۰ دقیقه
۶۴۰۰	همه علائم بالا بعد از ۱ تا ۲ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۱۰ تا ۱۵ دقیقه
۱۲۸۰۰	همه علائم بالا	۱ تا ۳ دقیقه

❖ اغلب برای آغاز یک واکنش به مقداری انرژی نیاز است. به حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی انرژی فعال سازی می گویند. دادن گرما، تابش نور، ایجاد جرقه، تخلیه الکتریکی یا وارد آوردن یک شوک مانند زدن ضربه یا افزایش ناگهانی فشار این انرژی را تأمین می کند.

واکنش سنتز یا ترکیب

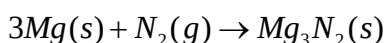
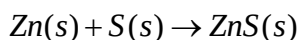
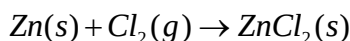
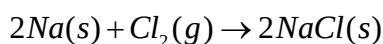
❖ واکنشی است که در آن چند ماده بر هم اثر کرده، فراورده های تازه ای با ساختار پیچیده تر تولید می کنند. در زیر یک نمونه از این واکنش ها را مشاهده می کنید:

❖ اثر واکنش بخار NH_3 و بخار HCl گرد سفید رنگ NH_4Cl تولید می شود. این واکنش نمونه ای از واکنش های ترکیب است.



❖ واکنشی که در آن چند ماده، فرآورده(ها)ی پیچیده تر تولید میکند، ترکیب (سنتز) نامیده میشود. حل شدن اکسید نافلزات در آب، حل شدن اکسید فلزات در آب، ترکیب شدن اکسیدهای فلزات و نافلزات در یکدیگر، بسپارش (پلیمر شدن) و هیدروژن دار شدن آلکنها و آلکینها برخی از انواع مختلف واکنشهای ترکیب میباشد.

❖ **قاعده 1:** بر اثر ترکیب شدن فلز با نافلز، نمک تولید میشود:



❖ **قاعده 2:** واکنش گاز هیدروژن با هالوژن ها هم از نوع واکنش ترکیب (سنتز) میباشد.

تولید هیدروژن کلرید	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$
تولید هیدروژن یدرید	$H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$
(فرایند هابر) واکنش نیتروژن با گاز هیدروژن	$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{MgO, Al_2O_3} 2NH_3$
تولید هیدرازین	$N_2(g) + H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$
تولید گاز آمونیاک از هیدرازین	$N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$
واکنش تهیه ی اوزون از گاز اکسیژن	$3O_2(g) \xrightarrow{\text{تخلیه الکتریکی}} 2O_3(g)$
تهیه متانول از واکنش کربن مونواکسید با گاز هیدروژن	$CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$
هیدروژن دار شدن اتین	$C_2H_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$
هیدروژن دار شدن اتن	$C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

واکنش اتن با بخار آب	$C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_5OH(g)$
واکنش گوگرد دی اکسید با گاز اکسیژن	$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt, V_2O_5} 2SO_3(g)$
واکنش سدیم اکسید با کربندی اکسید و رطوبت هوا در کیسه ی هوا	$Na_2O(s) + 2CO_2(g) + H_2O(g) \rightarrow 2NaHCO_3(s)$

❖ قاعده 3

هیدروکسید فلز → آب + اکسید فلز

سدیم هیدروکسید یا سود	$Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq)$
پتاسیم هیدروکسید یا پتاس	$K_2O(s) + H_2O \rightarrow 2KOH(aq)$
کلسیم هیدروکسید	$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$

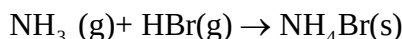
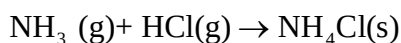
❖ قاعده 4 :

اسید اکسیژندار → آب + اکسید نافلز

نیتريك اسید	$N_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq)$
فسفريك اسید	$P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$
كلريك اسید	$Cl_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HClO_3(aq)$

❖ قاعده 5 :

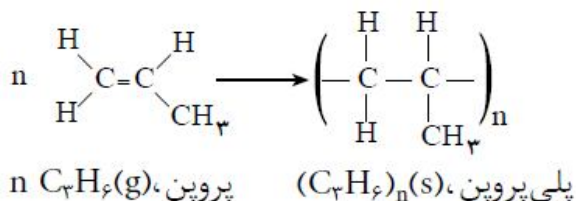
نمک آمونیوم دار → اسید + آمونیاك



❖ قاعده 6 :

پلیمری شدن

❖ واکنش بسپارش (پلیمر شدن) مجموعه ای از واکنش های سنتزی است که طی آن هزارها مولکول کوچک با یکدیگر ترکیب شده، درشت مولکول هایی به نام بسپار (پلیمر) تولید می شود. تولید پلی تِن (پلی اتیلن)، پلی پروپن و پلی تترافلوئور اتن (تفلون) از جمله مهم ترین واکنش های بسپارش (پلیمر شدن) در صنعت است.



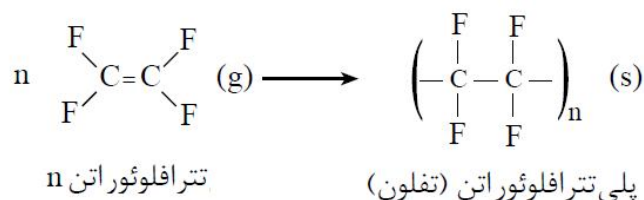
❖ به ساختار پلی اتن و پلی پروپن توجه کنید.



❖ از پلی پروپن برای تولید ریسمان استفاده می شود.



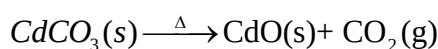
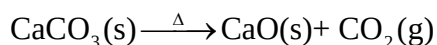
❖ تهیه تفلون از مونومر گازی شکل تترا فلوئوراتن



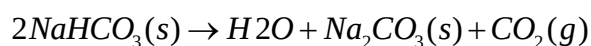
واکنش تجزیه

❖ به واکنشی تجزیه می گویند که در آن یک ماده به مواد ساده تری تبدیل می شود.

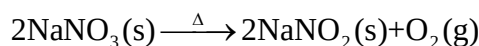
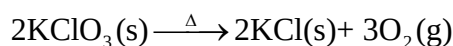
❖ تجزیه کربنات ها در اثر گرما نمونه ای از این واکنش هاست. در این واکنش گاز کربن دی اکسید آزاد می شود.



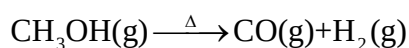
❖ واکنش تجزیه هیدروژن کربنات سدیم



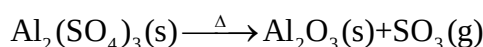
❖ ترکیب هایی مانند نیتрат ها و کلرات ها نیز در اثر گرما تجزیه می شوند. گاز اکسیژن فراورده مهم این دسته از واکنش هاست.



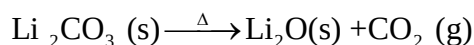
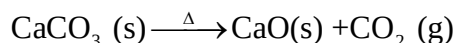
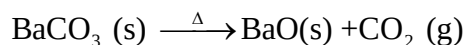
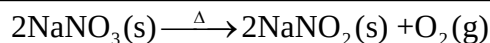
❖ واکنش تجزیه متانول



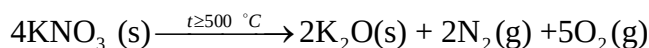
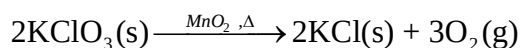
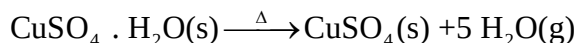
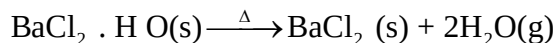
❖ واکنش تجزیه سولفات فلز



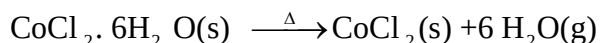
❖ تجزیه واکنش تجزیه واکنش است که در آن یک واکنش دهنده به چند فراورده تبدیل میشود . مهمترین واکنش های تجزیه را با استفاده از قواعد زیر به خاطر بسپارید :

قاعده 1**قاعده 2****قاعده 3**

در کتاب پیش دانشگاهی میخوانیم که در دمای بالاتر از 500°C ، پتاسیم نیترات به صورت دیگری تجزیه می شود

**قاعده 4****قاعده 5**

سفید رنگ آبی رنگ

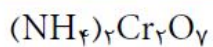


آبی رنگ صورتی رنگ

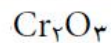
برخی از واکنشهای تجزیه ، خارج از قواعد گفته شده میباشد :

واکنش تجزیه ی جیوه (II) اکسید	$2HgO(s) \rightarrow 2Hg(l) + O_2(s)$
واکنش تجزیه ی آمونیوم دی کرومات (واکنش کوه آتشفشان)	$(NH)_2Cr_2O_7(s) \rightarrow Cr_2O_3(s) + N_2(g) + H_2O(g)$ سبز رنگ نارنجی رنگ
واکنش تجزیه ی متانول	$CH_3OH(g) \xrightarrow{\Delta} CO(g) + 2H_2(g)$
واکنش تجزیه ی آلومینیوم سولفات	$Al_2(SO_4)_3(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3(s) + 3SO_3(g)$
واکنش تجزیه ی سرب (IV) اکسید	$2PbO_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2PbO(s) + O_2(g)$
واکنش تجزیه ی سدیم آزید	$2NaN_3(s) \longrightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$
واکنش تجزیه ی نیتروگلیسرین	$4C_3H_5(NO_3)_3(l) \rightarrow 12CO_2(g) + 10H_2O(g) + O_2(g) + 6N_2$
واکنش تجزیه ی دی نیتروژن تترا اکسید	$N_2O_4(g) \xrightarrow{\Delta} 2NO_2(g)$ قهوه ای رنگ بی رنگ
واکنش تجزیه ی گلوکوز و تهیه ی اتانول	$C_6H_{12}O_6(s) \longrightarrow 2C_2H_5OH(l) + 2CO_2(g)$
واکنش تجزیه ی دی نیتروژن پنتا اکسید	$2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$
واکنش تجزیه ی نیتروژن دی اکسید	$2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$
واکنش تجزیه ی سولفوریل کلرید	$SO_2Cl_2(g) \rightarrow SO_2(g) + Cl_2(g)$
واکنش تجزیه ی نیتروزیل کلرید	$2NOCl(g) \rightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$
واکنش تجزیه ی کلرومونواکسید	$2ClO(g) \rightarrow Cl_2(g) + O_2(g)$
واکنش تجزیه ی هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه)	$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{FeSO_4} 2H_2O(l) + O_2(g)$
واکنش تجزیه ی کربنیک اسید	$H_2CO_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$
واکنش تجزیه ی سولفورو اسید	$H_2SO_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + SO_2(g)$
واکنش تجزیه ی دی نیتروژن مونو اکسید	$2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g)$
واکنش کلی برقکافت آب	$H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$
واکنش کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب	$2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$

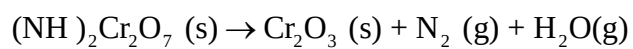
واکنش تجزیه آمونیوم دی کرومات



جامدی بلوری و نارنجی رنگ



پودر سبز رنگ



سبز رنگ نارنجی رنگ

واکنش جابه جایی یگانه:

❖ در واکنش جابه جایی یگانه ، اتم یک عنصر ، جانشین اتم یا یون در ترکیب می شود.

A + BC → B + AC = قاعده کلی واکنش جابه جایی یگانه

این نوع واکنش طی 4 قاعده ی زیر قابل بررسی می باشد :

جانشین شدن فلز فعال تر (بالاتر) به جای فلز ضعیف تر (پایین تر) در ترکیب آن = قاعده 1

واکنش روی با محلول نقره نترات	$Zn(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow 2Ag(s) + Zn(NO_3)_2(aq)$
واکنش روی با محلول مس (II) کلرید	$Zn(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow Cu(s) + ZnCl_2(aq)$
واکنش آلومینیوم با محلول مس (II) سولفات	$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + Al_2O_3(s)$
واکنش آلومینیوم با آهن (II) اکسید (واکنش ترمیت)	$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3H_2O(g)$
واکنش هیدروژن با آهن (II) اکسید	$3H_2(g) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3H_2O(g)$
واکنش سدیم با آهن (II) اکسید (در کیسه هوا)	$6Na(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3Na_2O(s)$
واکنش منیزیم با سیلیسیم تتراکلرید	$2Mg(s) + SiCl_4(l) \rightarrow Si(s) + 2MgCl_2(s)$
از سیلیسیم خالص Si (s) در تراشه های الکترونیکی و سلولهای خورشیدی استفاده میشود .	
واکنش سدیم با اتانول	$2C_2H_5OH(l) + 2Na(s) \rightarrow H_2(g) + 2C_2H_5ONa(s)$

فلزات قلیایی

و قلیایی خاکی

Al

Mn

Zn

Cr

Fe

Ni

Sn

H₂(g)

Cu

Ag

Hg

Pt

Au

هیدروکسید فلز + H₂O → H₂ (g) + فلزات قلیایی و قلیایی خاکی (به جز Be) = قاعده 2

واکنش لیتیم با آب	$2Li(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq) + H_2(g)$
واکنش سدیم با آب	$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$
واکنش پتاسیم با آب	$2K(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) + H_2(g)$
واکنش منیزیم با آب	$Mg(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2(g)$
واکنش باریم با آب	$Ba(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ba(OH)_2(aq) + H_2(g)$

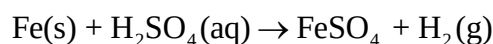
H₂ + فلز نمک → اسید + فلز = قاعده 3

واکنش منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید	$\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
واکنش کلسیم با محلول هیدروکلریک اسید	$\text{Ca(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
واکنش روی با محلول هیدروکلریک اسید	$\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
واکنش قلع با محلول هیدروکلریک اسید	$\text{Sn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{SnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
واکنش آلومینیوم با محلول هیدروبرمیک اسید	$2\text{Al(s)} + 6\text{HBr(aq)} \rightarrow 2\text{AlBr}_3\text{(aq)} + 3\text{H}_2\text{(g)}$
واکنش آلومینیوم با محلول سولفوریک اسید	$2\text{Al(s)} + 3\text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{Al}_2\text{(SO}_4)_3\text{(aq)} + 3\text{H}_2\text{(g)}$



در واکنش فلز با اسید، فلز با ظرفیت کمتر در واکنش شرکت میکند به همین دلیل در واکنش فلز آهن با

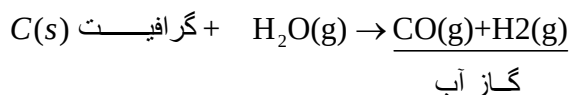
سولفوریک اسید، آهن با ظرفیت (2) خود (Fe^{+2}) در واکنش شرکت میکند:



هالوژن پایین تر + نمک هالوژن بالاتر + نمک هالوژن پایین تر + هالوژن بالاتر (فعال تر) = قاعده 4

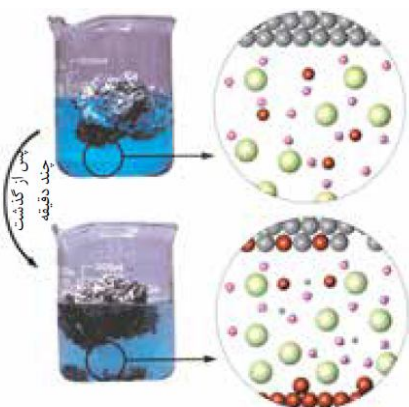
واکنش گاز کلر با محلول پتاسیم برمید	$\text{Cl}_2\text{(g)} + 2\text{KBr(aq)} \rightarrow 2\text{KCl(aq)} + \text{Br}_2\text{(aq)}$
واکنش گاز کلر با محلول پتاسیم یدید	$\text{Cl}_2\text{(g)} + 2\text{KI(aq)} \rightarrow 2\text{KCl(aq)} + \text{I}_2\text{(aq)}$
واکنش برم مایع با محلول سدیم یدید	$\text{Br}_2\text{(l)} + 2\text{NaI(aq)} \rightarrow 2\text{NaBr(aq)} + \text{I}_2\text{(s)}$

❖ از واکنش زغال گرافیت با بخار آب، دو فرآورده تولید میشود که به آن **گاز آب** میگویند و از گاز هیدروژن (H_2) آن برای تولید آمونیاک استفاده میشود:



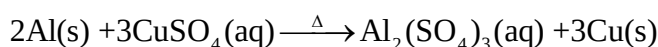
❖ هنگامی که یک قطعه ورقه آلومینیمی درون محلولی از مس (II) سولفات قرار می گیرد، تشکیل فلز سرخ فام مس بر سطح ورقه آلومینیمی به خوبی قابل مشاهده است. در ضمن، مقداری از مس تولید شده نیز به ته ظرف فرو خواهد ریخت. به نظر می آید که

در این واکنش، فلز آلومینیم جای مس موجود در مس (II) سولفات را گرفته و آن را به صورت فلز مس آزاد کرده است. با نگاهی به معادله این واکنش می توان دریافت که تنها یک جابه جایی رخ داده است. جابه جایی یگانه، نامی است که به این دسته از واکنش ها داده اند.

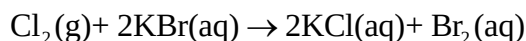


(● یون سولفات ● مولکول آب)

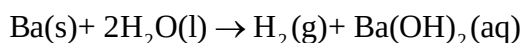
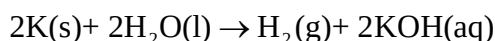
واکنش آلومینیم با محلول مس (II) سولفات



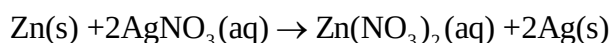
❖ گاز کلر تولید شده در ارلن سمت در ارلن KBr چپ با محلول سمت راست واکنش می دهد.



❖ واکنش فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی با آب به تولید گاز هیدروژن می انجامد. این واکنش ها نیز از جمله واکنش های جابه جایی یگانه به شمار می آیند.



❖ بریلیم تنها عنصر قلیایی خاکی است که با آب یا بخار آب داغ واکنش نمی دهد و در هوا 6°C پایین تر از نیز اکسایش نمی یابد.

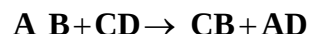


❖ نمونه ای دیگر از واکنش جابه جایی یگانه

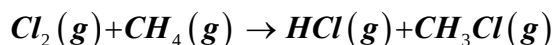
❖ واکنش های جابه جایی را جانشینی یا جایگزینی نیز می نامند.

واکنش جابه جایی دوگانه:

❖ در واکنش جابه جایی دوگانه ، جای دو اتم یا دو یون در دو ترکیب جابه جا می شود



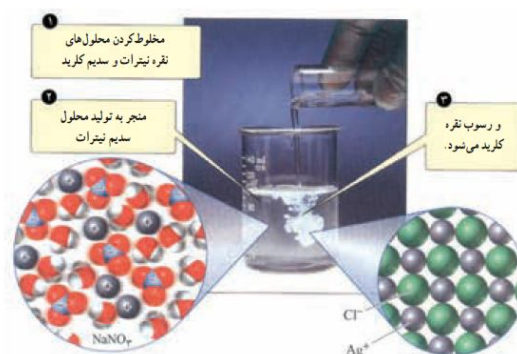
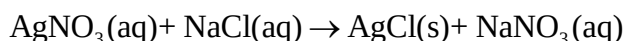
واکنش گاز کلر با گاز متان هم از نوع واکنش جابه جایی دوگانه به شمار می آورند



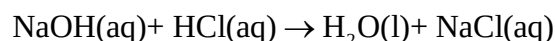
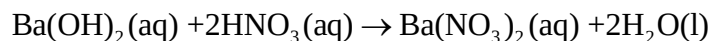
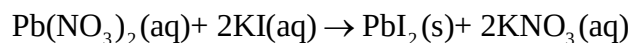
مخلوط کردن دو نمک که تولید رسوب هم می کند از نوع واکنش جابه جایی دوگانه است

واکنش محلولهای مس (II) اکسید و سدیم سولفید	$Na_2S(aq) + CuSO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + CuS(s) \downarrow$
واکنش محلولهای نقره نیتрат و سدیم برمید	$AgNO_3(aq) + NaBr(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + 2AgBr(s) \downarrow$
واکنش محلولهای نقره نیترات و روی برمید	$2AgNO_3(aq) + ZnBr_2(aq) \rightarrow 2AgBr(s) \downarrow + Zn(NO_3)_2(aq)$
واکنش کلسیم برمید و سولفوریک اسید	$H_2SO_4(aq) + CaBr_2(aq) \rightarrow CaSO_4(s) \downarrow + 2HBr(aq)$
واکنش محلول کادمیم نیترات با گاز هیدروژن سولفید	$Cd(NO_3)_2(aq) + H_2S(g) \rightarrow CdS(s) \downarrow + 2HNO_3(aq)$
واکنش محلول آلومینیوم نیترات با سدیم هیدروکسید	$Al(NO_3)_3(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Al(OH)_3(s) \downarrow + 3NaNO_3(aq)$

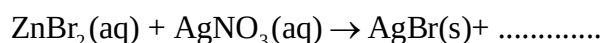
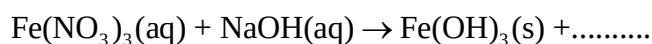
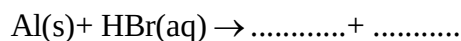
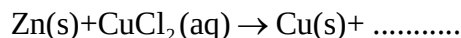
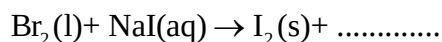
❖ اگر محلولی از نقره نیترات بر روی محلولی از سدیم کلرید ریخته شود، رسوب سفید رنگ نقره کلرید به سرعت تشکیل می شود. شیمی دان ها این گونه واکنش ها را جابه جایی دوگانه می خوانند.



❖ معادله های شیمیایی زیر نمونه های دیگری از واکنش های جابه جایی دوگانه اند.



❖ تمرین: در هر مورد، معادله واکنش داده شده را کامل و موازنه کنید.



شناسایی یون ها

شناسایی یون سرب (II) Pb^{2+}	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{KI}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{PbI}_2(\text{s}) \downarrow$ رسوب زرد رنگ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{PbCrO}_4(\text{s}) \downarrow$ رسوب زرد رنگ
شناسایی یون آهن (III) Fe^{3+}	$\text{FeCl}_3(\text{aq}) + 3\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) \downarrow$ رسوب قهوه ای آجری $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + 3\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) \downarrow$ رسوب قهوه ای آجری
شناسایی یون باریم Ba^{2+}	$\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{BaSO}_4(\text{s}) \downarrow$ رسوب سفید رنگ
شناسایی یون نقره Ag^+	$2\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s}) \downarrow$ رسوب قرمز رنگ $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{AgCl}(\text{s}) \downarrow$ رسوب سفید رنگ

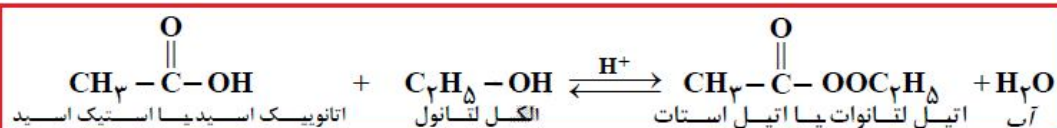
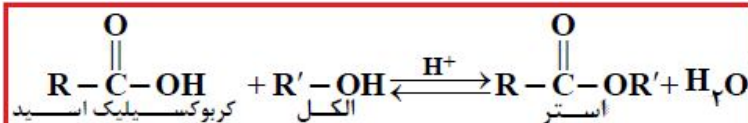
رنگ رسوب	رسوب (s) ↓	آنیون	کاتیون
زرد رنگ	$\text{PbI}_2(s) \downarrow$	I^-	Pb^{2+}
زرد رنگ	$\text{PbCrO}_4(s) \downarrow$	CrO_4^{2-}	Pb^{2+}
قهوه‌ای آجری	$\text{Fe}(\text{OH})_3(s) \downarrow$	OH^-	Fe^{3+}
سفید رنگ	$\text{BaSO}_4(s) \downarrow$	SO_4^{2-}	Ba^{2+}
قرمز رنگ	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4(s) \downarrow$	CrO_4^{2-}	Ag^+
سفید رنگ	$\text{AgCl}(s) \downarrow$	Cl^-	Ag^+

❖ در یک دسته از واکنشهای بالا قرار نگیرند، این واکنشها عبارتند از :

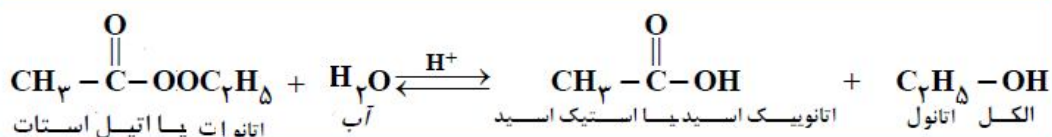
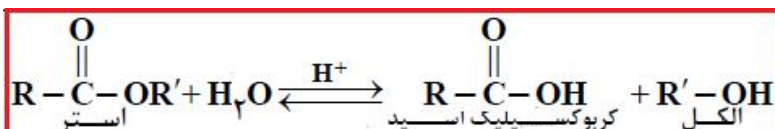
واکنش تهیه ی آب کلر	$\text{NaClO}(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
واکنش تهیه ی آب برم	$5\text{KBr}(\text{aq}) + \text{KBrO}_3(\text{aq}) + 6\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Br}_2(\text{aq}) + 6\text{KCl}(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
واکنش تهیه ی آب ید	$5\text{KI}(\text{aq}) + \text{KIO}_3(\text{aq}) + 6\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{I}_2(\text{aq}) + 6\text{KCl}(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
مگنز دی اکسید با محلول هیدروکلریک اسید	$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MnCl}_2(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
واکنش لیتیم پراکسید با گاز کربن دی اکسید	$2\text{Li}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Li}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g})$
واکنش لیتیم هیدروکسید با گاز کربن دی اکسید	$2\text{LiOH}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
واکنش زغال سنگ با بخار بسیار داغ (تولید گاز متان)	$2\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$
واکنش کربن مونواکسید با نیتروژن مونو اکسید	$2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$
واکنش متان با گاز کلر	$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$
واکنش اکسایش متانول	$2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow[500^\circ\text{C}]{\text{Fe/Ag}} 2\text{H}_2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
واکنش اکسایش متانال	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}(\text{aq}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{اکسایش}} \text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}(\text{aq}) + \text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$
اکسایش کامل متانال	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{اکسنده قوی}} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
زنگ زدن آهن	$4\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) \equiv 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
واکنش کلی فرآیند هال	$2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C}(\text{s}) \rightarrow 4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$

جابه جایی دوگانه سال چهارم

❖ فصل 3 سال چهارم: واکنش کربوکسیلیک اسیدها با الکل در محیط اسیدی را واکنش استری شدن می گویند:



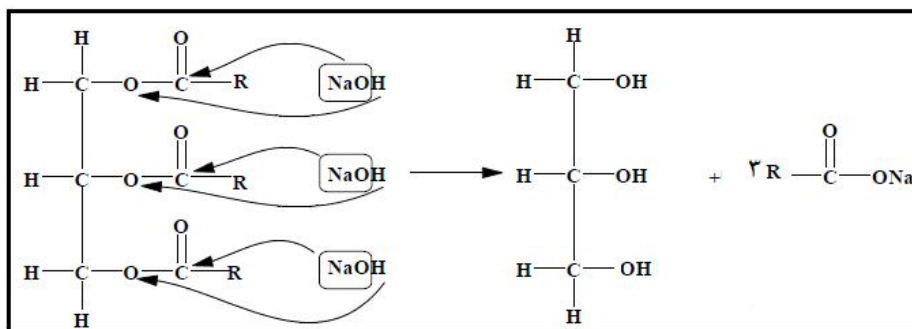
❖ عکس واکنش استری شدن را آبکافت استر میگویند:



❖ اگر واکنش آبکافت استر در محیط قلیایی باشد، آن واکنش را واکنش صابونی شدن میگویند:



❖ در عمل از آبکافت چربیها یا روغن ها (تری گلیسریدها) در محیط قلیایی، صابون تولید میشود:





برخی از این واکنش ها عبارت اند از:

- ❖ واکنش های یونی
- ❖ واکنش های ترکیب یا سنتز
- ❖ واکنش های جانشینی الکتروفیلی، نوکلئوفیلی و رادیکالی
- ❖ واکنش های حذفی
- ❖ واکنش های افزایشی الکتروفیلی، نوکلئوفیلی و رادیکالی
- ❖ واکنش های تجزیه
- ❖ واکنش های پلیمری شدن
- ❖ واکنش های ایزومری شدن
- ❖ واکنش های بنیادی و چند مرحله ای
- ❖ واکنش های اکسایش کاهش
- ❖ واکنش های خود به خود و غیر خود به خود
- ❖ واکنش های گرماده و گرماگیر
- ❖ شمیمیدان ها، واکنش ها را براساس نوع، هدف و ضرورت بررسی به شیوه های گوناگونی دسته بندی می کنند.
- ❖ برای مثال در سینتیک، واکنش ها به بنیادی و چند مرحله ای تقسیم می شوند؛ در حالی که در ترمودینامیک شیمیایی به خودبه خودی، غیر خود به خودی و تعادلی دسته بندی می شوند.

در یکی از روش های رایج، واکنش ها به پنج گروه کلی زیر طبقه بندی می شوند.

- (1) **رسوبی (Precipitation):** واکنش هایی هستند که در آنها، محلول دو ترکیب با هم واکنش می دهند و یکی از فراورده ها به صورت رسوب (ماده نامحلول) تولید می شود
- (2) **اسید - باز (Base Acid):** واکنش هایی که در آنها یک اسید با یک باز واکنش می دهد و آب به همراه نمک تولید می شود

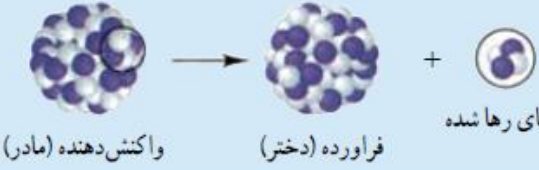
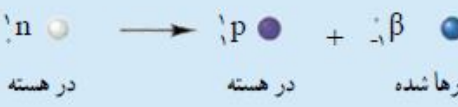
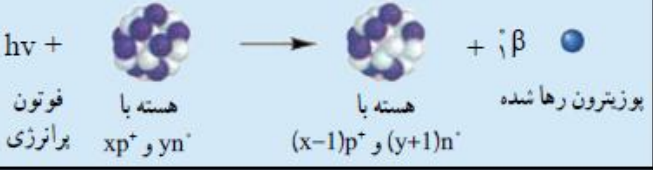
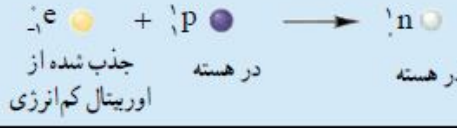
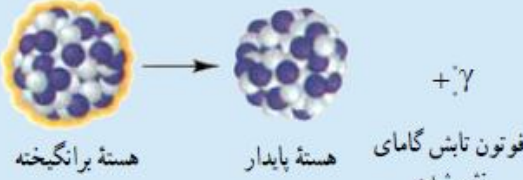
(3) اکسایش - کاهش (Redox or Reduction - Oxidation): این واکنش ها با داد و ستد الکترون همراه اند. (واکنش های جابه جایی یگانه، سوختن و برخی واکنش های ترکیب و تجزیه از این نوع اند.)

✓ واکنش سوختن از جمله واکنش های اکسایش - کاهش است. با این تفاوت که سرعت آن بیشتر است.

✓ در واکنش سوختن، انرژی به شکل گرما، نور و صدا آزاد می شود؛ اما، در واکنش اکسایش، انرژی به شکل گرما و به کندی مبادله می شود. اکسایش گلوکز در بدن در حضور آنزیم ها، کاتالیز شده و به صورت کنترل شده انجام می شود.

(4) آلی (Organic): این واکنش ها گستره بسیار وسیعی دارند. برخی از این واکنش ها جزو واکنش های اکسایش کاهش، ترکیب و تجزیه اند؛ اما تعداد زیادی از آنها نام های معین دارند. برای نمونه، واکنش های حذفی الکتروفیلی و نوکلئوفیلی، واکنش های جانشینی الکتروفیلی و نوکلئوفیلی، واکنش های جفت شدن، واکنش های افزایشی الکتروفیلی، نوکلئوفیلی و رادیکالی و همچنین واکنش های پلیمری شدن همگی جزو واکنش های آلی اند.

(5) هسته ای (Nuclear): در این واکنش ها هسته های سنگین و ناپایدار متلاشی و پاشیده می شوند، و جرم آنها کاهش می یابد و به هسته های سبک تر و نو تبدیل می شوند. این واکنش ها شامل پنج دسته اند. (در واکنش های هسته ای قانون بایستگی A و Z رعایت می شود.)

شیوه تلاشی	نشر	فرایند	تغییر ایجاد شده A Z N
تلاشی آلفا (α)	α (${}^4_2\text{He}$)	 والکشن دهنده (مادر) فراورده (دختر) آلفای رها شده	-4 -2 -2
تلاشی بتا (β)	${}_{-1}^0\beta$	 در هسته در هسته بتای رها شده	0 +1 -1
نشر پوزیترون	${}_{+1}^0\beta$	 فوتون هسته با هسته با پوزیترون رها شده $h\nu + xp^+ + yn^- \rightarrow (x-1)p^+ + (y+1)n^- + {}_{+1}^0\beta$	0 -1 +1
گیراندازی الکترون	فوتون تابش X	 ${}_{-1}^0e + {}_1^1p \rightarrow {}_0^1n$ جذب شده از اوربیتال کم انرژی در هسته در هسته	0 -1 +1
نشر تابش گاما (γ)	${}^0_0\gamma$	 هسته برانگیخته هسته پایدار فوتون تابش گامای نشر شده	0 0 0

مجموعه واکنش پذیری فلزها در دما و فشار استاندارد

* Cu، Hg و Ag با

HNO_3 واکنش می دهند و بسته به غلظت و دما، به جای گاز H_2 ، گاز NO و NO_2 تولید می کنند. در این واکنش ها، فلزها اکسایش می یابند و HNO_3 به گونه های NO_x کاهش می یابد. طلا با مخلوط HCl و HNO_3 به نسبت ۳ به ۱ (تیزاب) واکنش می دهد.

Cu } با اغلب اسیدها
Hg } (به جز HNO_3)
Ag } واکنش نمی دهند.
Au }

Mg } با اسیدها و بخار آب
Al } داغ واکنش می دهند
Zn } و گاز H_2 تولید
Cr } می کنند (با آب واکنش
Fe } نمی دهند).
Cd }
Co }
Ni }
Sn }
Pb }

Li } با محلول های اسیدی
K } و آب به شدت واکنش
Ba } می دهند و گاز H_2
Ca } تولید می کنند.
Na }



واکنش محلول نقره نیترات با محلول پتاسیم کرومات

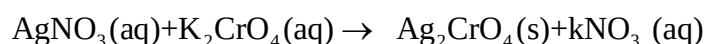
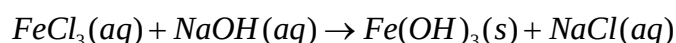
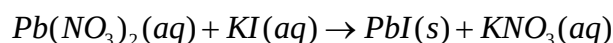


واکنش محلول آهن (III) کلرید با محلول سدیم هیدروکسید



واکنش محلول سرب (II) نیترات با محلول پتاسیم یدید

پتاسیم نیترات + سرب یدید (زرد رنگ) $\longrightarrow$ سرب نیترات + پتاسیم یدید



❖ رنگ هایی که باید حفظ باشید :

Al_2O_3	→	شیری
$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	→	صورتی
Ag_2CrO_4 , HgO	→	قرمز
CoCl_4^{2-} , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	→	آبی
BaSO_4 , CuSO_4 , PbSO_4 , AgCl	→	سفید
NO_2 , Br_2	→	خرمایی
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	→	سبز
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ زنگ آهن , Cu	→	آجری
PbI_2 , PbCrO_4 , AgI	→	زرد



❖ گوگرد جامدی زردرنگ است و در دهانه آتشفشان های خاموش یا نیمه فعال یافت می شود.





$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}$$

$$1 \text{ mol Fe} = 55.85 \text{ g Fe}$$



$$= 6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

$$1 \text{ mol C} = 12.01 \text{ g C}$$

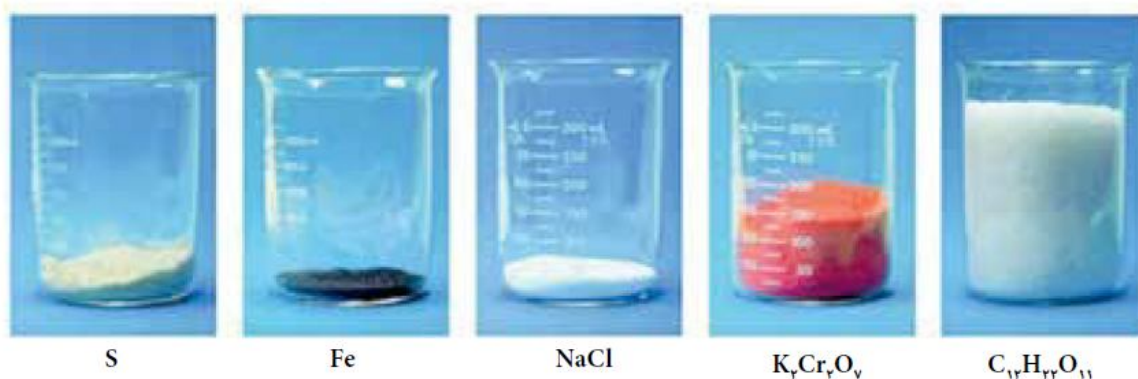


او

❖ آمدئو آووگادرو (1776 1856 میلادی) شیمی دان پر آوازهٔ ایتالیایی که به افتخار شمار ذره های موجود در یک مول ماده، عدد آووگادرو نام گذاری شده است

❖ در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این بیان نخستین بار در سال 1811 توسط آووگادرو ارائه و بعدها به قانون آووگادرو مشهور شد. مطابق داده های جدول در این شرایط با افزایش شمار مول های هر گاز، حجم آن افزایش می یابد. از این رو، حجم یک نمونه گاز با شمار مول های آن رابطه ای مستقیم دارد. طبق این رابطه حجم یک مول گاز در STP برابر با 22 /4 لیتر است؛ به دیگر سخن، حجم مولی گازها برابر با در STP برابر با 22 /4 لیتر است.

❖ از شیمی 2 نیز به یاد دارید که وجود ایزوتوپ های مختلف و تفاوت در فراوانی آنها سبب شد که برای نمونه های طبیعی عناصرها از جرم اتمی میانگین آنها استفاده شود. بنابراین جرم مولی عناصرها یا ترکیب ها را به آسانی می توان از داده های تجربی موجود در جدول تناوبی عناصرها به دست آورد.



S

Fe

NaCl

 $K_2Cr_2O_7$ $C_{12}H_{22}O_{11}$

❖ در ترکیب های یونی، مولکول وجود ندارد، به همین دلیل به جای واژه مولکول گرم از واژه جرم مولی برای آنها استفاده می شود.

ترکیبات مولکولی مهم

❖ آمونیاک، NH_3

❖ اوره، $(CO(NH_2)_2)$

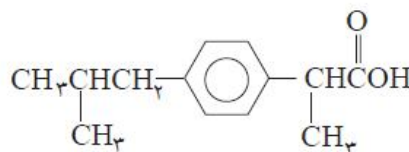
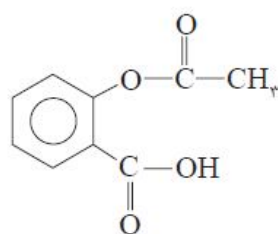
❖ آمونیوم هیدروژن فسفات $(NH_4)_2HPO_4$

تجزیه عنصری و استوکیومتری فرمولی

آسپرین (استیل سالیسیلیک اسید - ASA)

❖ آسپرین یکی از معروف ترین داروها در جهان است که به طور طبیعی در پوست درخت بید یافت می شود. مصرف آن سبب تسکین درد، تب و التهاب می شود. به تازگی ثابت شده است که مصرف آسپرین تپش های قلبی و احتمال وقوع سکته را کاهش می دهد. (آسپرین دارای یک عامل استری و کربوکسیل و متیل می باشد)

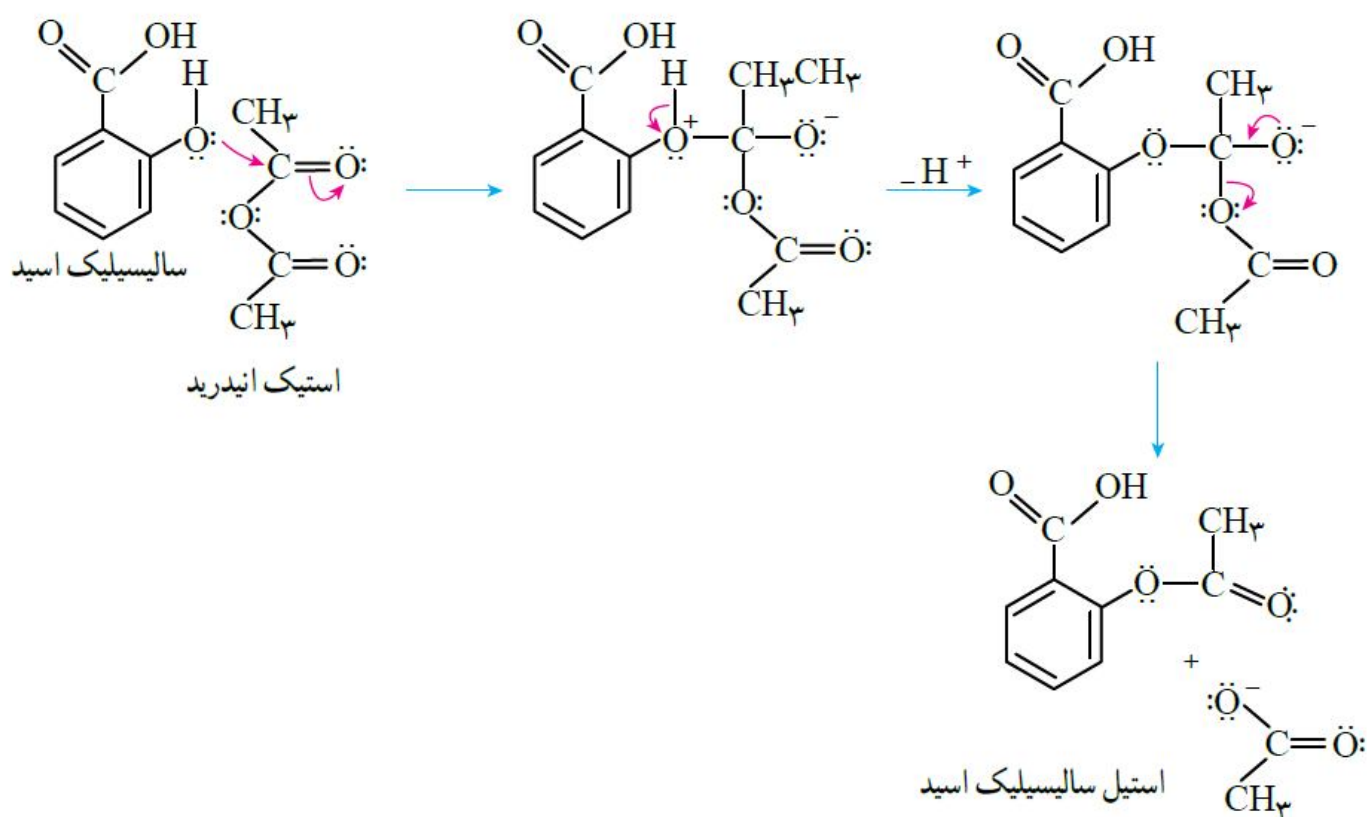
❖ مصرف آسپرین برای افرادی که به بیماری زخم معده مبتلا هستند توصیه نمی شود، زیرا آسپرین سبب خونریزی معده می شود.



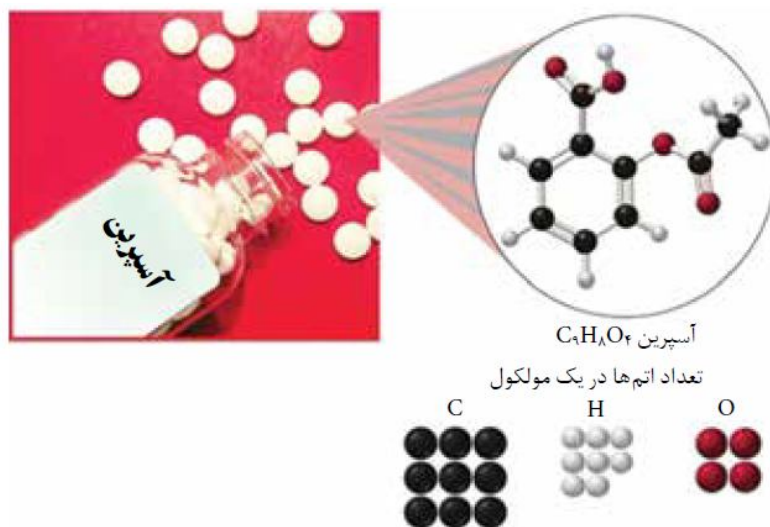
❖ آسپرین به طور طبیعی در پوست درخت بید یافت می شود؛ به طوری که مصرف محلولی از گرد پوست درخت بید، سبب کاهش تب و لرز در بیماران مبتلا به مالاریا می شود. این موضوع شیمی دان ها را تشویق کرد تا در پی یافتن فرمول مولکولی آسپرین باشند.

❖ از این رو، آنها با انجام واکنش های شیمیایی بر روی پوست درخت بید و با استفاده از استوکیومتری موفق شدند فرمول مولکولی آسپرین را کشف کنند. سپس با دانستن فرمول مولکولی آسپرین، توانستند آن را در آزمایشگاه از واکنش سالیسیلیک اسید با استیک انیدرید تولید کنند.

❖ سنتز استیل سالیسیلیک اسید



❖ مردم سراسر جهان، سالانه 50,000,000,000 قرص آسپرین، برای کاهش تب، التهاب، تپش های قلب و سکنه مصرف می کنند. در نتیجه شرکت های دارویی به شدت با یکدیگر رقابت می کنند تا روش های تولید آسپرین و داروهای دیگر را اصلاح کنند و با افزایش مقدار فرآورده، قیمت تمام شده داروها را کاهش دهند.



مدل مولکولی آسپرین و نسبت اتم های سازنده آن

❖ در هر مولکول آسپرین، 9 اتم کربن، 8 اتم هیدروژن و 4 اتم اکسیژن وجود دارد. در نتیجه هر مول آسپرین، 9 مول C، 8 مول H و 4 مول O دارد. به بیان دیگر اتم های C، H، O به نسبت مولی 9، 8، 4 است.

❖ بنابراین با دانستن نسبت های مولی عنصرهای سازنده در یک ماده می توان فرمول مولکولی آن را حدس زد.

❖ برای نمونه در فرمالدهید به ازای یک مول اتم کربن، 2 مول اتم هیدروژن و یک مول اتم اکسیژن وجود دارد. فرمول مولکولی فرمالدهید چیست؟

❖ در برخی موارد، دانستن نسبت مولی عنصرهای تشکیل دهنده یک ماده برای تعیین فرمول مولکولی آن کافی نیست و تنها فرمول تجربی آن را نشان می دهد.

❖ در ترکیب های یونی، فرمول تجربی با فرمول شیمیایی ترکیب یکسان است.

❖ در برخی موارد، دانستن نسبت مولی عنصرهای تشکیل دهنده یک ماده برای تعیین فرمول مولکولی آن کافی نیست و تنها فرمول تجربی آن را نشان می دهد.

$$n \text{ (جرم فرمول تجربی)} = \text{جرم فرمول مولکولی}$$

$$n \text{ (فرمول تجربی)} = \text{فرمول مولکولی}$$

❖ **تجزیه عنصری** روشی است که طی آن نوع عنصرهای تشکیل دهنده و درصد جرمی هریک از آنها در ترکیب شیمیایی یاد شده تعیین می شود.

$$100 \times \frac{\text{تعداد مولکول یا تعداد اتم}}{\text{جرم مولی ترکیب}} = \text{درصد جرمی}$$

❖ مثال: درصد جرمی سدیم، کربن و اکسیژن را در سدیم کربنات (Na_2CO_3) محاسبه کنید.

پاسخ: جرم مولی سدیم کربنات: $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2(23) + 12 + 3(16) = 106$

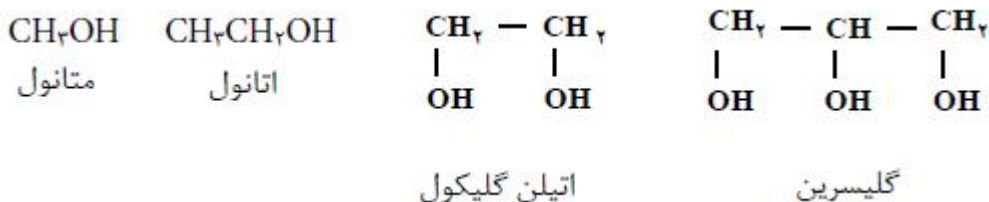
$$\% \text{Na} = \frac{2(23)}{106} \times 100 = 43.39\% \quad \% \text{C} = \frac{12}{106} \times 100 = 11.32\% \quad \% \text{O} = \frac{3(16)}{106} \times 100 = 45.28\%$$

❖ فرمول تجربی هر ترکیب شیمیایی از تجزیهٔ عنصری آن با انجام محاسبه های استوکیومتری به دست می آید.

❖ به طوری که می توان با استفاده از تجزیه عنصری، نوع عنصرهای سازنده و درصد جرمی آنها را به دست آورد. سپس با استفاده از این داده ها فرمول تجربی و فرمول مولکولی آن را تعیین کرد.

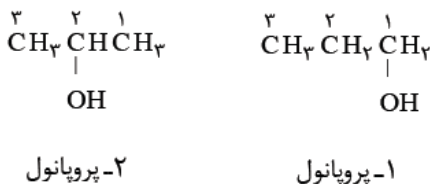
❖ شیمی دان ها جرم اتم ها و مولکول ها را با استفاده از دستگاه طیف سنج جرمی به دست می آورند.

❖ الکل ها دست های از ترکیب های آلی هستند که یک یا تعداد بیشتری گروه عاملی هیدروکسیل ($-\text{OH}$) روی زنجیر کربنی خود دارند. برخی الکل ها مانند **متانول** یک گروه OH دارند و مانند **اتیلن گلیکول** (1,2 اتان دی ال) و **گلیسرین** (۳,۲,۱ پروپان تری ال) به ترتیب دو و سه گروه عاملی هیدروکسیل دارند.



❖ **متانول** به **الکل چوب** معروف است و از گرم کردن چوب در غیاب اکسیژن تا دمای 400°C به دست می آید. در حالی که **اتانول**، **الکل میوه** نام دارد و در اثر تخمیر قندها و کربوهیدرات های موجود در میوه ها توسط آنزیم ها تولید می شود.

❖ الکل های راست زنجیر هم کربن را با مشخص کردن شمارهٔ اتم کربنی مشخص می کنند که گروه هیدروکسیل به آن متصل شده است. (در فرمول شیمیایی، زیروند 1 نوشته نمی شود).



تمرین :

تجزیه عنصری ۱- پروپانول نشان می دهد که این ترکیب آلی از ۶۰٪ کربن (C)، ۱۳/۴٪ هیدروژن (H) و ۲۶/۶٪ اکسیژن (O) تشکیل شده است. فرمول تجربی آن را به دست آورید.

پاسخ:

درصد جرمی عنصرهای سازنده نشان می دهد که در هر ۱۰۰ گرم از ۱- پروپانول ۶۰ گرم کربن، ۱۳/۴ گرم هیدروژن و ۲۶/۶ گرم اکسیژن وجود دارد؛

بنابراین:

$$\text{molC} = 60\% \text{ gC} \times \frac{1 \text{ molC}}{12\% \text{ gC}} = 5\% \text{ molC}$$

$$\text{molH} = 13/4\% \text{ gH} \times \frac{1 \text{ molH}}{1\% \text{ gH}} = 13/4\% \text{ molH}$$

$$\text{molO} = 26/6\% \text{ gO} \times \frac{1 \text{ molO}}{16\% \text{ gO}} = 1/7\% \text{ molO}$$

حال برای یافتن ساده ترین نسبت مولی عنصرها، تعداد مول هر عنصر را به تعداد مول عنصری که مقدار آن از همه کمتر است، تقسیم می کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \text{C: } \frac{5\% \text{ molC}}{1/7} = 2/9 \text{ molC} \\ \text{H: } \frac{13/4\% \text{ molH}}{1/7} = 7/9 \text{ molH} \\ \text{O: } \frac{1/7\% \text{ molO}}{1/7} = 1 \text{ molO} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_7\text{O}$$

❖ هنگام انجام محاسبه برای یافتن ساده ترین نسبت مولی عنصرها، عددهای نهایی به دست آمده را می توانید حداکثر تا تقریب

$$5.09 \approx 5$$

$$4.91 \approx 5$$

یک دهم گرد کنید، برای نمونه؛

تمرین :

1. یک ترکیب یونی که برای تولید شیشه های لوازم الکترونیکی به کار می رود، شامل 5 / 56 % پتاسیم، 9 / 8 % کربن و 6 / 34 % اکسیژن است. فرمول تجربی این ترکیب را به دست آورید.
2. ماده معطر و خوش طعم موجود در آناناس دارای 1 / 62 % کربن، 3 / 10 % هیدروژن، 6 / 27 % اکسیژن است. اگر جرم مولی آن برابر 116 گرم برمول باشد، فرمول مولکولی آن را به دست آورید.
3. تجزیه عنصری نمونه ای از یک ماده شیمیایی نشان داد که در این نمونه 4g / 12 کلسیم و 4 / 6 فسفر وجود دارد. فرمول تجربی ماده شیمیایی موجود در این نمونه چیست؟

نکات

- در محاسبه فرمول تجربی، زیروند فرمول شیمیایی را فقط تا ۸/۰ می توان گرد کرد.
- فرمول تجربی و مولکولی برخی از مواد با یکدیگر برابرند.
- برای ترکیب های یونی، فرمول مولکولی معنا ندارد.

❖ فرمول مولکولی و تجربی (Empirical and Molecular Formula)

❖ فرمول مولکولی مضربی از فرمول تجربی است؛ به طوری که اگر یک فرمول تجربی را در عددهای صحیح بزرگ تر یا مساوی یک ضرب کنید، فرمول هایی به دست می آیند که می توانند بیانگر فرمول مولکولی یک ماده باشند. برای مثال فرمول مولکولی آلکن ها برابر است با:

$$n \geq 2 \quad \text{فرمول مولکولی آلکن ها} = (\text{CH}_2) * n$$

❖ در جدول فرمول مولکولی، جرم مولی، کاربرد و ساختار چند ترکیب آلی اکسیژن دار با فرمول تجربی یکسان نشان داده شده است.

ویژگی چند ترکیب الی اکسیژن دار

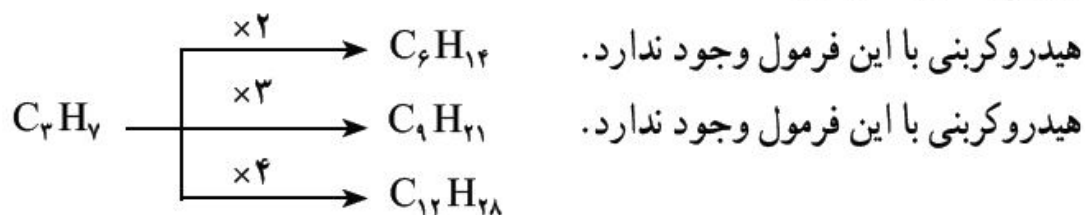
نام	ساختار	فرمول مولکولی	جرم مولی (گرم بر مول)	کاربرد یا عملکرد
فرمالدهید	۱	CH_2O	۳۰/۰۳	گندزدا
استیک اسید	۲	$(\text{CH}_2\text{O})_2$	۶۰/۰۵	سرکه، پلیمرهای استات
لاکتیک اسید	۳	$(\text{CH}_2\text{O})_3$	۹۰/۰۸	سبب ترش شدن شیر می شود، در ماهیچه ها تولید می شود.
ارتیروز	۴	$(\text{CH}_2\text{O})_4$	۱۲۰/۱۰	در متابولیسم شکر تولید می شود.
ریبوز	۵	$(\text{CH}_2\text{O})_5$	۱۵۰/۱۳	از اجزای نوکلئیک اسیدها و ویتامین B _۲ است.
گلوکز	۶	$(\text{CH}_2\text{O})_6$	۱۸۰/۱۶	ماده مغذی اصلی برای تولید انرژی در سلول است.



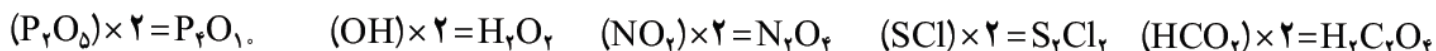
پرسش: فرمول تجربی هیدروکربنی برابر C_7H_v است. فرمول مولکولی آن را پیش بینی کنید.

پاسخ: اگر فرمول تجربی را در اعداد ۲، ۳ و ... ضرب کنیم، داریم:

فرمول آلکان شش کربنه است.



❖ در اغلب موارد، به هر فرمول تجربی تعداد محدودی فرمول مولکولی می توان نسبت داد.



بیشتر بدانید:

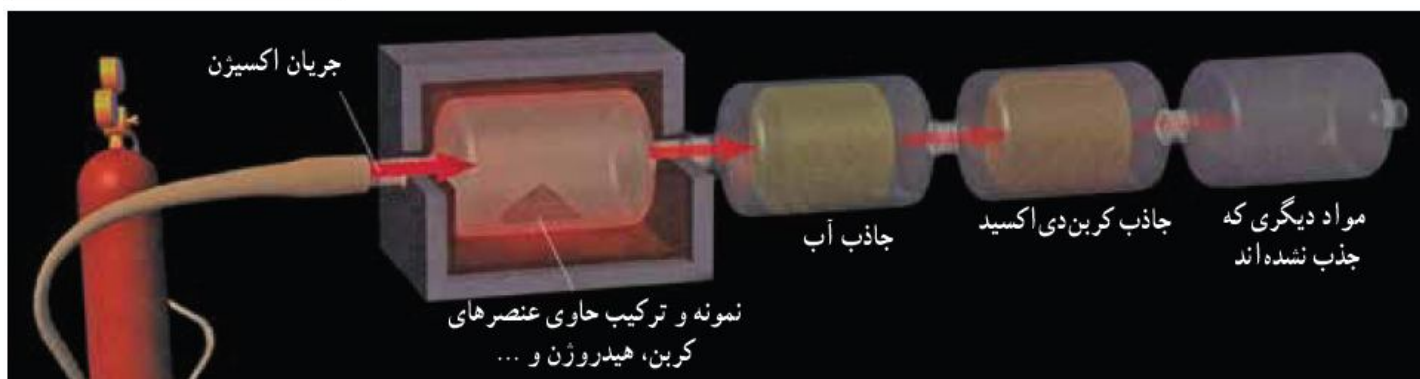
تجزیهٔ عنصری (Elemental Analysis) و فرمول تجربی هیدروکربن ها و ترکیب های آلی اکسیژن دار

- ❖ فرمول تجربی یک ماده را با استفاده از نسبت های جرمی یا مولی یا درصد جرمی عنصرهای سازنده آن تعیین می کنند.
- ❖ برای یافتن این کمیت ها، ماده مورد نظر (ماده مجهول) را با استفاده از روش های فیزیکی و شیمیایی به ترکیب های معلوم و معین تبدیل می کنند. سپس با محاسبه های کمی مقدار هریک از عنصرهای سازنده ماده را به دست می آورند. تجزیه عنصری نامی است که به این روش داده اند.

عدد اعشاری زیروند مولی	عدد
۰/۲۰	۵
۰/۲۵	۴
۰/۳۳	۳
۰/۴	۵
۰/۶۶	۳
۰/۷۵	۴
۰/۸	۵

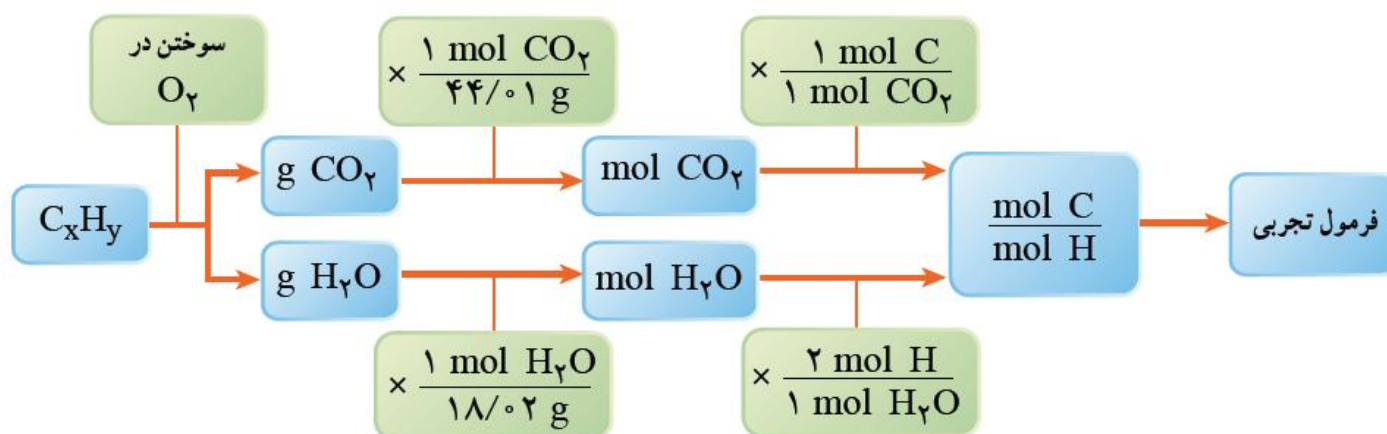
- ❖ به خاطر بسپارید در محاسبه فرمول تجربی فقط می توانید تا 0/1 گرد کنید. لذا اگر زیروندهای مولی دارای عددهای اعشاری زیر بودند، آنها را در عددهای زیر ضرب کنید تا به کوچک ترین عددهای صحیح تبدیل شوند.

- ❖ برای تجزیه عنصری هیدروکربن ها و ترکیب های آلی اکسیژن دار، آنها را با اکسیژن خالص در دستگاهی مانند شکل زیر می سوزانند؛ سپس جرم گاز کربن دی اکسید و بخار آب تولید شده را اندازه می گیرند و با استفاده از روابط استوکیومتری، جرم کربن و هیدروژن موجود در نمونه را به دست می آورند.



- ❖ برای نمونه فرض کنید 1 گرم از یک ترکیب آلی اکسیژن دار را با اکسیژن خالص سوزانده ایم و نتایج زیر به دست آمده است. با توجه به این نتایج، فرمول تجربی نمونه را بیابید.
- مجموع جرم های کربن و هیدروژن (گرم) - جرم نمونه (گرم) = جرم اکسیژن (گرم)

جرم ماده جاذب گاز CO_2 قبل از سوزاندن نمونه (گرم)	۸۳/۸۵
جرم ماده جاذب گاز CO_2 پس از سوزاندن نمونه (گرم)	۸۵/۳۵
جرم گاز CO_2 تولید شده (گرم)	$۸۵/۳۵ - ۸۳/۸۵ = ۱/۵۰$
جرم ماده جاذب بخار آب قبل از سوزاندن نمونه (گرم)	۳۷/۵۵
جرم ماده جاذب بخار آب پس از سوزاندن نمونه (گرم)	۳۷/۹۶
جرم بخار آب تولید شده (گرم)	$۳۷/۹۶ - ۳۷/۵۵ = ۰/۴۱$



پاسخ: نخست مول‌های C و H موجود در نمونه را حساب می‌کنیم.

$\Rightarrow$ تعداد مول‌های کربن موجود در نمونه $\equiv$ تعداد مول‌های CO_2 تولید شده

$$? \text{ mol C} = 1/50 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} = 0/34 \text{ mol C}$$

$$? \text{ mol H} = 0/41 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0/46 \text{ mol H}$$

پس جرم C و H موجود در نمونه را حساب می‌کنیم.

$$? \text{ g C} = 0/34 \text{ mol C} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 0/408 \text{ g C}$$

$$? \text{ g H} = 0/46 \text{ mol H} \times \frac{1 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 0/46 \text{ g H}$$

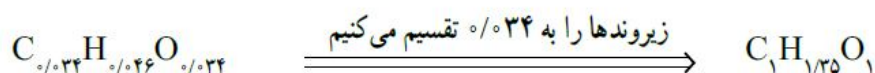
حال از روی رابطه زیر جرم، سپس مول اکسیژن موجود در نمونه را به دست می آوریم.

مجموع جرم های C و H (g) - جرم نمونه (گرم) = gO?

$$?gO = 1 - (0.46 + 0.48)g = 0.06gO$$

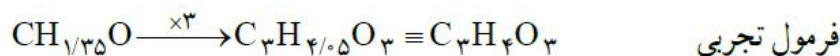
$$\Rightarrow ?molO = 0.06gO \times \frac{1molO}{16gO} = 0.00375molO$$

بنابراین فرمول تجربی برابر می شود با :



حال باید زیروندها را در عددی ضرب کنیم تا همه آنها به ساده ترین عددهای درست تبدیل

شوند. در نتیجه :



❖ برای تأمین غذای جمعیت رو به فزونی جهان، کشاورزان ناگزیرند فراورده های بیشتر و مغذی تری را تولید کنند، آنها هر سال،

صدها میلیون تن کود شیمیایی را به خاک می افزایند تا فراورده های با کیفیت بالاتری به دست آورند. گیاهان برای رشد مناسب،

افزون بر کربن دی اکسید و آب، به شش عنصر دیگر نیز نیاز دارند، این شش عنصر عبارت اند از **Mg.S.Ca.K.P.N**

❖ کودهای نیتروژن دار دارای نمک های نیترات (ترکیب های دارای یون NO_3^{-1}) (نمک های آمونیوم (ترکیب های دارای یون

NH_4^{+}) و ترکیب های دیگر است.

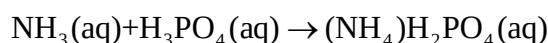
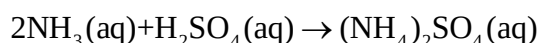
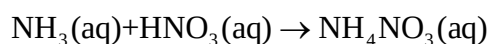
❖ گیاهان می توانند نیتروژن را به طور مستقیم به صورت نیترات از خاک جذب کنند؛ اما آمونیاک (NH_3) و نمک های آمونیوم

ابتدا باید به وسیله باکتری های خاک به نیترات ها تبدیل شوند. آمونیاک ماده اولیه کودهای نیتروژن دار است که از واکنش بین

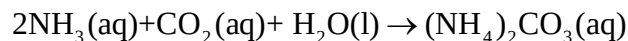


❖ همچنین، آمونیاک را می توان براساس واکنش های زیر به آمونیوم نیترات (NH_4NO_3)، آمونیوم سولفات ($(NH_4)_2SO_4$)

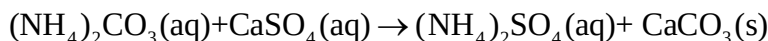
یا آمونیوم دی هیدروژن فسفات ($(NH_4)H_2PO_4$) تبدیل کرد.



❖ از واکنش دو مرحله ای زیر نیز به عنوان روش دیگری برای تهیه آمونیوم سولفات استفاده می شود:



مرحله اول :



مرحله دوم :

❖ برتری این روش نسبت به روش های دیگر آن است که مواد اولیه آن (گچ، کربن دی اکسید و آب) از سولفوریک اسید ارزان ترند.

❖ جدول زیر درصد جرمی نیتروژن را در برخی از کودهای شیمیایی متداول نشان می دهد.

درصد جرمی نیتروژن در پنج کود شیمیایی رایج

نام	فرمول شیمیایی	%N
آمونیاک	NH_3	۸۲/۴
آمونیم نیترات	NH_4NO_3	۳۵
آمونیم سولفات	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	۲۱/۲
آمونیم دی هیدروژن فسفات	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	۱۲/۲
اوره	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	۴۶/۷

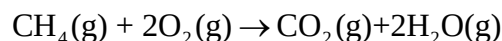
❖ برای انتخاب یک کود از میان چند کود شیمیایی چند عامل مؤثر است:

1. قیمت مواد اولیه لازم برای تهیه کود
2. آسانی انبار کردن، حمل و نقل و به کارگیری
3. درصد جرمی عنصر موردنظر
4. مناسب بودن ترکیب از نظر انحلال پذیری در آب یا آسانی جذب آن به وسیله گیاهان.

استوکیومتری واکنش

❖ یک معادله موازنه شده، رابطه کمی بین شمار ذره های واکنش دهنده ها و فراورده ها را نشان می دهد. واکنش سوختن کامل

گاز متان را در نظر بگیرید:

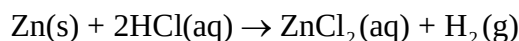


❖ این معادله نشان می دهد که برای سوختن کامل هر مولکول متان، به دو مولکول اکسیژن نیاز است، طی این واکنش یک مولکول کربن دی اکسید و دو مولکول آب نیز تولید می شود. به همین ترتیب می توان گفت به ازای هر مول متان به دو مول اکسیژن نیاز است و در اثر انجام واکنش یک مول کربن دی اکسید و دو مول آب تولید می شود.

❖ با توجه به معادله واکنش سوختن کامل متان، جدول نسبت های مولی زیر را کامل کنید:

$$\begin{aligned} \text{نسبت مولی اکسیژن به متان} &= \frac{2 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol CH}_4} = 2 \\ \text{نسبت مولی کربن دی اکسید به متان} &= \underline{\hspace{2cm}} \\ \text{نسبت مولی آب به کربن دی اکسید} &= \underline{\hspace{2cm}} \\ \text{نسبت مولی متان به آب} &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

تمرین: فلز روی با هیدروکلریک اسید به صورت زیر واکنش می دهد.



آ) از واکنش 0/2 مول فلز روی با هیدروکلریک اسید، چند مول گاز هیدروژن تولید می شود؟

ب) برای تولید 0/3 مول روی کلرید به چند مول هیدروکلریک اسید نیاز است؟

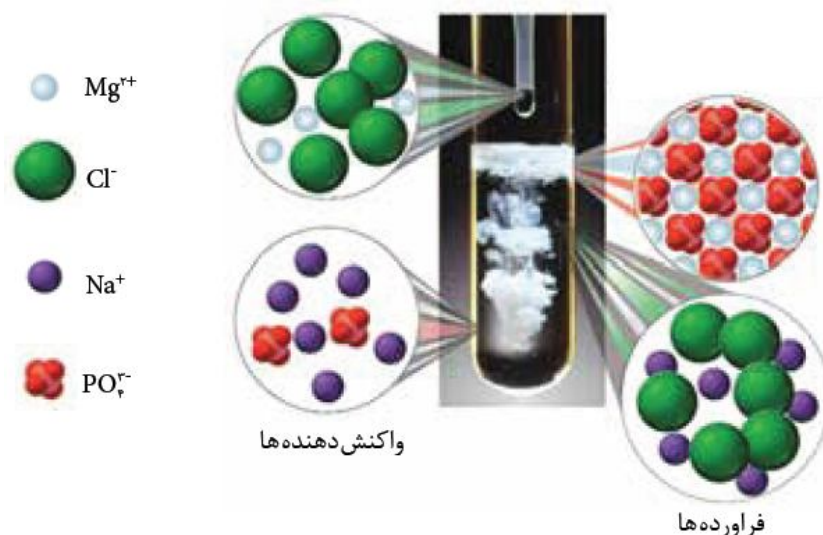
پاسخ قسمت آ:

$$? \text{ mol H}_2 = \underbrace{0/2 \text{ mol Zn}}_{\text{تعداد مول ماده داده شده}} \times \underbrace{\frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0/2 \text{ mol H}_2}_{\text{تعداد مول ماده خواسته شده}}$$

پاسخ قسمت ب:

$$? \text{ mol HCl} = \underbrace{0/3 \text{ mol ZnCl}_2}_{\text{تعداد مول ماده داده شده}} \times \underbrace{\frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol ZnCl}_2}}_{\text{نسبت مولی}} = \underbrace{0/6 \text{ mol HCl}}_{\text{تعداد مول ماده خواسته شده}}$$

تمرین: با توجه به شکل زیر، معادله واکنش شیمیایی انجام شده را بنویسید و موازنه کنید.



ب) از واکنش 0/5 مول سدیم فسفات با منیزیم کلرید کافی، چند مول منیزیم فسفات جامد تولید می شود؟

مثال: از واکنش 17/0 گرم نقره نیترات با مقدار کافی محلول سدیم کلرید چند گرم نقره کلرید به دست می آید؟

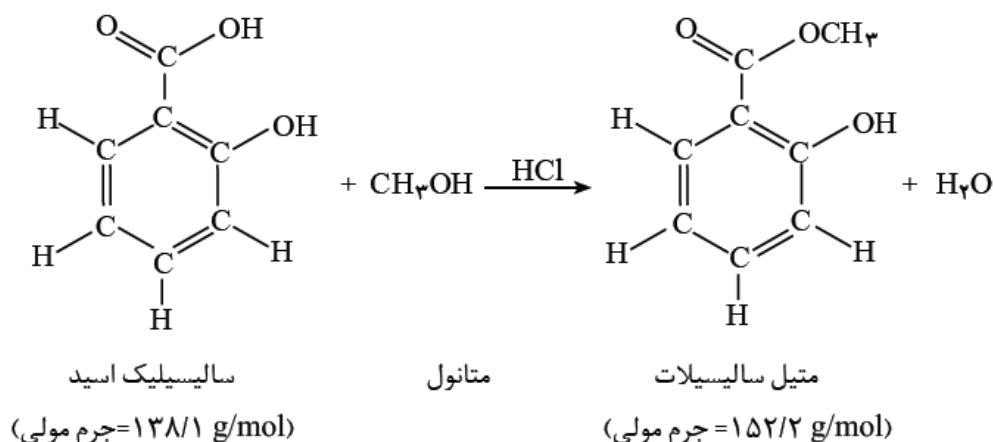


$$? \text{ mol AgNO}_3 = 17/0 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{170 \text{ g AgNO}_3} = 0/100 \text{ mol AgNO}_3$$

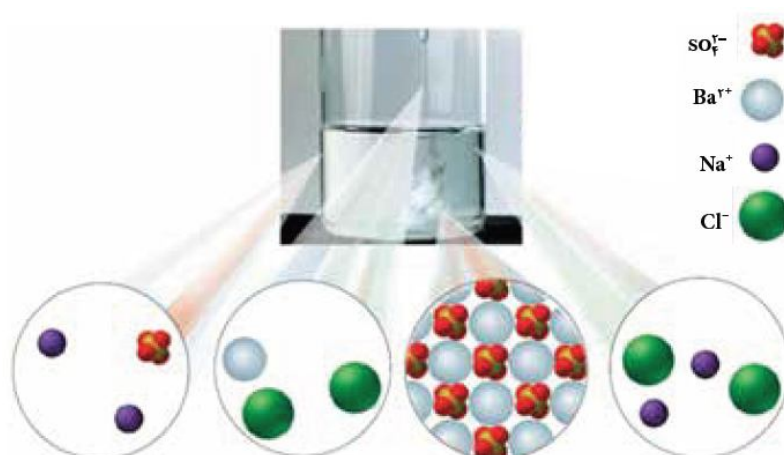
$$? \text{ mol AgCl} = 0/100 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol AgNO}_3} = 0/100 \text{ mol AgCl}$$

$$? \text{ g AgCl} = 0/100 \text{ mol AgCl} \times \frac{143/5 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 14/4 \text{ g AgCl}$$

❖ **متیل سالیسیلات** به عنوان طعم دهنده در مواد غذایی و دارویی، استفاده می شود این ماده از واکنش **متانول** با **سالیسیلیک اسید** به دست می آید:



تمرین : شکل زیر واکنش بین محلول های سدیم سولفات و باریم کلرید را نشان می دهد.
 آ (معادله واکنش شیمیایی را بنویسید و موازنه کنید.



ب) از واکنش 104/1 گرم از باریم کلرید با مقدار اضافی از سدیم سولفات، چند گرم باریم سولفات رسوب می دهد؟

درصد خلوص مواد

❖ در صنعت و آزمایشگاه نیز، اغلب واکنش دهنده ها ناخالص اند، به بیان دیگر، افزون بر ماده شیمیایی مورد نظر، برخی ترکیب های دیگر نیز در آنها وجود دارند.

❖ برای نمونه، سدیم کلرید (نمک خوراکی) در طبیعت به صورت کائو هالیت یافت می شود، به طوری که در هر 200 گرم از این نمونه، 195 گرم سدیم کلرید وجود دارد. 5 گرم باقی مانده برای این کانه، ناخالصی به شمار می رود.

❖ کانهٔ هالیت، یک نمونه ناخالص از سدیم کلرید است.



(ب) نمک خوراکی



(آ) کانهٔ هالیت

❖ شیمی دان ها برای بیان میزان خلوص یک نمونه، از درصد خلوص استفاده می کنند.

❖ بنابراین، در حین کار در آزمایشگاه و صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک مادهٔ خالص، همواره باید مقدار بیشتری از مادهٔ ناخالص در دسترس را به کار برد.

❖ با استفاده از رابطهٔ درصد خلوص و محاسبات کمی، می توان مقادیر مورد نیاز از مادهٔ ناخالص را به دست آورد.

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

● در رابطهٔ درصد خلوص یکای صورت و مخرج کسر یکسان است.

❖ یکی از روش های تولید گاز کلر در آزمایشگاه، واکنش دادن هیدروکلریک اسید با منگنز اکسید (IV) اکسید با خلوص 90% نیاز است؟ فرض کنید که این ناخالصی ها بی اثرند و در واکنش شرکت نمی کنند.

پاسخ: ابتدا باید جرم منگنز (IV) اکسید با خلوص مورد نیاز را محاسبه کرد، سپس با استفاده از درصد خلوص، جرم منگنز اکسید نا خلوص را به دست آورد.

$$? \text{mol Cl}_2 = 20.0 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70.9 \text{ g Cl}_2} = 0.282 \text{ mol Cl}_2$$

$$? \text{mol MnO}_2 = 0.282 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 0.282 \text{ mol MnO}_2$$

$$\text{جرم MnO}_2 \text{ خالص مورد نیاز} = 0.282 \text{ mol MnO}_2 \times \frac{86.9 \text{ g MnO}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} = 24.5 \text{ g MnO}_2$$

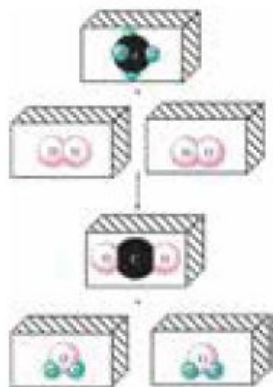
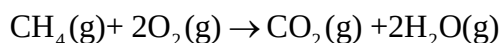
$$\text{نمونه ناخالص MnO}_2 = 24.5 \text{ g MnO}_2 \times \frac{100 \text{ g ناخالص}}{90 \text{ g MnO}_2} = 27.2 \text{ g ناخالص}$$

روابط حجمی گازها در محاسبه های استوکیومتری



ژوزف گی لوساک
(۱۷۷۸ - ۱۸۵۰)

- ❖ محاسبه های حجمی در گازها بر پایه کارهای ژوزف لویی گی لوساک شیمیدان و فیزیکدان فرانسوی بنا شده است. نتایج آزمایش های او به معرفی قانون نسبت های ترکیبی منجر شد. برطبق این قانون:
- ❖ در دما و فشار ثابت، گازها با نسبت های حجمی معینی با هم واکنش می دهند.
- ❖ این نسبت ها به طور مستقیم با نسبت ضریب های آنها در معادله موازنه شده واکنش متناسب است.
- ❖ برای مثال، واکنش سوختن کامل متان را در نظر بگیرید.



- ❖ اگر همه مواد شرکت کننده در واکنش در حالت گازی و در فشار و دمای یکسانی قرار داشته باشند، می توان گفت که یک حجم گاز CH_4 با دو حجم گاز O_2 واکنش می دهد و یک حجم گاز CO_2 و دو حجم گاز H_2O تشکیل می شود.

معادله حجمی ترکیب شدن متان و اکسیژن.

هر مکعب ۱ از آن گاز را نشان می دهد.

قانون آووگادرو

❖ در فشار و دمای یکسان، یک مول از گازهای مختلف حجم ثابت و برابری دارند.

❖ این همان نتیجه ای است که نخستین بار آووگادرو در سال 1811 به آن دست یافت. فرضیه ای که بعدها به قانون آووگادرو معروف شد.

❖ همان گونه که می دانید حجم گازها تابعی از فشار و دمای آنها است. از این رو معمولاً حجم گازها را در دمای 0°C (273 K) و فشار 1 اتمسفر (760 mmHg) بیان می کنند.

❖ در این شرایط که به شرایط استاندارد (STP) معروف است، هر مول گاز، حجمی برابر 22.4 L را اشغال می کند. این مقدار را حجم مولی گازها در شرایط STP می نامند.



حجم مولی چند گاز در شرایط استاندارد

برخی ویژگی های چند نمونه گاز در STP

مثال	۱	۲	۳	۴	۵
گاز	H_2	Ne	CO_2	O_2	He
ظرف محتوی گاز					
مول (mol)	0.25	0.25	0.50	0.50	1.0
حجم (L)	5.6	5.6	11.2	11.2	22.4
جرم (g)	0.50	5.0	22.0	16.0	4.0

❖ در حل بعضی مسائل استوکیومتری مربوط به گازها می توان با استفاده از قانون نسبت های حجمی، ضریب تبدیل حجمی حجمی مناسب را از روی معادله موازنه شده واکنش پیدا کرد.

● از نسبت های حجمی – حجمی تنها برای مواد شرکت کننده گازی استفاده می شود و به کار بردن آنها برای مواد شرکت کننده در حالت های جامد، محلول یا مایع درست نیست.

❖ حجم اکسیژن مورد نیاز و نیز حجم های CO_2 و H_2O تولید شده در هنگام سوختن کامل $1/5$ لیتر گاز اتان C_2H_6 را محاسبه کنید.



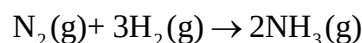
پاسخ:

$$\text{حجم مورد نیاز } \text{O}_2 = 1/5 \cdot \text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{7\text{L O}_2}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 5/25 \text{L O}_2$$

$$\text{حجم CO}_2 \text{ تولید شده} = 1/5 \cdot \text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{4\text{L CO}_2}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 3/50 \text{L CO}_2$$

$$\text{حجم H}_2\text{O} \text{ تولید شده} = 1/5 \cdot \text{L C}_2\text{H}_6 \times \frac{6\text{L H}_2\text{O}}{2\text{L C}_2\text{H}_6} = 4/50 \text{L H}_2\text{O}$$

تمرین: گازهای نیتروژن با هیدروژن طبق معادله زیر واکنش می دهد و گاز آمونیاک تولید می کند:

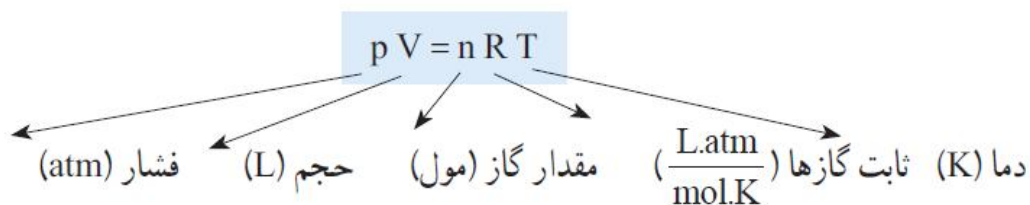


در دما و فشار ثابت برای واکنش کامل 10L نیتروژن، به چند لیتر هیدروژن نیاز است؟ در این شرایط چند لیتر گاز آمونیاک به دست می آید؟

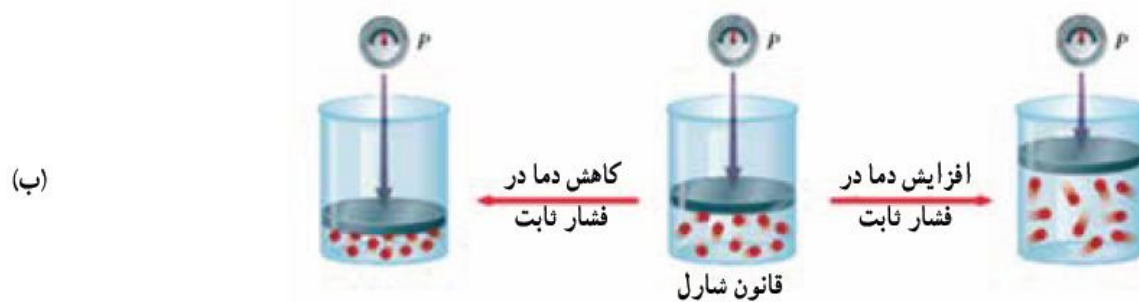
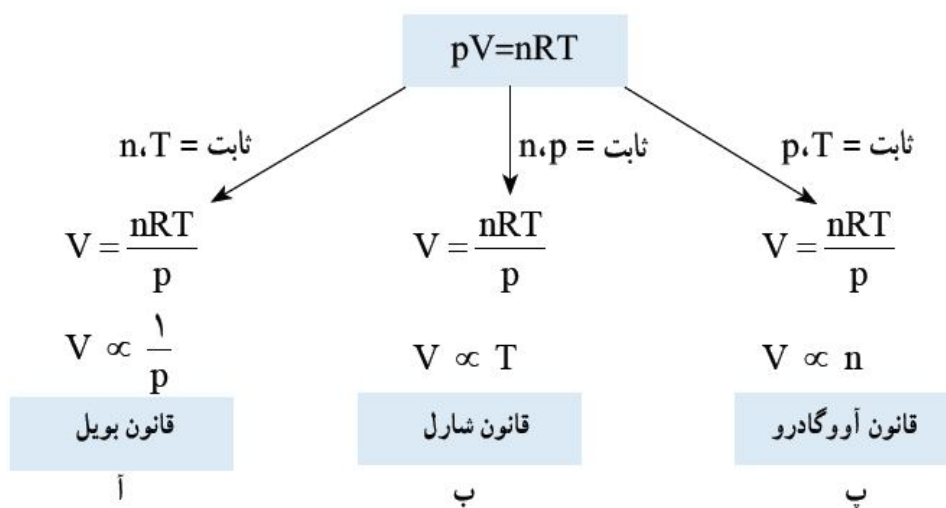
قانون گازها

❖ گاز ایده آل، گازی است که بین ذره های آن هیچ برهم کنشی وجود ندارد. با اینکه هیچ گاز ایده آلی وجود ندارد؛ اما برخی گازهای حقیقی در فشار 1atm و دمای نزدیک به دمای اتاق شبیه گاز ایده آل رفتار می کنند.

❖ رابطه $PV=nRT$ به **قانون گازهای ایده آل** (کامل) معروف است و رفتار یک گاز را می توان با استفاده از رابطه صفحه بعد توضیح داد.

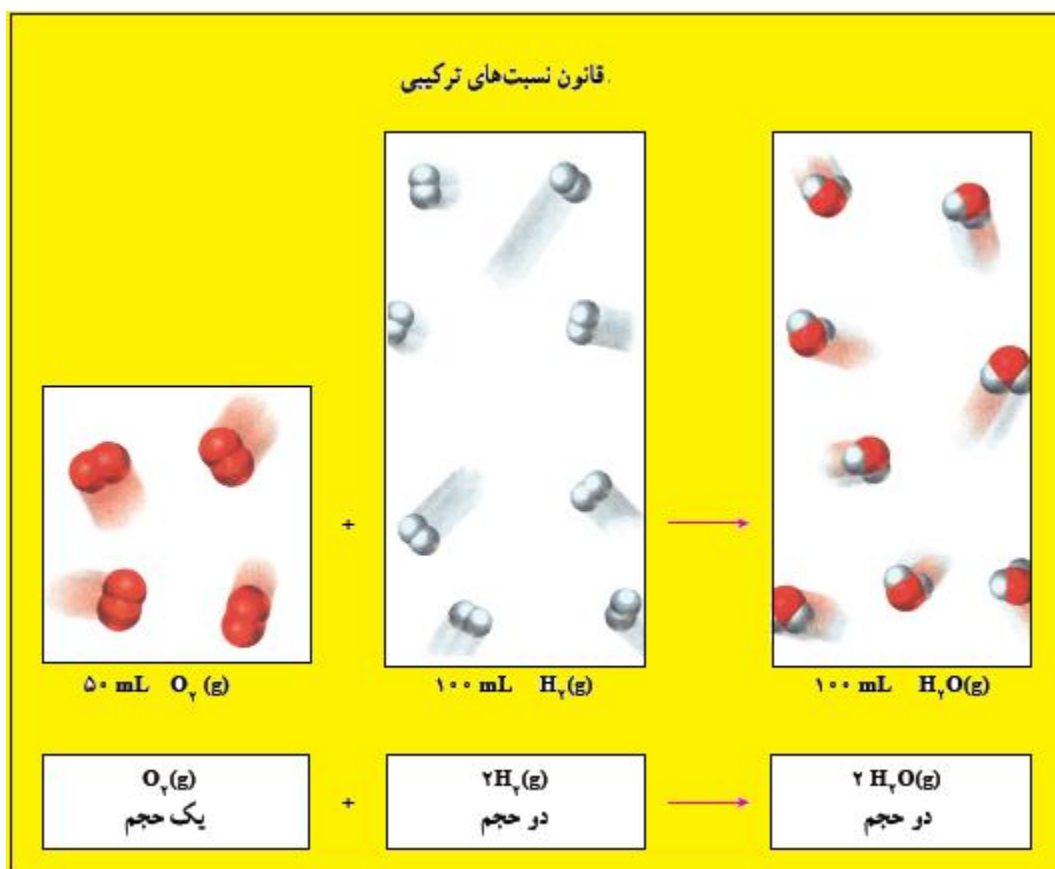


❖ در واقع این قانون، ترکیبی از سه قانون **بویل**، **شارل** و **آووگادرو** است.



قانون نسبت های ترکیبی (Law of Combining Volumes)

❖ در اواخر قرن نوزدهم، دانشمندی فرانسوی به نام گی لوساک (1778-1850 میلادی) با مطالعه واکنش های شیمیایی پی برد هنگامی که گازهای مختلف در دما و فشار ثابت با یکدیگر واکنش می دهند، **نسبت حجم گازهایی که با هم واکنش می دهند با کوچک ترین نسبت دو عدد صحیح** مشخص می شود. برای نمونه، وقتی گازهای هیدروژن و اکسیژن در دما و فشار ثابت واکنش می دهند، نسبت حجم گاز هیدروژن واکنش داده به حجم گاز اکسیژن واکنش داده، 2 به 1 است



❖ این مشاهده ها به قانون نسبت های ترکیبی یا حجم های ترکیبی گازها شناخته می شود که توسط گی لوساک، ارائه شد. طبق این قانون، در دما و فشار ثابت نسبت های حجمی مواد شرکت کننده گازی در یک واکنش با نسبت های مولی آنها برابر است.

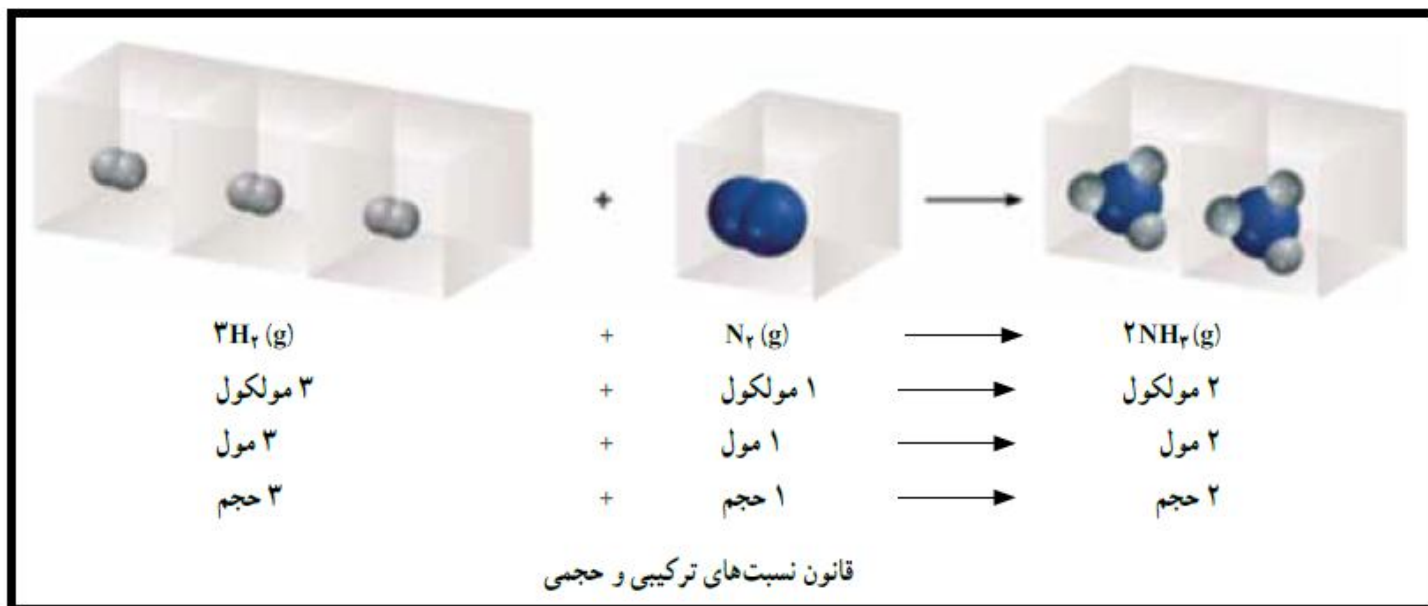
قانون آووگادرو (Avogadro's La)

❖ اندکی پس از ارائه قانون نسبت های ترکیبی توسط گی لوساک، دانشمندی ایتالیایی به نام آمدئو آووگادرو (1776 1856)

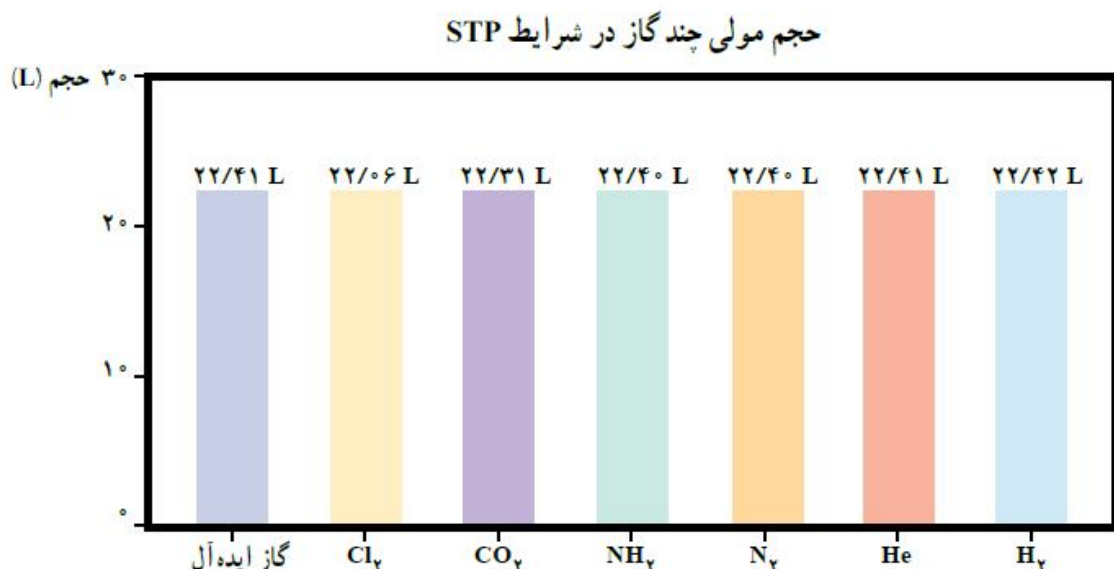
اعلام کرد که «حجم های مساوی از گازهای مختلف در دما و فشار ثابت، تعداد مولکول های برابر دارند». بنابراین، اگر مولکول های واکنش دهنده به نسبت 1:1 واکنش دهند، نسبت حجم هایی که آنها با هم واکنش می دهند نیز 1:1 خواهد بود. سپس این گونه نتیجه گرفت که در دما و فشار ثابت، حجم گازها با تعداد ذره های آن متناسب است و به نوع ذره ها ارتباطی ندارد. ($v \propto n$)

اگر در رابطه $PV=nRT$ مقدار هریک از کمیت ها را در شرایط STP و n را برابر یک مول در نظر بگیریم، آنگاه حجم مولی گاز ایده آل به دست می آید:

$$PV = nRT \xrightarrow[n=1]{\substack{P=1atm \\ T=273k \\ R=0.08206}} V = 22.41L$$

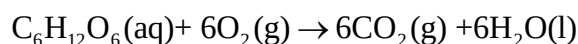


❖ در نمودار زیر حجم مولی اندازه گیری شده برای چند گاز در شرایط STP نشان داده شده است. همان طور که می بینید، حجم گازهای حقیقی با گاز ایده آل اختلاف زیادی ندارد. در واقع برخی گازهای حقیقی در دمای اتاق و فشار 1 atm، شبیه به گاز ایده آل رفتار می کنند؛ اما در فشارهای بالا و دماهای پایین گازهای حقیقی مطابق گاز ایده آل رفتار نمی کنند.



❖ در حل برخی دیگر از مسائل استوکیومتری گازها، می توان با استفاده از حجم مولی، ضرایب تبدیل مولی حجمی مناسب را به دست آورد و از روی آن مقدار ماده مورد نظر را محاسبه کرد.

مثال: بدن انسان در هر شبانه روز به طور متوسط 445g گلوکوز مصرف می کند. در این مدت هر انسان به طور متوسط در شرایط استاندارد به چند لیتر گاز اکسیژن برای اکسایش گلوکز نیاز دارد؟



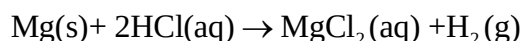
پاسخ: ابتدا تعداد مول های گلوکز را از روی جرم مولی آن ($180.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) حساب می کنیم:

$$n_{\text{mol } C_6H_{12}O_6} = \frac{445 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{180.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{1} = 2.47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

حال با استفاده از ضرایب معادله موازنه شده واکنش و حجم مولی گازها ($22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$) حجم گاز اکسیژن مورد نیاز را حساب می کنیم.

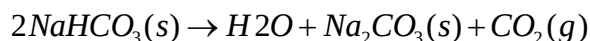
$$\text{حجم مورد نیاز } O_2 = 2.47 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{22.4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 332 \text{ L } O_2$$

تمرین: در شرایط استاندارد چند لیتر گاز H_2 از واکنش 4/8 گرم منیزیم با مقدار اضافی هیدروکلریک اسید تولید می شود؟



❖ در مواردی که واکنش در شرایطی غیر از STP انجام می شود با استفاده از چگالی گازها ، مقدار جرم آنها را به حجم یا برعکس تبدیل کرد

❖ مثال : سدیم هیدروژن کربنات مطابق واکنش زیر در اثر گرما تجزیه می شود .



❖ از گرم کردن 1/5 g سدیم هیدروژن کربنات چند میلی لیتر گاز CO_2 آزاد می شود ؟

در دمای واکنش چگالی CO_2 ، $1/1 \text{ g.L}^{-1}$ است .

پاسخ : ابتدا تعداد مول های سدیم هیدروژن کربنات را با استفاده از جرم مولی آن ($84/0 \text{ g.mol}^{-1}$) حساب می کنیم .

$$\begin{aligned} \text{NaHCO}_3 \text{ های مول} &= \frac{1/5 \text{ g NaHCO}_3}{84/0 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{1} \\ &= 1/79 \times 10^{-2} \text{ mol NaHCO}_3 \end{aligned}$$

سپس تعداد مول های CO_2 تولید شده را از روی نسبت مولی به دست آمده از معادله موازنه شده محاسبه کرده ، با استفاده از جرم مولی ، تعداد مول را به جرم تبدیل می کنیم :

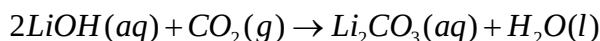
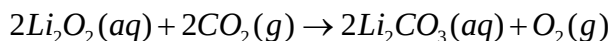
$$\begin{aligned} ? \text{ g CO}_2 &= 1/79 \times 10^{-2} \text{ mol NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{44/0 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \\ &= 0/393 \text{ g CO}_2 \end{aligned}$$

جرم CO_2 تولید شده را با استفاده از چگالی آن به حجم تبدیل میکنیم :

$$\begin{aligned} ? \text{ mL CO}_2 &= 0/393 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ L CO}_2}{1/1 \text{ g CO}_2} \times \frac{1000 \text{ mL CO}_2}{1 \text{ L CO}_2} \\ &= 357 \text{ mL CO}_2 \end{aligned}$$

❖ برای تصفیه هوای درون فضاییما ها مطابق واکنش های زیر از تاثیر کربن دی اکسید بر لیتیم پراکسید (Li_2O_2) یا لیتیم

هیدروکسید (LiOH) استفاده می شود :





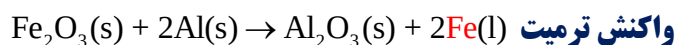
یک فضاورد در حال تعویض قوطی‌های تصفیه هوای فضا پیما است.

تمرین : هر فضاورد در شبانه روز به طور متوسط 20 مول CO_2 تولید می کند .
 آ) اگر از واکنش اول برای تصفیه هوا استفاده شود و در این واکنش همه کربن دی اکسید تولید شده به مصرف برسد، مقدار اکسیژن تولید شده در یک شبانه روز چند لیتر خواهد بود؟ (چگالی اکسیژن را $1/4\text{g.L}^{-1}$ در نظر بگیرید.)

ب) به نظر شما استفاده از کدام واکنش برای تصفیه هوای درون فضاپیما مناسب تر است؟

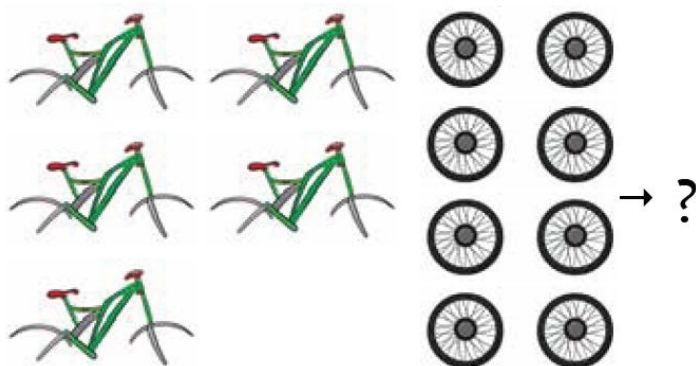


تمرین : در واکنش آلومینیم با آهن (III) اکسید، آهن مذاب تولید می شود. از آهن مذاب تولید شده برای جوشکاری استفاده می کنند. حساب کنید برای تولید 279 گرم آهن، چند گرم آلومینیم با درصد خلوص 80 درصد لازم است تا با مقدار کافی از آهن (III) اکسید واکنش بدهد؟



از واکنش ترمیت برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می شود.

واکنش دهنده محدود کننده



❖ همان طور که می دانید برای تولید هر دوچرخه به یک عدد بدنه و دو حلقه چرخ نیاز است. حال اگر 8 حلقه چرخ و 5 عدد بدنه در اختیار داشته باشید، چند عدد دوچرخه می توانید بسازید؟

❖ برای ساختن دوچرخه پنجم، به دو حلقه چرخ دیگر نیاز داریم. به بیان دیگر در این مثال تعداد دوچرخه های تولید شده، به تعداد بدنه های موجود بستگی ندارد؛ بلکه به تعداد چرخ ها بستگی دارد.

❖ در واکنش های شیمیایی نیز چنین است. برای نمونه، در واکنش سوختن هیدروژن همواره 2 مول گاز هیدروژن با 1 مول گاز اکسیژن به طور کامل ترکیب می شود. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

❖ حال اگر در یک آزمایش، 2 مول هیدروژن را با 2 مول اکسیژن واکنش دهیم، انتظار دارید که کدام یک از واکنش دهنده ها به طور کامل مصرف شوند؟



به واکنش دهنده ای که به طور کامل مصرف می شود، واکنش دهنده محدودکننده می گویند؛ بنابراین در آزمایش بالا، گاز H_2 محدودکننده است.

هر چند نسبت های مولی مواد در واکنش های شیمیایی از **قانون پایستگی جرم** به دست می آید؛ اما، در آزمایشگاه و صنعت می توانیم به **طور اختیاری** مقدار یکی از واکنش دهنده ها را **کمتر از مقدار استوکیومتری** آن به کار ببریم تا از مصرف کامل آن اطمینان حاصل کنیم.

انتخاب محدود کننده در صنعت به عوامل متعددی مانند قیمت، سهولت کاربرد و... بستگی دارد.

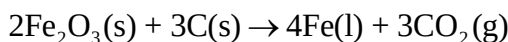
مقدار فراورده تولید شده به مقدار محدودکننده بستگی دارد.

در یک واکنش شیمیایی که دارای چندین واکنش دهنده است، معمولاً یکی از واکنش دهنده ها به مقدار کمتری از مقدار استوکیومتری وجود دارد و زودتر به مصرف میرسد و پیشرفت واکنش را با محدودیت روبه رو میکند و معمولاً ماده ی گرانبه تر میباشد، این ماده را واکنش دهنده ی محدودکننده می نامند.

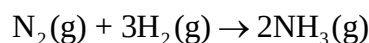
واکنش دهنده ای که مقدار آن زیاد است و در پایان واکنش مقداری از آن اضافی باقی می ماند و در صنعت ماده ی ارزان قیمت تر است واکنش دهنده ی اضافی نامیده میشود.

هر گاه مقدار چند واکنش دهنده داده شود و مقدار فراورده را بخواهند، معمولاً یکی از واکنشدهنده ها محدودکننده و بقیه اضافی می باشند که باید مسئله بر اساس مقدار واکنشده ندهی محدودکننده حل شود

برای نمونه، برای تولید 400 مول آهن از سنگ معدن آن، می توان 200 مول Fe_2O_3 را با 300 مول C واکنش داد، اما از آن جا که کربن ارزان تر است و جداسازی تمام آهن از سنگ معدن آن اهمیت فراوانی دارد، مقدار کربن را بیشتر از 300 مول (برای نمونه 330 مول) به کار می برند. این رو در این واکنش، Fe_2O_3 محدودکننده است و تمام آن مصرف می شود.



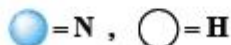
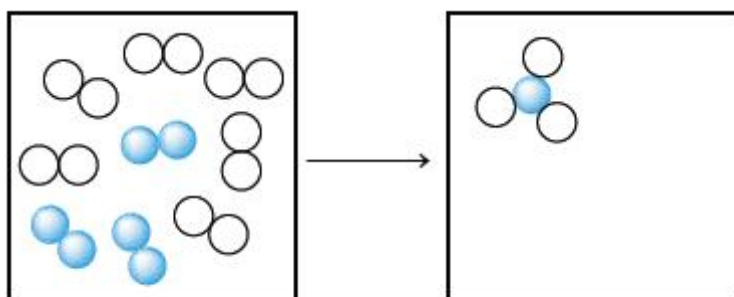
❖ تمرین: آمونیاک را می توان از واکنش گاز H_2 با گاز N_2 به صورت زیر به دست آورد:



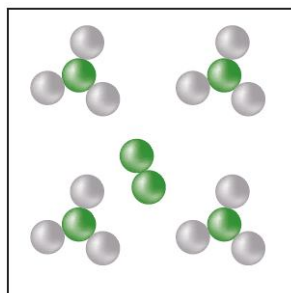
هرگاه مقداری از این دو گاز را مطابق شکل روبه رو در یک ظرف دربسته بریزیم و اجازه بدهیم با یکدیگر واکنش دهند:

(آ) تعداد مولکول های فراورده را تعیین و شکل سمت راست را کامل کنید.

(ب) کدام واکنش دهنده، محدودکننده است؟

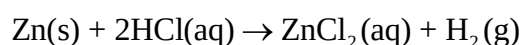


پاسخ : الف :
(ب) گاز نیتروژن.

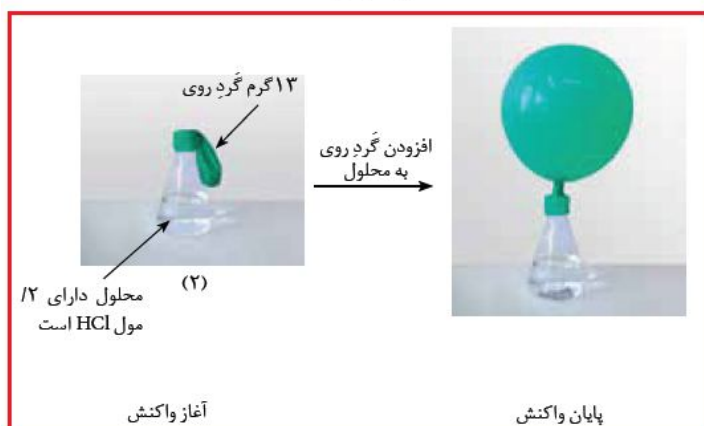


تمرین 2 :

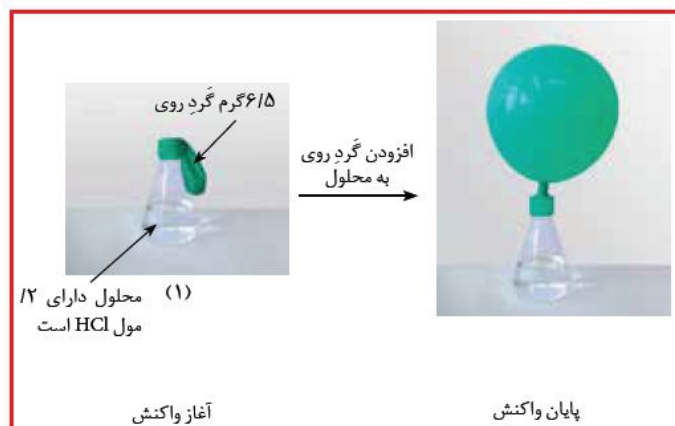
❖ شکل های زیر، واکنش گرد فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید را در دو آزمایش متفاوت نشان می دهد (دمای 25 است)



آزمایش دوم



آزمایش اول

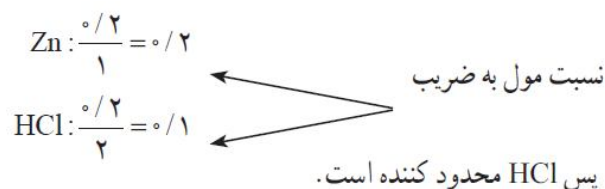


(آ) با بررسی شکل ها و بدون محاسبه توضیح دهید، چرا حجم گاز تولید شده در دو آزمایش برابر است؟

(ب) با محاسبه تعداد مول های روی و با استفاده از ضرایب استوکیومتری، مشخص کنید که در آزمایش دوم کدام واکنش دهنده، محدودکننده است؟

پاسخ : (آ) HCl محدود کننده است؛ زیرا با تغییر مقدار Zn، حجم فراورده تولید شده تغییر نکرده است و چون تعداد مول های محدود کننده در هر دو آزمایش برابر است، حجم گاز تولید شده نیز باید برابر باشد.
(ب) در آزمایش 1:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol Zn} &= 13 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65 \text{ g Zn}} = 0.2 \text{ mol Zn} \\ \text{mol HCl} &= 0.2 \text{ mol} \end{aligned}$$

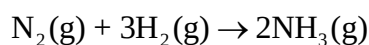


❖ برای تشخیص واکنش دهنده محدودکننده در مسائل، می توان به شیوه های گوناگونی عمل کرد. یکی از این روش هایی را که طی دو مرحله به اجرا درمی آید با هم بررسی می کنیم.

❖ **گام نخست:** جرم یا حجم واکنش دهنده ها را به تعداد مول آنها تبدیل کنید.

❖ **گام دوم:** تعداد مول هر یک از واکنش دهنده ها را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. سپس، هر واکنش دهنده ای که این (نسبت) برای آن عدد کوچک تری باشد، محدود کننده است.

❖ برای تولید آمونیاک، 25 Kg نیتروژن و هیدروژن 5 Kg هیدروژن با یکدیگر مخلوط شده، واکنش می دهند. در این فرایند (آ) واکنش دهنده محدودکننده کدام است؟ (ب) چه مقدار آمونیاک به دست می آید؟



❖ پاسخ:

❖ **گام نخست:** تبدیل جرم واکنش دهنده ها به مول

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های نیتروژن} &= \cancel{25 / 0 \text{ kg N}_2} \times \frac{\cancel{10^3 \text{ g N}_2}}{\cancel{1 \text{ kg N}_2}} \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{\cancel{28 / 0 \text{ g N}_2}} \\ &= 8 / 93 \times 10^2 \text{ mol N}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{تعداد مول های هیدروژن} &= \cancel{5 / 0 \text{ kg H}_2} \times \frac{\cancel{10^3 \text{ g H}_2}}{\cancel{1 \text{ kg H}_2}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{\cancel{2 / 0 \text{ g H}_2}} \\ &= 2 / 48 \times 10^3 \text{ mol H}_2 \end{aligned}$$

❖ **گام دوم:** انتخاب واکنش دهنده محدودکننده

مول ماده	→	N ₂ : $\frac{8 / 93 \times 10^2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 8 / 93 \times 10^2$
ضریب ماده	→	H ₂ : $\frac{2 / 48 \times 10^3 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 8 / 27 \times 10^2$

بنابراین H₂ محدود کننده است

❖ **گام سوم:** اکنون مقدار آمونیاک را با استفاده از واکنش دهنده محدودکننده یعنی محاسبه می کنیم.

$$\text{جرم آمونیاک} = 2/48 \times 10^3 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{17/03 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} \\ \times \frac{1 \text{ kg } NH_3}{10^3 \text{ g } NH_3} = 28/2 \text{ kg } NH_3$$

تمرین :

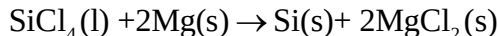
❖ 1. متانول (CH_3OH) به عنوان یک حلال و واکنش دهنده مناسب برای تولید بسیاری از مواد شیمیایی در صنعت شناخته می شود.

به تازگی نیز در برخی کشورها به عنوان یک سوخت تمیز برای خودروها کاربرد یافته است. متانول را می توان از واکنش کربن



از واکنش کامل CO_2 با $356 \text{ g } H_2$ و $65 \text{ g } H_2$ چند گرم متانول به دست می آید؟

❖ 2. سیلیسیم خالصی را که در تراشه های الکترونیکی و نیز در سلول های خورشیدی به کار می برند، از واکنش سیلیسیم تتراکلرید مایع و منیزیم خالص، طبق واکنش زیر تهیه می کنند:



چند گرم سیلیسیم خالص از واکنش کامل $225 \text{ g } Mg$ و $225 \text{ g } SiCl_4$ به دست می آید؟

❖ تذکر : در واکنش هایی که تنها مقدار یکی از واکنش دهنده ها را داده اند، واکنش دهنده محدود کننده، همان ماده است.

بازده واکنش های شیمیایی

❖ در بسیاری از واکنش های شیمیایی که برای تهیه مواد شیمیایی به کار می روند، مقدار فراورده های به دست آمده کمتر از مقدار محاسبه شده است. مقدار فراورده های مورد انتظار از محاسبه های استوکیومتری، مقدار نظری واکنش است، در حالی که مقدار عملی یعنی مقدار فراورده ای که در عمل تولید می شود، اغلب کمتر از مقدار نظری است.

❖ بازده درصدی یک واکنش نسبت این دو مقدار است و به صورت زیر تعریف می شود:

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

نکات مهم:

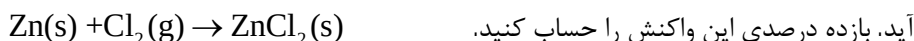
- بازده فقط برای فراورده (ها) محاسبه می شود.
- تنها مقدار نظری را می توان از روابط استوکیومتری محاسبه کرد.
- در فرمول بازده درصدی، مقدار نظری و مقدار عملی باید یکاهای یکسانی داشته باشند. این یکاها می توانند بر حسب مول، گرم و لیتر (گاز) باشند.
- بازده درصدی، کمیتی بدون یکاست.

❖ شیمی دان ها همواره درجهت افزایش بازده درصدی فرایندهای صنعتی و آزمایشگاهی تلاش می کنند، با این حال بازده اغلب واکنش ها کمتر از صد درصد است.

❖ بازده درصدی واکنش را می توان با استفاده از روش گام به گام زیر به دست آورد:

1. تعیین واکنش دهنده محدودکننده
2. محاسبه مقدار نظری (بیشترین مقدار ممکن فراورده) با استفاده از مقدار واکنش دهنده محدودکننده.
3. محاسبه بازده درصدی واکنش با استفاده از رابطه بالا.

❖ 35/5 گرم از گرد فلز روی خالص با مقدار اضافی گاز کلر واکنش می دهد. پس از پایان واکنش 65/2 گرم روی کلرید به دست می



1. پیدا کردن واکنش دهنده محدودکننده .

گاز کلر به مقدار اضافی وجود دارد، پس فلز روی واکنش دهنده محدودکننده است.

2. محاسبه مقدار نظری واکنش از روی مقدار واکنش دهنده محدودکننده

$$? \text{ mol Zn} = \frac{35.5 \text{ g Zn}}{65.38 \text{ g Zn}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 0.543 \text{ mol Zn}$$

$$? \text{ mol ZnCl}_2 = 0.543 \text{ mol Zn} \times \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol Zn}} = 0.543 \text{ mol ZnCl}_2$$

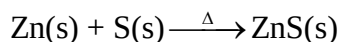
$$\text{مقدار نظری واکنش} = 0.543 \text{ mol ZnCl}_2 \times \frac{136.28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol ZnCl}_2} = 74.0 \text{ g ZnCl}_2$$

3. محاسبه بازده درصدی واکنش

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی واکنش}}{\text{مقدار نظری واکنش}} \times 100 = \frac{65.2 \text{ g ZnCl}_2}{74.0 \text{ g ZnCl}_2} \times 100 = 88.1\%$$

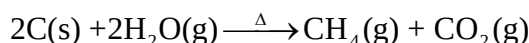
تمرین :

1. برای تولید روی سولفید از واکنش دادن روی و گوگرد طبق معادله زیر استفاده می کنند.



در یک آزمایش 0/36 g روی را با 30/0 g گوگرد واکنش داده اند و مقدار 5/42 g روی سولفید به دست آورده اند. بازده درصدی این واکنش را حساب کنید.

2. گاز متان را می توان از واکنش زغال سنگ با بخار آب بسیار تهیه کرد.

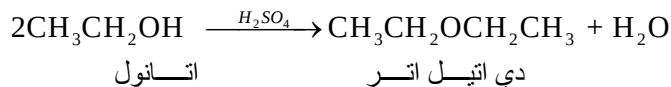


در صورتی که بازده درصدی واکنش 85% باشد، چند کیلوگرم متان از واکنش 2/00 kg زغال سنگ با مقدار اضافی بخار آب به وجود می آید؟

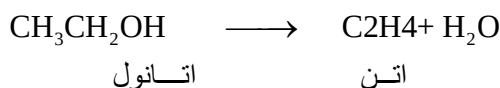
بیشتر بدانید :

❖ در برخی از شاخه های شیمی برای مثال شیمی تجزیه ، تنها واکنش هایی سودمندند که بازده آنها 100% باشد. در شاخه های دیگر، به ندرت می توان به بازده 100% در یک واکنش دست یافت، از این رو بهبود بازده درصدی یک واکنش اهمیت زیادی پیدا می کند.

❖ محاسبه بازده همواره در واکنش های سنتزی بویژه در سنتز مواد آلی بسیار مهم است. به عنوان مثال، واکنش تولید دی اتیل اتر از اتانول را در نظر بگیرید. این واکنش که یک واکنش تراکمی است ، در حضور سولفوریک اسید غلیظ به عنوان کاتالیزگر انجام می شود.



❖ نوشتن این واکنش روی کاغذ آسان، اما انجام آن در آزمایشگاه با تنگناهای زیادی همراه است. یکی از مهم ترین تنگناها این است که همواره طی واکنش، مقداری اتانول به اتن تبدیل می شود.

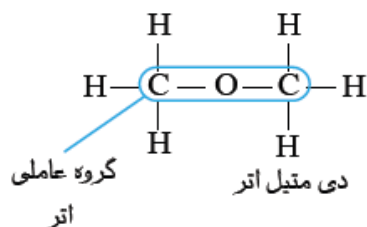


❖ بدیهی است مولکول های اتانولی که به اتن تبدیل شده اند، دیگر نمی توانند به دی اتیل اتر تبدیل شوند؛ از این رو، بازده تولید دی اتیل اتر کاهش می یابد.

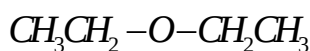
❖ افزون بر مشکلی که به آن اشاره شد، تنگناهای عملی نیز وجود دارد. به عنوان مثال، دی اتیل اتر خالص را از طریق تقطیر مخلوط واکنش تهیه می کنند، اما همواره مقداری دی اتیل اتر در ظرف تقطیر باقی می ماند. همچنین، مقداری اتانول ممکن است همراه با اتر تبخیر شود. حتی در بهترین شرایط، دست یافتن به بازده بیشتر از 80 تا 85 درصد دشوار است. اغلب، شیمی دان ها ناچارند به بازده 50 درصد یا حتی کمتر از آن بسنده کنند. از این رو دانشمندان شیمی آلی در صدد یافتن واکنش هایی با بازده بالا هستند یا تلاش می کنند با بهینه کردن شرایط واکنش، بازده واکنش های شناخته شده را افزایش دهند. تلاش در این مسیر زمینه ساز تحول های چشمگیری در دانش شیمی و کاربردهای آن در صنعت بوده است.

اترها

❖ اتر به دسته ای از ترکیب های آلی گفته می شود که در ساختار آنها یک اتم اکسیژن به دو اتم کربن متصل شده است.



❖ دی اتیل اتر شناخته شده ترین اتر است. این مایع فرار و آتش گیر در گذشته به عنوان بی هوش کننده کاربرد گسترده ای داشت اما به دلیل آثار نامطلوب آن روی مجاری تنفسی و احتمال آتش گیری و انفجار امروزه به ندرت از آن استفاده می شود.



استوکیومتری و زندگی

❖ در اینجا به چند کاربرد دیگر استوکیومتری به ویژه در صنایع خودروسازی اشاره می کنیم.

❖ طراحان خودرو از استوکیومتری برای افزایش ایمنی و بازده موتورها و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده می کنند.

❖ درواقع افزایش ایمنی ناشی از کاربرد کیسه های هوا در خودروها و بازده بالای ناشی از بهسوزی سوخت، آن هم با کمترین اثرهای تخریبی روی محیط زیست، به رعایت اصول استوکیومتری وابسته است.

کیسه های هوا

❖ کیسه های هوا یکی از تازه ترین دستاوردهای صنایع خودروسازی است که در جهت افزایش ایمنی سرنشینان طراحی و تولید شده است.

❖ هنگام برخورد شدید خودرو، کیسه هایی که در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده اند، به سرعت از گاز پر می شوند و از برخورد سرنشینان به شیشه و قسمت جلویی اتاق، جلوگیری به عمل می آورند. کارآیی این مجموعه به تولید گاز کافی در کمترین زمان ممکن بستگی دارد

❖ تولید گاز در این کیسه ها به علت انجام سریع یک واکنش شیمیایی است. حسگرهایی در قسمت جلوی خودرو تعبیه شده اند که در هنگام برخورد شدید، فعال می شوند و باعث منفجر شدن یک کلاهک انفجاری کوچک می شوند. این انفجار، انرژی موردنیاز برای آغاز واکنشی را فراهم می آورد که مولد گاز نام دارد.

❖ گازی که به سرعت کیسه ها را پر می کند، گاز نیتروژن N_2 است. این گاز از واکنش تجزیه ای زیر فراهم می شود:



❖ این واکنش به تنهایی نمی تواند باعث پر شدن ناگهانی کیسه ها شود. به علاوه در این واکنش سدیم فلزی نیز تولید می شود که ماده فعال (واکنش پذیر) و خطرناکی است. برای حل این مشکل از واکنش بسیار سریع آهن (III) اکسید با سدیم فلزی استفاده می شود.



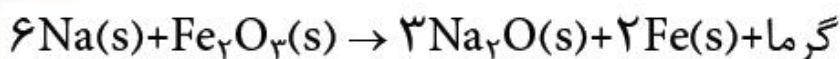
❖ این واکنش دما را به طور ناگهانی تا بیش از یکصد درجه بالا می برد و باعث انبساط سریع گاز درون کیسه ها می شود

❖ سدیم اکسید حاصل در اثر مجاورت با کربن دی اکسید و رطوبت هوا به سدیم هیدروژن کربنات که ماده ای بی خطر است، تبدیل می شود.





باد شدن سریع کیسه‌های هوا هنگام برخورد شدید خودرو ناشی از انجام یک واکنش سریع شیمیایی است که طی آن حجم زیاد ولی کنترل شده‌ای از گاز نیتروژن تولید می‌شود.



❖ **حجم گاز** مورد نیاز برای پر کردن کیسه هوا با **حجم مشخص**، به **چگالی گاز** وابسته است که آن هم به **دما** بستگی

دارد.

❖ برای محاسبه مقدار گاز مورد نیاز برای پر کردن کیسه‌های هوا، طراحان این کیسه‌ها باید با استوکیومتری واکنش‌ها و تغییر انرژی آنها (که باعث تغییر دما و بنابراین تغییر چگالی گازها می‌شود) به خوبی آشنا باشند.

تمرین :

فرض کنید برای پر شدن مناسب یک کیسه هوا به $65/1$ لیتر گاز N_2 نیاز است. برای تولید این مقدار گاز N_2 دستگاه مولد گاز به چند گرم $\text{NaN}_3(\text{s})$ نیاز دارد؟ چگالی گاز N_2 در دمای واکنش به طور تقریبی $0/916$ گرم بر لیتر است.



متأسفانه، در یک بررسی که در آن بیش از 1 مورد گزارش تصادف ارائه شده بود نه تنها کیسه هوا از تلفات جانی جلوگیری نکرده، بلکه علت اصلی مرگ نیز بوده است. بیشتر این قربانیان، نوزادان یا کودکان خردسال بوده‌اند؛ از این رو، کارشناسان توصیه می‌کنند که از نشاندن کودکان زیر 12 سال روی صندلی جلوی خودروها به ویژه خودروهایی که مجهز به کیسه هوا هستند، خودداری شود. همچنین، باز شدن کیسه هوا در برخی موارد موجب زخمی شدن یا حتی مرگ رانندگانی شده که فاصله آنها تا فرمان خودرو بسیار کم بوده است. حداقل این فاصله باید 25 سانتی متر باشد. رعایت این فاصله برای رانندگان بلندقد آسان است، اما رانندگان کوتاه قد، برای آن که پایشان به پدال گاز، ترمز و کلاچ برسد، ناچارند که بیش از اندازه، خود را به فرمان خودرو نزدیک کنند. برای حل این مشکلات به تازگی نسل جدیدی از کیسه‌های هوا به بازار آمده است که به آن هوشمند گفته می‌شود. سرعت باز شدن این کیسه‌ها برحسب شدت تصادف، قد و وزن راننده و فاصله سر راننده تا فرمان خودرو تغییر می‌کند

بیشتر بدانید :

کیسه های هوا

❖ پر شدن کیسه هوا در سه مرحله به صورت زیر انجام می شود.

آ) هنگامی که خودرو با یک مانع محکم و با سرعت حداقل 16 تا 24 کیلومتر بر ساعت برخورد می کند، یک حسگر، پیامی الکتریکی در مدت 0/01 s به واحد کنترل (چاشنی) می فرستد.

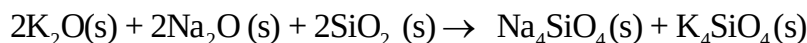
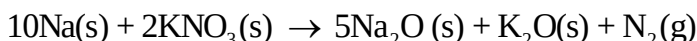
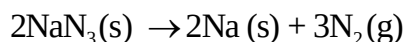
ب) یک واکنش شیمیایی در چاشنی در مدت 0/03 s انجام و کیسه پر از گاز می شود.

پ) کیسه پر شده در مدت 0/045 s بعد از پر شدن خالی می شود.

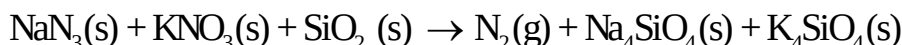
❖ حجم گاز مورد نیاز برای پر شدن کیسه هوای راننده برابر با $0/065 \text{ m}^3$ و برای مسافر (کمک راننده) برابر با $0/0134 \text{ m}^3$ است.

❖ واکنش اصلی تولید گاز در اکثر کیسه های هوا واکنش تجزیه سدیم آزید است. در برخی کیسه ها، این ماده را به همراه آهن (III) اکسید و در برخی دیگر به همراه پتاسیم نیترات و سیلیکاژل به کار می برند .

واکنش های شیمیایی انجام شده در حالت دوم به شرح زیر است:



این واکنش را به صورت کلی زیر نیز نمایش می دهند:



افزایش کار آیی موتورها

❖ بهسوزی موتور خودرو به رعایت اصول استوکیومتری بستگی دارد.

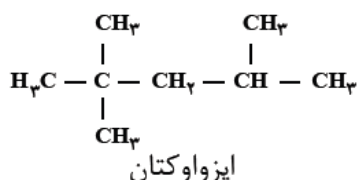
❖ وقتی رانندگان برای افزایش سرعت پا را بر پدال گاز می فشارند، سرعت جریان سوخت به موتور بیشتر می شود و بنابراین مقدار انرژی آزاد شده از سوختن بنزین افزایش می یابد.

❖ معادله نوشتاری زیر تولید انرژی در فرایند سوختن کامل بنزین را نشان می دهد:

انرژی + آب + کربن دی اکسید → اکسیژن هوا + بنزین

❖ در واقع این معادله نوشتاری، واکنش دهنده ها را به خوبی مشخص نمی کند، زیرا بنزین یک ماده شیمیایی ساده نیست و مخلوطی از چند هیدروکربن متفاوت با 5 تا 12 اتم کربن است.

❖ به طور میانگین می توان بنزین مورد استفاده در خودروها را ایزواوکتان خالص (با 8 اتم کربن) در نظر گرفت و معادله نمادی سوختن بنزین را برای آن به صورت زیر نوشت:



❖ دو واکنش دهنده باید در یک نسبت نزدیک به نسبت های مولی معادله موازنه شده واکنش با هم مخلوط شوند، فراموش نکنید که تنها حدود 20 درصد از حجم هوا را اکسیژن تشکیل می دهد.

❖ بنابراین راه مناسب بهسوزی موتور، تنظیم عملی نسبت هوا به سوخت است.

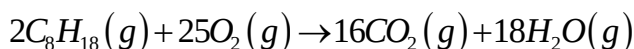
❖ اگر هریک از واکنش دهنده ها به مقداری بیشتر از نسبت استوکیومتری استفاده شود، موتور کار آیی خوبی نخواهد داشت و حتی ممکن است خاموش شود.

❖ کارکرد نادرست موتور خودرو که به واسطه سوختن ناقص بنزین به وقوع می پیوندد، نه تنها باعث کاهش توان خودرو می شود بلکه مصرف سوخت را بالا می برد و این خود افزایش آلودگی هوا را در پی خواهد داشت.

تمرین :

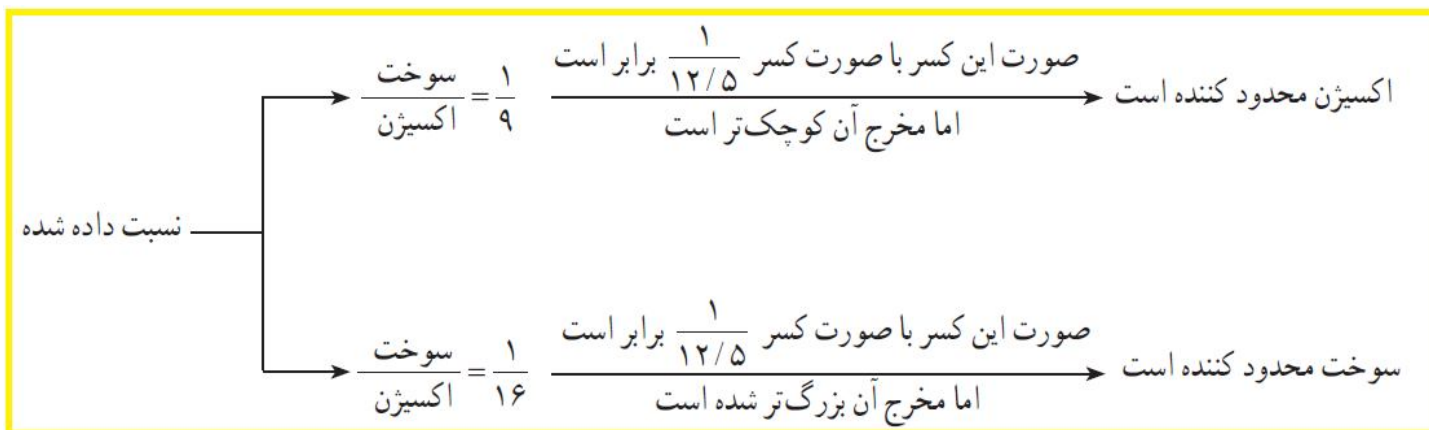
❖ نسبت مولی سوخت به اکسیژن در موتور خودرویی که با سرعت معمولی حرکت می کند، به جای نسبت استوکیومتری 1 به 12/5 در نسبت 1 به 16 نگهداری می شود. این درحالی است که هنگام روشن کردن موتور این نسبت 1 به 12 در هنگامی که موتور درجا کار می کند، این نسبت 1 به 9 است. در هر حالت واکنش دهنده محدود کننده کدام است؟

پاسخ :



$$\text{نسبت مولی استوکیومتری} : \frac{\text{سوخت } (\text{C}_8\text{H}_{18})}{\text{اکسیژن } (\text{O}_2)} = \frac{2}{25} = \frac{1}{12.5}$$

❖ از مقایسه نسبت های داده شده با نسبت های استوکیومتری، می توان تعیین کرد که کدام یک محدود کننده است.



بیشتر بدانید

ابوموسی جابر بن حیان

❖ ابوموسی جابر بن حیان، کیمیاگر برجستهٔ مسلمان در سال 100 هجری شمسی (721 میلادی) در شهر طوس از توابع خراسان دیده به جهان گشود. مدت کوتاهی پس از تولد جابر، پدرش که خود یک داروساز شناخته شدهٔ عرب و مسلمان پیرو اهل بیت (ع) بود به دلیل نقشی که در طرح براندازی حکومت اموی داشت دستگیر شد و به شهادت رسید.

❖ پیشهٔ پدر و مطالعهٔ یادداشت های به جای مانده از او نقش مهمی در علاقه مند شدن جابر به داروسازی و کیمیاگری داشت. با این حال با شوق فراوان به یادگیری علوم دیگر نیز می پرداخت. اشتیاق فراگیری قرآن مجید و بهره مند شدن از محضر پرفیض حضرت امام جعفر صادق (ع) سبب شد که به شهر کوفه کوچ کند. هجرتی که بی تردید موجبات شکوفایی استعدادهای نهفتهٔ جابر را فراهم آورد.



❖ شهرت جابر بیشتر به دلیل سهمی است که در پیشرفت دانش شیمی داشته است. او همواره بر اجرای هدفمند و نظام دار فعالیت های تجربی تأکید داشت و تلاش بسیاری برای خرافه زدایی از کیمیاگری و تبدیل آن به یک علم تجربی کرد. نوآوری انواع گوناگونی از وسایل آزمایشگاهی از جمله **انبيق** به نام وی ثبت شده است. (انبيق وسیلهٔ ساده ای

که جابر به منظور تقطیر مواد طراحی کرد، این ظرف برای گرم کردن مخلوط ها و جمع آوری و هدایت بخارهای حاصل به کار می رفت.)

❖ کشف مواد شیمیایی متعددی مانند هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، (تهیه تیزاب) مخلوطی از دو اسید یاد شده که از جمله اندک موادی است که طلا را در خود حل می کند.

❖ سیتریک اسید (جوهر لیمو) و استیک اسید (جوهر سرکه) همچنین معرفی فرایندهای تبلور و تقطیر که هر دو سنگ بنای شیمی امروزی به شمار می آیند همگی از نتایج تلاش خستگی ناپذیر این شیمی دان سرشناس است.

❖ وی یافته های زیادی درباره روش های استخراج و خالص سازی طلا، جلوگیری از زنگ زدن آهن، حکاکی روی طلا، رنگرزی و نم ناپذیر کردن پارچه ها و تجزیه مواد شیمیایی ارائه داد.

❖ همچنین بذر دسته بندی امروزی عنصرها به فلز و نافلز را می توان در دست نوشته های وی یافت.

ابوبکر محمد بن ذکریای رازی

❖ شیمی دان، ریاضی دان، فیلسوف، ستاره شناس و پزشک ایرانی؛ وی ترکیب های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می توان به اتانول اشاره کرد.

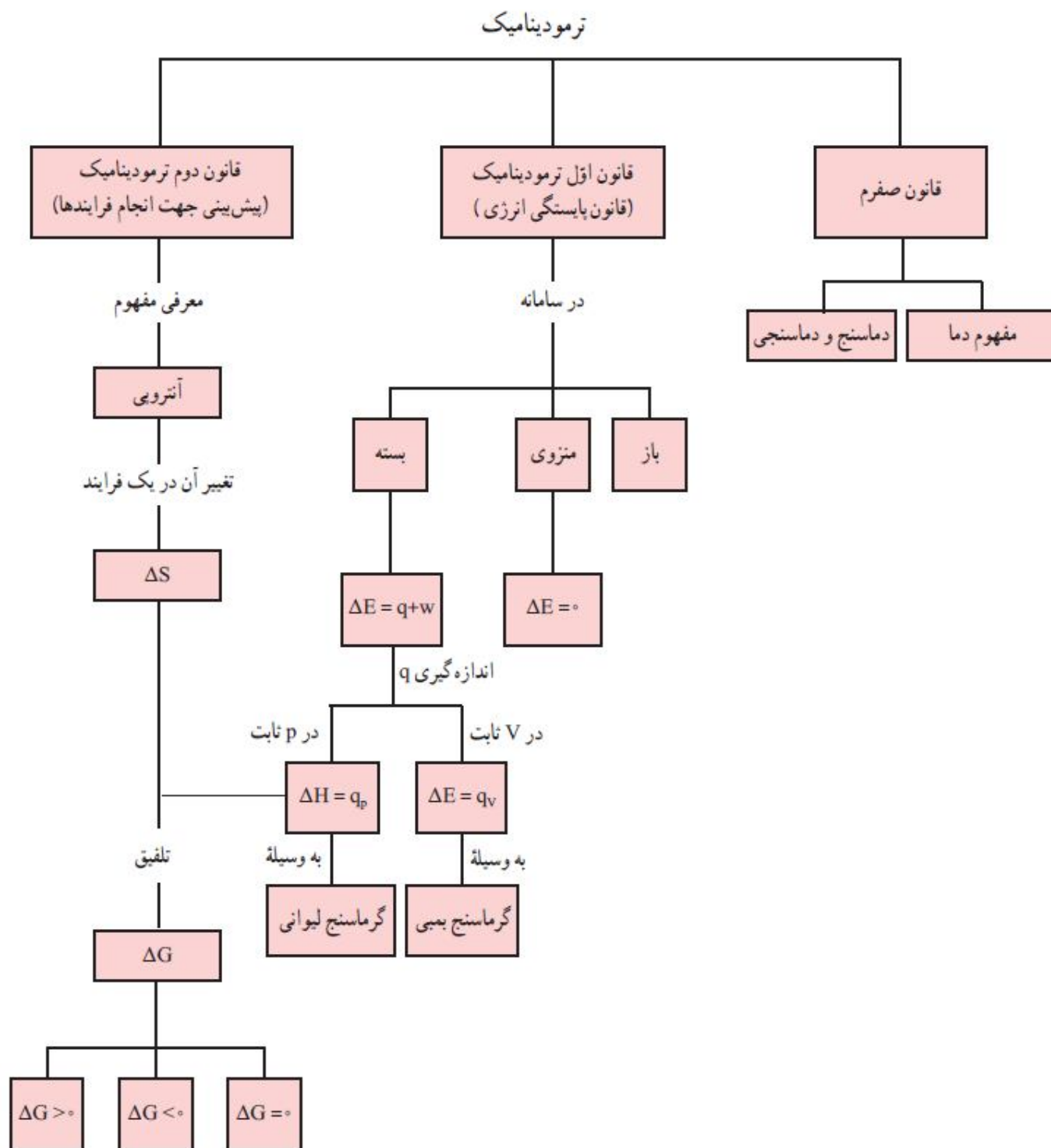


ابوبکر محمد بن ذکریای رازی
(۲۰۹-۲۴۲ هجری شمسی)
(۹۲۰-۸۶۴ میلادی)

بخش 2

ترمودینامیک شیمیایی





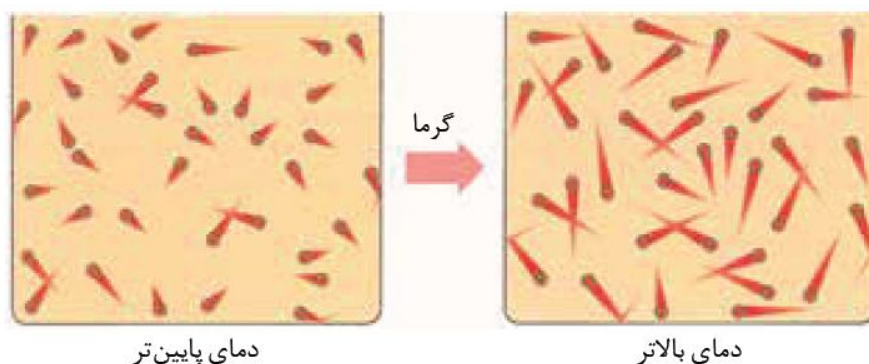
❖ سوختن نفت و زغال سنگ با آزاد شدن مقدار زیادی انرژی به صورت گرما همراه است که از این گرما می توان برای گرم کردن خانه، پختن غذا یا به حرکت درآوردن وسایل نقلیه استفاده کرد. شاید این گفته که : یک لوکوموتیو بخار با سوزاندن چهارده گرم زغال سنگ می تواند دو تن بار را 1600 متر جابه جا کند. تأکید کند که همواره برای انجام هر کاری به یک منبع انرژی نیاز داریم، اما مهم تر از آن یادآوری این نکته است که هر تغییر فیزیکی یا شیمیایی که چنین نتیجه ای را در پی دارد، نمی تواند بدون مبادله انرژی میان مواد روی داده باشد.

❖ مطالعه کمی و کیفی انرژی گرمایی مبادله شده طی واکنش های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، موضوع هایی هستند که در شاخه ای از شیمی بررسی می شوند که ترموشیمی یا گرماشیمی نامیده شده است.

انرژی و ذره های سازنده ماده

❖ می دانید که هر جسم در حال حرکت دارای انرژی جنبشی است. از آنجا که ذره های سازنده ماده یعنی اتم ها، مولکول ها یا یون ها نیز پیوسته در حرکت اند، پس همه آنها دارای انرژی جنبشی هستند. این گفته به این معناست که همه مواد انرژی دارند. در واقع انرژی آنها مجموع انرژی ذره های سازنده آنهاست.

❖ همچنین می دانید که گرما صورتی از انرژی است. هنگامی که یک جسم گرم می شود، مقدار انرژی آن جسم افزایش می یابد. در واقع طی این فرایند، انرژی جذب شده، در میان ذره های سازنده آن جسم توزیع می شود. پس می توان انتظار داشت که ذره های یادشده، با سرعتی بیشتر از پیش به حرکت خود ادامه دهند.



❖ ذره های تشکیل دهنده ماده، پیوسته و به طور نامنظم در حرکت اند. در اثر گرم شدن، دمای جسم افزایش می یابد و بر سرعت حرکت ذره های سازنده آن افزوده می شود.

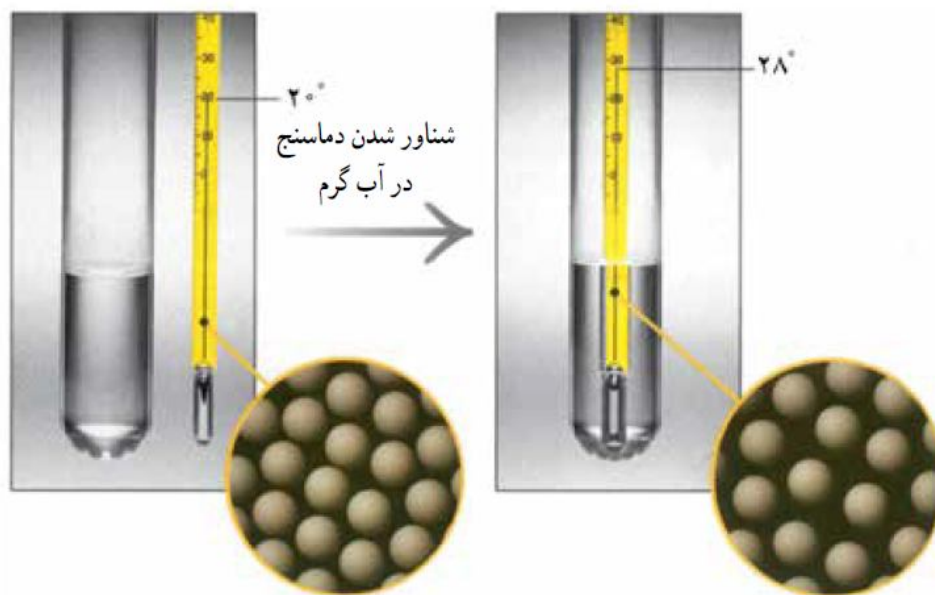
❖ اگر دما را معیاری از میزان گرمی یک جسم تعریف کنیم، در این صورت با گرم شدن یک جسم دمای آن نیز بالا می رود. به بیان دیگر، دانستن دمای یک جسم اطلاعات سودمندی درباره انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره های سازنده آن جسم در اختیار ما می گذارد. بنابراین اختلاف دمای میان دو جسم، ما را از اختلاف در انرژی جنبشی ذره های تشکیل دهنده آن دو آگاه می سازد.



❖ حرکت های نامنظم ذره های سازنده ی ماده را حرکت های گرمایی می گویند.

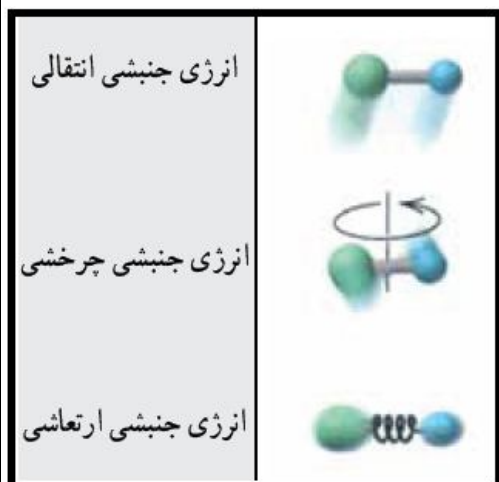
❖ نمایش حرکت چرخشی و ارتعاشی در یک مولکول سه اتمی (مولکول آب)

❖ از سوی دیگر دما را می توان کمیتی دانست که میزان شدت جنبش های گرمایی ذره های سازنده ماده را بیان می کند. هرچه دمای سامانه بالاتر باشد، جنبش های گرمایی آن شدیدتر است. برای نمونه جنبش های گرمایی (انتقالی، چرخشی و ارتعاشی) اتم های جیوه در 28°C شدیدتر از این جنبش ها در دمای 20°C است.



❖ اگر دو گلوله آهنی سبک را به فنری متصل کرده، آنها را به سمت بالا پرتاب کنید، مجموعه یادشده حرکت های متفاوتی را از خود نشان خواهد داد. این مجموعه از یک نقطه به نقطه دیگری جابه جا می شود، یعنی دارای حرکت انتقالی است. به دور خود می چرخد، پس حرکت چرخشی هم دارد، همچون فنر، کشیده و جمع می شود یا به عبارتی به نوسان درمی آید، پس می توان گفت که مجموعه دارای حرکت ارتعاشی نیز هست.

❖ این الگو نشان می دهد که ذره های تشکیل دهنده ماده، می توانند حرکت های انتقالی، چرخشی و ارتعاشی داشته باشند.



❖ **مشاهده های تجربی** وجود چنین حرکت هایی را در ذره های سازنده ماده به اثبات رسانده است.

❖ ذره ها در **حالت جامد تنها جنبش های ارتعاشی** دارند، ولی در حالت مایع افزون بر جنبش های **انتقالی**، **چرخش های** درگیرانه و **ارتعاش** نیز دیده می شود.

❖ برای اتم های مجزا در یک نمونه از **گاز نجیب** مانند هلیوم، انرژی جنبشی **تنها از نوع انرژی جنبشی انتقالی** است؛

❖ اما مولکول های دو یا چند اتمی گازها (مانند CO_2 ، Cl_2 و ...) افزون بر جنبش های انتقالی، جنبش های چرخشی و ارتعاشی نیز دارند

❖ مولکول های دو یا چند اتمی گازها می توانند به دور محوری نیز بچرخند از این رو دارای **انرژی جنبشی چرخشی** هم هستند. در این مولکول ها ممکن است طول و زاویه پیوندها کم و زیاد شود و **ارتعاش رخ دهد**. از این رو دارای **انرژی جنبشی ارتعاشی** نیز هستند.

❖ می دانید که انرژی می تواند شکل های گوناگونی داشته باشد؛ مانند انرژی مکانیکی، الکتریکی، گرمایی، شیمیایی، تابشی و ... هریک از این شکل های انرژی می توانند از نوع جنبشی، پتانسیل یا هر دو باشند.

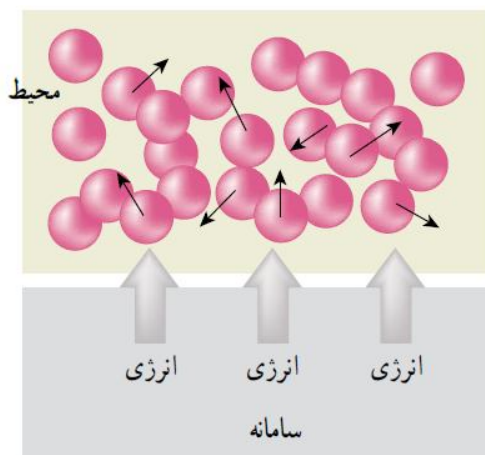
❖ انرژی گرمایی یک ماده وابسته به جنبش های نامنظم (انتقالی، چرخشی، ارتعاشی) ذره های سازنده آن است.

❖ به گونه ای که می توان **انرژی گرمایی** یک نمونه ماده را **مجموع انرژی های جنبشی انتقال، چرخش و ارتعاش ذره های سازنده** آن دانست (**انرژی گرمایی** شکلی از انرژی بوده که از نوع **انرژی جنبشی** است).

❖ بر همین پایه جنبش های نامنظم ذره های سازنده ماده را جنبش های گرمایی نیز می نامند، با این توصیف، **گرمای** به آن مقدار انرژی گرمایی می گویند که در اثر اختلاف دما از یک ماده به ماده دیگر یا از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال می یابد.

❖ می توان گفت هرچه جنبش های گرمایی یک نمونه ماده شدیدتر باشد، ماده پر انرژی تر است. پس هنگامی که یک ماده (یا یک سامانه) محیط خود را گرم می کند، ذره های سازنده سامانه، جنبش های گرمایی ذره های محیط را تشدید می کنند.

❖ هنگامی که انرژی به صورت گرما به محیط داده می شود، حرکت درهم بر هم اتم ها در محیط تشدید می شود. انتقال انرژی از محیط به سامانه از حرکت نامنظم (حرکت گرمایی) مولکول ها در محیط ناشی می شود.



❖ همه این حرکت ها به انرژی نیاز دارند. بنابراین با افزایش دمای یک جسم، انرژی جذب شده توسط ذره ها، میان همه این حرکت ها توزیع می شود تا به این ترتیب هزینه اجرای آنها تأمین شود.

❖ تجربه نشان می دهد که **توزیع انرژی میان همه ذره های ماده یکسان نیست**. از این رو **همواره میانگین انرژی همه آنها اندازه گیری می شود**.

❖ هنگامی که سامانه ای مانند یک لیوان محتوی 200 g آب را گرم می کنیم، چون موقعیت مولکول ها و برهم کنش میان آنها در همه سامانه یکسان نیست، توزیع انرژی گرمایی میان آنها یکسان رخ نمی دهد (برخی مولکول ها نزدیک به سطح، برخی در عمق و برخی در کنار دیواره یا میان سامانه وجود دارند) از این رو **میانگین انرژی همه آنها اندازه گیری می شود**.

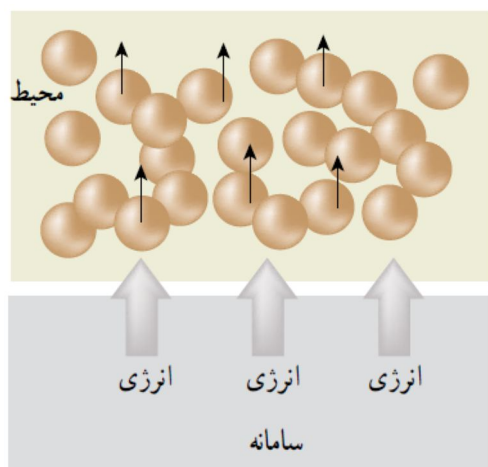
● گرما مسیری (راهی) برای انتقال انرژی است. انرژی می تواند به صورت صوتی، نورانی، گرمایی، شیمیایی و ... ظاهر شود. وقتی یک جسم سرد در کنار یک جسم گرم قرار می گیرد، اختلاف دمای این دو جسم موجب انتقال (شارش) انرژی گرمایی بین آن دو خواهد شد.

● تنوع و تعداد حرکت های نامنظم در مواد یکسان نیست و به حالت فیزیکی، نوع و تعداد اتم های سازنده هر واحد از ماده بستگی دارد.

● انرژی گرمایی یک ماده به دما و مقدار آن بستگی دارد. برای مثال ممکن است دمای یک جسم بسیار بالا باشد؛ اما انرژی گرمایی آن بسیار کم، یا این که دمای آن پایین ولی انرژی گرمایی آن زیاد باشد. برای مثال یک قطره آب جوش دمای بالایی دارد؛ اما مجموع انرژی جنبشی ذره ها در نتیجه انرژی گرمایی آن کم است در حالی که یک پارچ آب 20°C دمای پایینی دارد، اما مجموع انرژی جنبشی ذره ها در نتیجه انرژی گرمایی آن بیشتر است.

❖ افزون بر گرما، کار نیز راهی برای انتقال انرژی است.

❖ کار، انتقال انرژی ای است که به صورت حرکت سازمان یافته ذره های سازنده سامانه در یک جهت معین توصیف می شود. برای نمونه هنگامی که یک گلوله آهنی بالا یا پایین می رود، اتم های سازنده آن به صورت سازمان یافته در یک جهت بالا یا پایین می روند. به همین دلیل گفته می شود، هنگامی که کار روی سامانه ای انجام می شود، مولکول های محیط باعث انتقال انرژی سازمان یافته ای به سامانه می شود.



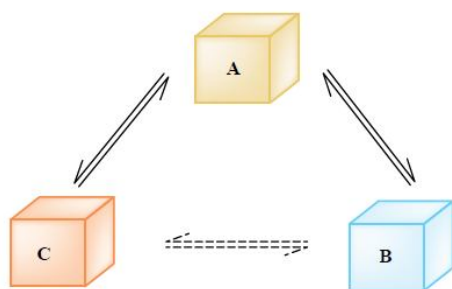
❖ هنگامی که سامانه کار انجام می دهد، حرکت منظمی را در محیط ایجاد می کند. به عنوان مثال، اتم های نشان داده شده در این شکل می توانند بخشی از وزنه ای باشند که بالا آمده است. حرکت منظم اتم ها در وزنه سقوط کننده بر روی سامانه کار انجام می دهد.

❖ توجه کنید کار می تواند از نوع کار انبساطی (تغییر حجم سامانه در فشار ثابت)، کار کشش فنر، کار الکتریکی و... باشد.

⚠ **گرمای**، آن انرژی گرمایی است که به دلیل تفاوت دما از جسمی به جسم دیگر انتقال می یابد. **کار**، انرژی ای است که به دلیل نیرویی که میان دو جسم عمل می کند، از یک جسم به جسم دیگر انتقال می یابد.

بیشتر بدانید :

قانون صفرم ترمودینامیک



❖ اینک تصور کنید دو سامانه A و B از طریق یک دیواره دیاترمیک (اگر سامانه ای با یک مرز که رسانای گرماست از محیط پیرامون خود جدا شده باشد) در تعادل گرمایی اند و سامانه A با سامانه C نیز در تعادل گرمایی باشد، پس سامانه B نیز با سامانه C در تعادل گرمایی خواهد بود. به دیگر سخن دمای سامانه های B و C نیز یکسان است. این تعمیم از مشاهده های تجربی، **قانون صفرم ترمودینامیک** نام دارد.

❖ نام صفرم پس از آن که قانون های اول، دوم و سوم ترمودینامیک ارائه شده بود، مشخص گردید. توجه کنید برای گسترش ترمودینامیک به قانون صفرم نیاز بود و از سوی دیگر قانون صفرم به لحاظ منطقی مقدم بر سه قانون دیگر است.

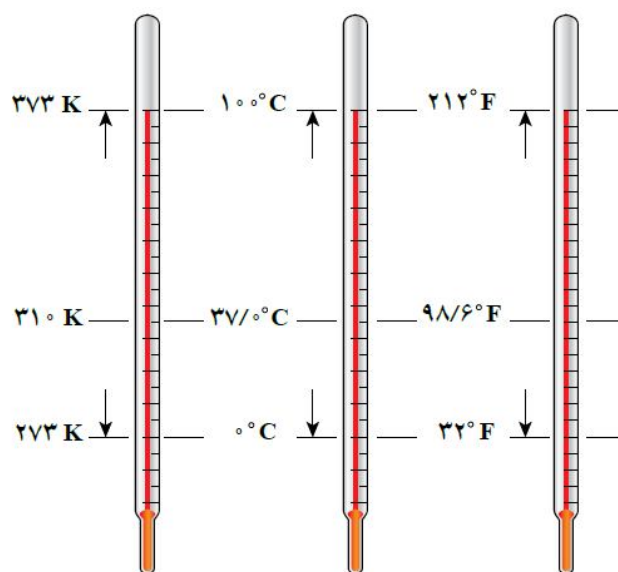
❖ **قانون صفرم ترمودینامیک پایه ای برای مفهوم دما و ساخت دماسنج هاست.**

❖ برای نمونه اگر یک دماسنج جیوه ای درون یک لیوان آب خالص قرار گیرد و پس از تعادل گرمایی و هم دما شدن، دماسنج دمای 25°C را نشان دهد، می توان گفت دمای 25°C نشان دهنده دمای جیوه، دیواره شیشه ای دماسنج و آب درون لیوان است؛ زیرا دیواره شیشه ای دماسنج (A) از یک سو در تعادل گرمایی با جیوه (B) است و از سوی دیگر در تعادل گرمایی با آب درون لیوان (C) است، پس جیوه درون دماسنج (B) با آب درون لیوان (C) در تعادل گرمایی است و این سه هم دما هستند.

❖ پس از آشنایی با دما، دانستن مقیاس دما و عملکرد دماسنج ها اهمیت شایانی دارد. رایج ترین مقیاس های اندازه گیری دما، درجه سلسیوس و کلون هستند.

❖ مقیاس سلسیوس یک مقیاس صد قسمتی (از صفر تا صد) است.

دما بر حسب سلسیوس $T(K) = 273/15 + (\theta)$ دما بر حسب کلون



مقیاس دمای سلسیوس، کلون و فارنهایت

❖ در مقیاس صد قسمتی سلسیوس، نقطه صفر نشان دهنده دمای تعادلی آب و یخ در فشار یک اتمسفر (دمای ذوب نرمال یخ معروف به نقطه یخ) و نقطه صد، نشان دهنده دمای تعادلی بخار و آب در فشار یک اتمسفر (دمای جوش نرمال آب معروف به نقطه بخار) است.

❖ نکته جالب توجه این است که ارزش دمایی یک درجه سلسیوس برابر با یک کلون است.

❖ برای نمونه اگر دمای سامانه ای 5°C افزایش یابد، همانند این است که دمای سامانه 5 K افزایش یافته است.

❖ ابزار اندازه گیری دما، دماسنج است که دو نوع متداول آن دماسنج های جیوه ای و الکلی هستند. در این دماسنج ها حجم مایع با دما به طور منظم تغییر می کند (دما تابع خطی از حجم مایع است). بدیهی است آب، مایع مناسبی برای دماسنج ها نیست، زیرا حجم آب از 0°C تا 4°C غیر عادی تغییر می کند. با اینکه این دماسنج ها بر پایه مقیاس صد قسمتی تنظیم شده اند؛ اما برای اندازه گیری دماهای کمتر از صفر درجه و بیشتر از صد درجه سلسیوس نیز به کار می روند (دماهای کمتر از 0°C با علامت منفی گزارش می شوند).

آیا انرژی ماده به مقدار آن بستگی دارد؟

❖ دو لیوان آب را در نظر بگیرید. یکی دارای 100 ml و دیگری دارای 200 ml آب است. دمای آب درون هر دو لیوان نیز یکسان و برابر با 25°C است. آیا برای افزایش دمای آب هر دو ظرف تا 50°C ، به انرژی یکسانی نیاز است؟

❖ با کمک مفهومی به نام **ظرفیت گرمایی** می توان به این پرسش پاسخ داد.

❖ **ظرفیت گرمایی** یک جسم، گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس است. بنابراین هرچه مقدار ماده بیشتر باشد، گرمای بیشتری نیز برای افزایش دمای آن به این اندازه لازم است.

❖ به دلیل وابستگی ظرفیت گرمایی یک جسم به جرم آن، می توان با استفاده از ظرفیت گرمایی ویژه، این وابستگی را از بین برد.

❖ **ظرفیت گرمایی ویژه**، مقدار گرمایی است که برای افزایش دمای یک گرم از جسم به اندازه یک درجه سلسیوس لازم است. ظرفیت گرمایی ویژه یک جسم را می توان به صورت زیر نیز بیان کرد.

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه} = \frac{\text{ظرفیت گرمایی}}{\text{جرم جسم}} = \frac{\text{مقدار گرمای مبادله شده}}{\text{تغییر دما} \times \text{جرم جسم}}$$

❖ در این رابطه اگر تغییر دما برابر با یک درجه سلسیوس باشد و جرم جسم نیز یک گرم در نظر گرفته شود، در این صورت ظرفیت گرمایی ویژه جسم با مقدار گرمای مبادله شده برابر خواهد بود.

❖ اگر مقدار گرمای مبادله شده را با q ، ظرفیت گرمایی ویژه را با c ، جرم جسم را با m و اختلاف دما را با ΔT نشان دهیم،

$$c = \frac{q}{m \cdot \Delta T} \quad \text{آنگاه خواهیم داشت:}$$



