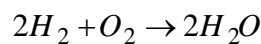


مقدمه روابط مولی:

معادلات شیمیایی نمایانگر واکنشهای شیمیایی هستند با نمادها و فرمولهای عناصر و مواد مرکبی که در این واکنشها درگیرند. موادی را که در یک واکنش مورد می‌شوند واکنش‌دهنده و موادی را که در واکنش تشکیل می‌شوند محصول واکنش می‌نامند. در یک معادله شیمیایی، فرمولهای مواد واکنش‌دهنده در سمت چپ و محصولات واکنش در سمت راست معادله جای دارند. معمولاً به جای علامت مساوی که در معادلات جبری به کار می‌رود، در معادلات شیمیایی علامت پیکان گذاشته می‌شود؛ و می‌توان این علامت را به معنی «می‌دهد» دانست.

معادله ساده زیر را در نظر می‌گیریم:

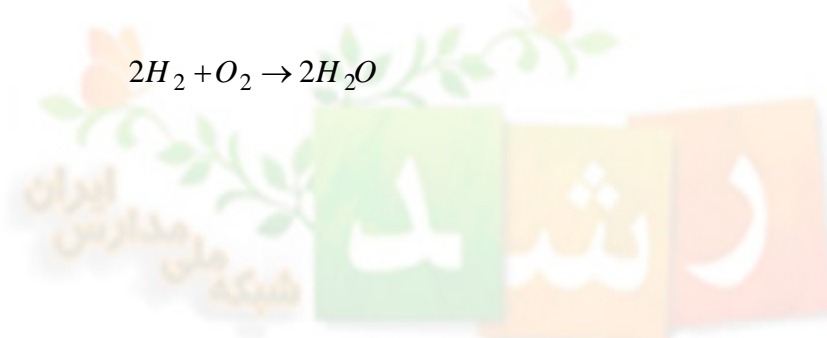
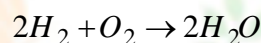


این معادله، در سطح مولکولی، به این معنی است که دو مولکول هیدروژن، $2H_2$ ، و یک مولکول اکسیژن، O_2 ، با هم ترکیب می‌شوند و دو مولکول آب، $2H_2O$ ، ایجاد می‌کنند (شکل زیر). عددهایی را که پیش از فرمولها دیده می‌شوند، ضریب می‌نامیم. ضریب، عده هر نوع مولکولی را که در واکنش دخالت دارد مشخص می‌کند. اگر ضریبی پیش از یک فرمول معین نباشد، به این معنی است که آن ضریب ۱ است.

بنابر قانون پایستاری جرم، عده هر نوع اتم موجود در طرف راست معادله با عده همان اتمها در طرف چپ

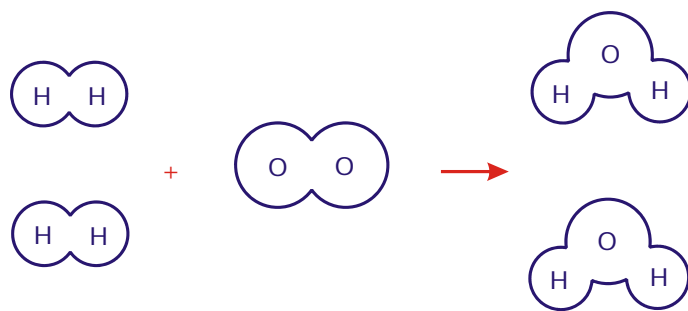
معادله باید برابر باشند. در جریان واکنش ممکن است اتمها از مولکولی به مولکول دیگر بروند، اما عده انواع اتمها

ثابت می‌ماند. در معادله:



Olympiad.roshd.ir

www.ShimiPedia.ir



نمایش دو مولکول هیدروژن که با یک مولکول اکسیژن، دو مولکول آب ایجاد می‌کنند.

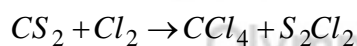
در هر دو طرف، چهار اتم هیدروژن و دو اتم اکسیژن وجود دارد. در این صورت می‌گوییم معادله موازنه شده است. برای نوشتن معادله شیمیایی، ضریبها برای موازنه معادله به کار می‌روند. فرمولهای واکنش‌دهنده‌ها و محصولات واکنش باید درست باشند؛ این فرمولها به هنگام موازنه معادله تغییر نمی‌کنند.

پیش از نوشتن یک معادله شیمیایی، باید بدانیم که بر اثر واکنش چه موادی تشکیل شده‌اند؛ همچنین باید فرمولهای همه موادی را که در واکنش دخالت داشته‌اند به درستی بدانیم. معادله‌های شیمیایی گزارشی از نتایج آزمایش است (یکی از هدفها شیمی کشف و تدوین اصولی است که پیشگویی محصولات واکنشهای شیمیایی را ممکن می‌سازند. ما به هر گونه نتیجه‌گیری کلی از این نوع توجه دقیق خواهیم داشت. اما غالباً باید محصولات گروه خاصی از واکنش‌دهنده‌ها را به خاطر داشته باشیم. از این گذشته، هرگونه پیشگویی، اگر آزمایش حکم کند، باید اصلاح شود. آنچه بر روی کاغذ معقول به نظر می‌رسد، لزوماً آن چیزی نیست که در آزمایشگاه صورت می‌گیرد.

برای نوشتن یک معادله شیمیایی دو مرحله وجود دارد:

۱. نخستین مرحله نوشتن فرمولهای درست واکنش‌دهنده‌ها، گذاشتن یک علامت پیکان و سپس نوشتن فرمولهای درست محصولات واکنش است. مثلاً واکنش کربن دی‌سولفید، CS_2 ، و کلر، Cl_2 ، را که کربن تتراکلرید، CCl_4 ، و دی‌سولفور دی‌کلرید، S_2Cl_2 ، تولید می‌کنند در نظر بگیرید. برای ارائه این واکنش،

می‌نویسیم



اگر حالت‌های فیزیکی مواد موجود در واکنش مورد نظر باشند، می‌توان حالتها را بعد از هر فرمول در پرانتز مشخص کرد. حالت‌های متداولی که با آنها برخورد می‌کنیم عبارتند از:

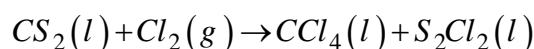
(g) برای گاز

(l) برای مایع

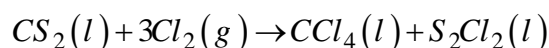
(s) برای جامد

(aq) برای محلول آبی

در مورد مثال مذکور خواهیم داشت:



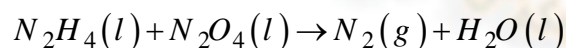
۲. مرحله دوم، موازنه واکنش است. در این مرحله یکسان بودن عده اتمهای هر عنصر در دو طرف چپ و راست معادله باید مشخص شود. در مثال بالا، اتمهای کربن و اتمهای گوگرد موازنه‌اند. در هر دو طرف چپ و راست معادله یک اتم کربن و دو اتم گوگرد وجود دارد. اما اتمهای کلر موازنه نیست. دو اتم کلر (یک مولکول Cl_2) در طرف چپ و شش اتم (چهار اتم در مولکول CCl_4 و دو اتم در مولکول S_2Cl_2) در طرف راست وجود دارد. با مشخص شدن اینکه سه مولکول Cl_2 باید برای این واکنش به کار گرفته شود؛ معادله موازنه می‌شود، بنابراین،



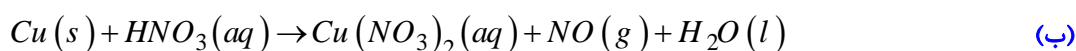
ساده‌ترین انواع معادلات شیمیایی، به طریق آزمون و خطا موازنه می‌شوند. توجه داشته باشید که (موازنه با تغییر ضرایب فرمولهای موجود در معادله انجام می‌گیرد، نه با تغییر خود فرمولها).

مثال ۱.

واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



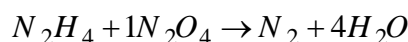
(الف)



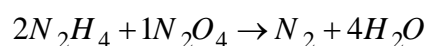
حل.

(الف) ضریب N_2O_4 را ۱ می‌گیریم. O در H_2O و N_2O_4 وجود دارد. پس ضریب H_2O ، ۴ خواهد

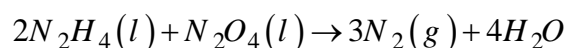
شد.



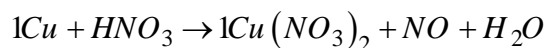
H فقط در N_2H_4 و H_2O است. لذا ضریب N_2H_4 ، ۲ خواهد شد.



به این ترتیب ضریب N_2 نیز ۳ خواهد شد. پس واکنش کلی برابر است با:



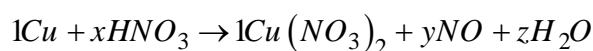
(ب) ضریب Cu را ۱ می‌گیریم. لذا ضریب $Cu(NO_2)_2$ ، ۱ خواهد شد.



پیدا کردن ضرایب مواد باقیمانده، مشکل است، زیرا عناصر N و O به ترتیب در سه و چهار ماده وجود دارند. پس

به راحتی نمی‌توان ضرایب باقیمانده را پیدا کرد. برای حل مسئله، ضرایب HNO_3 ، NO و H_2O را به ترتیب x

، y و z می‌گیریم.



حال، قانون بقای جرم را اعمال می‌کنیم. تعداد اتم‌ها در دو طرف باید برابر باشد. لذا:

$$H : x = 2z$$

$$N : x = 2 + y \Rightarrow y = x - 2 = 2z - 2$$

$$O : 3x = 6 + y + z \Rightarrow 3(2z) = 6 + (2z - 2) + z$$

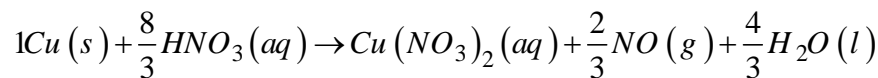
$$\Rightarrow 6z = 3z + 4 \Rightarrow z = \frac{4}{3}$$

Olympiad.roshd.ir

www.ShimiPedia.ir

به این ترتیب:

$$x = 2z = \frac{8}{3}, \quad y = 2z - 2 = \frac{2}{3}$$



برای صحیح کردن ضرایب، آنها را در ۳ ضرب می‌کنیم:



با استفاده از معادله موازنه شده می‌توان مقدار مواد مصرف شده و مواد حاصل را به دست آورد.

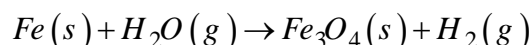
مثال ۲.

هرگاه بخار آب، $H_2O(g)$ ، از روی آهن داغ، $Fe(s)$ ، بگذرد، گاز هیدروژن، $H_2(g)$ ، و اکسیدی از آهن که

فرمول آن $Fe_3O_4(s)$ است تولید می‌شود. معادله موازنه شده این واکنش را بنویسید.

حل.

۱. واکنش موازنه نشده به صورت زیر است:



۲. به طوری که ملاحظه می‌شود یک اتم Fe و یک اتم O در طرف چپ، اما سه اتم Fe و چهار اتم O در

طرف راست است. شاید چنین به نظر برسد که به جای Fe_3O_4 اکسید دیگری از آهن به فرمول FeO

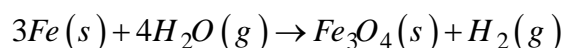
را در رابطه بگذاریم، زیرا با این کار بلافاصله معادله‌ای موازنه شده به دست می‌آید. اما چنین معادله‌ای

هیچ‌گونه ارزشی ندارد. آزمایش نشان می‌دهد که محصول واکنش Fe_3O_4 است، نه FeO . موازنه معادله

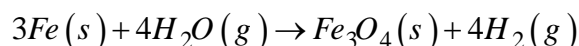
هرگز با تغییر محصولات واکنش انجام نمی‌شود.

در معادله واکنش آهن و بخار آب به سه اتم Fe و چهار مولکول H_2O نیاز داریم تا اتمهای آهن و اکسیژن لازم

برای تشکیل Fe_3O_4 فراهم شود:



اکنون این معادله به استثنای هیدروژن موازنه شده است و می‌توان موازنه آن را به صورت زیر کامل کرد:



سوختن در اکسیژن

قبلاً، داده‌های حاصل از سوختن مواد مرکب در اکسیژن را برای به دست آوردن ترکیب درصد و فرمول

تجربی به کار بردیم. در اینجا می‌خواهیم از این نوع واکنش برای تمرین نوشتن معادله استفاده کنیم. محصولات

سوختن کامل یک ماده مرکب در اکسیژن، O_2 ، را می‌توان براساس عناصر سازنده ماده مرکب پیشگویی کرد. اگر

ماده مرکب در $25^\circ C$ شامل:

کربن باشد، $CO_2(g)$ تولید می‌شود

هیدروژن باشد، $H_2O(l)$ تولید می‌شود

گوگرد باشد، $SO_2(g)$ تولید می‌شود

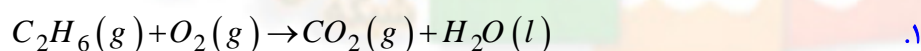
نیتروژن باشد، $N_2O(g)$ تولید می‌شود

مثال ۳.

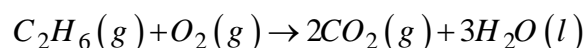
معادله شیمیایی سوختن کامل اتان، $C_2H_6(g)$ ، در اکسیژن را بنویسید.

حل.

چون اتان شامل کربن و هیدروژن است محصولات واکنش $CO_2(g)$ و $H_2O(l)$ هستند.

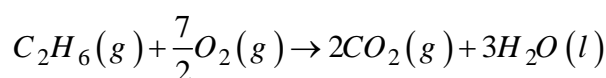


۲. برای موازنه دو اتم کربن C_2H_6 ، تولید دو مولکول CO_2 مشخص است. شش اتم هیدروژن C_2H_6 هم باید سه مولکول آب تولید کند.

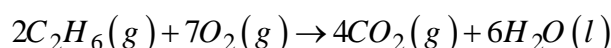


در این صورت فقط اکسیژن موازنه نشده باقی می‌ماند؛ زیرا هفت اتم اکسیژن طرف راست و فقط دو اتم در طرف

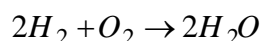
چپ است. برای آنکه هفت اتم اکسیژن در طرف چپ داشته باشیم، باید $3\frac{1}{2}$ یا $\frac{7}{2}$ مولکول O_2 بگیریم:



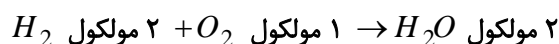
معمول این است که معادله‌ها ضریبهای عددی صحیح داشته باشند. اگر تمام معادله را در ۲ ضرب کنیم، به دست می‌آوریم:



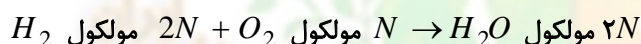
معادله شیمیایی را به چند طریق متفاوت می‌توان تفسیر کرد. مثلاً معادله زیر را در نظر بگیرید:



این معادله، در ساده‌ترین سطح، نشان می‌دهد که هیدروژن با اکسیژن ترکیب می‌شود و آب ایجاد می‌کند. در سطح اتمی - مولکولی بیان می‌کند که:

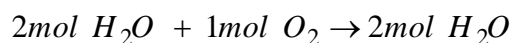


اگر $2N$ مولکول هیدروژن را در نظر بگیریم، که در آن N عدد آووگادرو (6.02205×10^{23}) باشد در این صورت خواهیم داشت:



اما به تعداد عدد آووگادرو مولکول، یک مول مولکول است، بنابراین معادله را برحسب مول می‌توانیم به صورت زیر

بنویسیم



آخرین تفسیر ما از معادله مذکور، تفسیری است که به ما امکان می‌دهد مسائل استوکیومتری را حل کنیم. ضرایب معادله شیمیایی نسبتی برحسب مول به ما می‌دهد که با آن نسبت مواد ترکیب و تولید می‌شوند. زیرا بر طبق

معادله

۲ مول H_2 با ۱ مول O_2 ترکیب می‌شود،

پس ۱۰ مول H_2 برای ترکیب شدن ۵ مول O_2 لازم دارد.

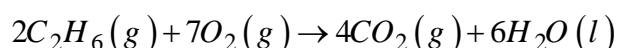
از این گذشته، چون معادله نشان می‌دهد که:

۲ مول H_2 ، ۲ مول H_2O تولید می‌کند

پس ۱۰ مول H_2 ، ۱۰ مول H_2O تولید خواهد کرد

مثال ۴.

عده مولهای $O_2(g)$ را که طبق معادله زیر برای واکنش با ۵ مول $C_2H_6(g)$ ، لازم است، معین کنید:



حل.

ما باید عده مولهای را از مقدار «۵ مول C_2H_6 » به دست آوریم

$$? \text{ mol } O_2 = 5 \text{ mol } C_2H_6$$

رابطه استوکیومتری حاصل از ضرایب معادله شیمیایی عبارت است از:

$$2\text{mol } C_2H_6 \approx 7\text{mol } O_2$$

از این رابطه، می‌توانیم ضریب تبدیل لازم برای حل مسئله را به دست آوریم. چون در این نسبت باید واحد

$molC_2H_6$ در مخرج کسر باشد، ضریب تبدیل $(7molO_2 / 2molC_2H_6)$ خواهد بود. پس حل مسئله به

صورت زیر است:

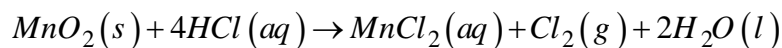
$$? mol O_2 = 5molC_2H_6 \left(\frac{7molO_2}{2molC_2H_6} \right) = 17.5molO_2$$

حل مسئله‌ای که کمیت‌های مواد، به جای مول، برحسب گرم بیان شده باشد، شامل سه مرحله است:

۱. مقدار ماده داده شده در مسئله را، با استفاده از وزن فرمولی آن ماده، به مول تبدیل می‌کنیم.
۲. برای تبدیل مولهای ماده معلوم به مولهای ماده مجهول مسئله از نسبت استوکیومتری حاصل از معادله شیمیایی (که یک نسبت مولی است) استفاده می‌کنیم.
۳. مقدار مولهای ماده مجهول را با استفاده از وزن فرمولی ماده مجهول به گرم تبدیل می‌کنیم.

مثال ۵.

کلر را با واکنش زیر می‌توان تهیه کرد:



(الف) چند گرم HCl برای واکنش با $25/0g MnO_2$ لازم است؟ (ب) چند گرم Cl_2 از این واکنش به دست

می‌آید؟

حل.

(الف) مسئله با نوشتن رابطه زیر آغاز می‌شود:

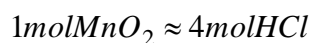
$$? g HCl = 25g MnO_2$$

نسبت استوکیومتری را از معادله شیمیایی برحسب مول به دست می‌آوریم. برای این کار $g MnO_2$ را به

$mol MnO_2$ تبدیل می‌کنیم. وزن مولکولی MnO_2 ، $86/9$ است.

$$? \text{ g HCl} = 25 \text{ g MnO}_2 \left(\frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86.9 \text{ g MnO}_2} \right)$$

از معادله شیمیایی رابطه زیر به دست می‌آید:



ضریب تبدیل حاصل از این رابطه ($4 \text{ mol HCl} / 1 \text{ mol MnO}_2$) است. در این صورت،

$$? \text{ g HCl} = 25 \text{ g MnO}_2 \left(\frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86.9 \text{ g MnO}_2} \right) \left(\frac{4 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MnO}_2} \right)$$

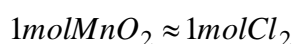
در اینجا، محاسبه عده مولهای HCl لازم را به دست می‌دهد. بنابراین، باید mol HCl را به g HCl تبدیل کنیم

تا پاسخ مسئله به دست آید. وزن مولکولی HCl ، 36.5 است. پس خواهیم داشت:

$$? \text{ g HCl} = 25 \text{ g MnO}_2 \left(\frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86.9 \text{ g MnO}_2} \right) \left(\frac{4 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MnO}_2} \right) \left(\frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} \right) = 42 \text{ g HCl}$$

(ب) به همین شیوه بخش دیگر مسئله را حل می‌کنیم. گرمهای MnO_2 را به مولهای MnO_2 تبدیل می‌کنیم.

واکنش مولی را از معادله شیمیایی



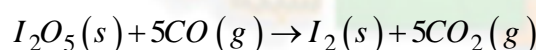
برای یافتن عده مولهای Cl_2 تولید شده به کار می‌گیریم. سرانجام، مولهای Cl_2 را به گرمهای Cl_2 تبدیل

می‌کنیم.

$$? \text{ g Cl}_2 = 25 \text{ g MnO}_2 \left(\frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86.9 \text{ g MnO}_2} \right) \left(\frac{1 \text{ mol Cl}_2}{1 \text{ mol MnO}_2} \right) \left(\frac{71 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} \right) = 20.4 \text{ g Cl}_2$$

مثال ۶.

مقدار کربن مونوکسید موجود در یک نمونه از گاز را می‌توان با واکنش زیر معین کرد:



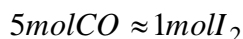
Olympiad.roshd.ir

www.ShimiPedia.ir

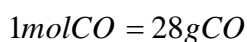
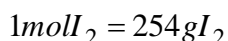
اگر نمونه‌ای از یک گاز I_2 0.192 g آزاد کند، چند گرم CO در این نمونه از گاز وجود دارد؟

حل.

رابطه مولی میان دو ماده مورد نظر از معادله شیمیایی به صورت زیر به دست می‌آید:



همچنین لازم است بدانیم که:



ضرایب تبدیل حاصل از این سه رابطه برای حل مسئله لازم است. حل مسئله به صورت زیر است:

$$? \text{ gCO} = 0.192\text{gI}_2 \left(\frac{1\text{molI}_2}{254\text{gI}_2} \right) \left(\frac{5\text{molCO}}{1\text{molI}_2} \right) \left(\frac{28\text{gCO}}{1\text{molCO}} \right) = 0.106\text{gCO}$$

مثال ۷.

با توجه به واکنش سوختن بوتان:

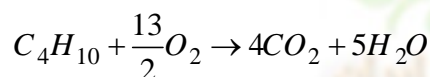
(الف) تعداد مول‌های اکسیژن لازم برای سوختن کامل $2/72$ مول بوتان را محاسبه کنید.

(ب) تعداد گرم‌های CO_2 حاصل از سوختن کامل $2/72$ مول بوتان را حساب کنید.

(ج) جرم H_2O تشکیل شده را وقتی 1 گرم اکسیژن در واکنش مصرف می‌شود، حساب کنید.

حل.

(الف) هر مول C_4H_{10} با $\frac{13}{2}$ مول اکسیژن واکنش می‌دهد. پس:

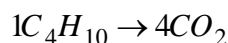


$$1 \quad \frac{13}{2}$$

$$2.72 \quad x \Rightarrow x = \frac{2.72 \times \frac{13}{2}}{1} = 17.7 \text{ mol}$$

(ب) از سوختن هر مول C_4H_{10} ، ۴ مول CO_2 به دست می‌آید. هر مول CO_2 نیز

$$12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g جرم دارد. پس:}$$

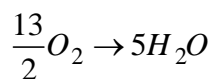


مول C_4H_{10} مصرفی	جرم CO_2 تولیدی
1	4×44
2.72	$x \Rightarrow x = \frac{2.72 \times 4 \times 44}{1} = 479 \text{ g}$

(ج) از هر $\frac{13}{2}$ مول O_2 ، ۵ مول H_2O به دست می‌آید.

$$M(H_2O) = 2 \times 1 + 16 = 18$$

$$M(O_2) = 2 \times 16 = 32$$



جرم O_2 مصرفی	جرم H_2O تولیدی
$\frac{13}{2} \times 32$	5×18
1	$x \Rightarrow x = \frac{15 \times 18}{\frac{13}{2} \times 32} = 0.43 \text{ g}$



Olympiad.roshd.ir

www.ShimiPedia.ir