۲ موازنه ی واکنش های شیمیایی

در این قسمت ابتدا به بررسی مفهوم قانون پایستگی جرم می پردازیم. سپس با به کارگیری این قانون، چگونگی موازنه کردن واکنش های شیمیایی را می آموزیم. *خوش آمدید!*

قانون پایستگی جرم

قانون پایستگی جرم می گوید : در واکنش های شیمیایی، جرم واکنش دهنده ها با جرم فراورده ها برابر است. *به همین سادگی!*
بریم سراغ یه مثال. اما قبلش خودت برای رسیدن به جواب تلاش کن!

مثال : ۳/۲ گرم آهن (III) اکسید در واکنش با گاز هیدروژن، ۲/۲۴ گرم آهن و ۱/۰۸ گرم بخارآب تولید می کند. چند گرم گاز هیدروژن کافی است؟

پاسخ : نیازی به نوشتن معادله ی واکنش نیست. طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش دهنده ها باید با مجموع جرم فراورده ها برابر باشد؛ پس :

جرم بخارآب + جرم آهن = جرم هیدروژن + جرم آهن (III) اکسید

$۳/۲ + x = ۲/۲۴ + ۱/۰۸ \Longrightarrow x = ۰/۱۲g$

از قانون پایستگی جرم نتیجه می گیریم 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 ی دیگری به هم متصل می شوند. یعنی تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف معادله باید یکسان باشد. این نتیجه، بسیار بسیار مهم است. چون اساس کارمان در موازنه ی واکنش های شمیایی بر پایه ی همین جمله است. یعنی ما با اعمال ضرایبی مناسب برای هر ماده، تعداد همه ی اتم های موجود در یک واکنش را در دو سمت معادله ی واکنش برابر می سازیم. *بعضی ها در حین موازنه کردن واکنش ها، یک کار هایی می کنند که نگو! مثلاً می زنند کل واکنش را خراب می کنند؛ اندیس ها را جا به جا می کنند، اعداد کسری و حتی گنگ (!) را به عنوان ضریب قرار می دهند و و و ... برای آنکه شما عزیزان این دست از اشتباهات فاحش را انجام ندهید، به این نکات توجه داشته باشید که:* در موازنه ی واکنش های شیمیایی: ❶ نباید زیروندهای موجود در فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها را تغییر داد. و ❷ضرایب نهایی باید کوچکترین عدد صحیح (غیرکسری) ممکن باشند.
بریم و از همین نکات دو سوال حل کنیم. بفرمایید!

مثال ۱ : چهار دانش آموز، واکنش $H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow H_۲O(g)$ را مطابق معادله های زیر موازنه کرده اند :

دانش آموز اول : $H_۲(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow H_۲O(g)$

دانش آموز دوم : $H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow H_۲O_۲(g)$

دانش آموز سوم : $۴H_۲(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow ۴\ H_۲O(g)$

دانش آموز چهارم : $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$

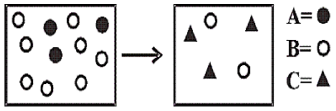
کدام دانش آموز واکنش را به درستی موازنه کرده است؟ دلیل نادرست بودن معادله ی موازنه شده توسط هر یک از سه دانش آموز دیگر را توضیح دهید.

پاسخ :

در موازنه ی دانش آموز اول، با وجود اینکه تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف معادله برابر است، وجود ضریب کسری برای $O_۲$ با قواعد موازنه سازگار نیست. دانش آموز دوم نیز قانون پایستگی جرم را به درستی درک کرده است، اما به این نکته توجه نکرده که در موازنه ی واکنش های شیمیایی نباید زیروندهای موجود در فرمول شیمیایی مواد را تغییر داد، بلکه باید با اعمال ضرایب مناسب، تعداد اتم های هر عنصر را در دو طرف معادله، یکسان نمود. ضرایبی که دانش آموز سوم برای موازنه به کار برده است، همگی به دو بخش پذیرند. این در حالی است که می دانیم، در موازنه ی واکنش های شیمیایی، ضرایب باید کوچکترین عدد صحیح ممکن باشند. دانش آموز چهارم، همه ی قواعد موازنه را به درستی رعایت کرده است.

مای درس
شبکه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال ۲ : با توجه به شکل مقابل، معادله ی موازنه شده ی واکنش را بنویسید.



پاسخ :

سوال جالبی است! ابتدا به این سوال پاسخ دهید که چرا در پایان واکنش، ماده ی B همچنان در ظرف واکنش وجود دارد؟ مگر می شود که دو ماده با یکدیگر واکنش دهند و مجدداً یکی از این دو تولید شود؟! *برای اینکه پاسخ را بیابید خوب دقت کنید!* ماده ی B محصول واکنش نیست; بلکه مقداری از همان مقادیر اولیه ی B است که در ظرف واکنش باقی مانده است. یعنی این مقدار از ماده ی B اصلاً در واکنش شرکت نکرده اند (اگر می خواهید بدانید که چرا این مقدار از ماده ی B در واکنش شرکت نکرده است، باید کمی صبر کنید تا به مبحث واکنش دهنده ی محدود کننده برسیم). بنابراین از ۸ عدد گوی B ای که در ابتدای واکنش در ظرف وجود داشته اند، ۶ عدد از آن ها در واکنش شرکت کرده است. پس ۶ عدد B با ۳ عدد A واکنش داده و ۳ عدد C تولید کرده است :

$۶B + ۳A \rightarrow ۳C$

دقت کنید که : هنوز به انتهای مسیر پاسخ این سوال نرسیده ایم! تمامی ضرایب معادله ی فوق به عدد ۳ بخش پذیرند. مگر قرار نبود که ضرایب یک معادله ی موازنه شده، کوچکترین عدد صحیح ممکن باشند؟! بنابراین، بعد از ساده سازی، معادله ی این واکنش به شکل زیر در می آید:

$۲B + A \rightarrow C$

یک معادله ی شیمیایی موازنه شده، مثلاً : $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$ به دو صورت خوانده می شود :

① دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می دهد و دو مول بخارآب تولید می کند.

② دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می دهد و دو مولکول آب تولید می کند.

دلیل این نکته را در قسمت های بعد توضیح خواهم داد.

و اما ...

طریقه ی موازنه کردن واکنش های شیمیایی

همانطور که در بالا اشاره شد، تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف یک معادله ی شیمیایی، باید برابر باشد. مثلاً اگر در واکنشی ۶ اتم هیدروژن در سمت واکنش دهنده ها باشد، همین تعداد اتم نیز باید در سمت فراورده ها وجود داشته باشد. وظیفه ی ما در موازنه کردن واکنش های شیمیایی، ایجاد این برابری است. برای این منظور از روش گام به گام زیر استفاده می کنیم:

آ . ابتدا و قبل از انجام هر کاری، پشت مواد شرکت کننده در واکنش، یک خط تیره رسم می کنیم.

بـ . انتخاب عنصر آغازگر موازنه :

عنصری آغازگر موازنه است که دو شرط مهم و اساسی زیر را داشته باشد :

شرط اول : در هر سمت معادله ی واکنش (واکنش دهنده ها و فراورده ها) **فقط** در ساختار یک ماده حضور داشته باشد.

شرط دوم : در ساختار یک ماده ی تک عنصری (مانند : $O_۲$، $Cl_۲$، Mg و ...) نباشد.

پـ . موازنه ی عنصر آغازگر: پس از انتخاب عنصر آغازگر موازنه، به موقعیت آن عنصر در دو طرف معادله ی واکنش، نگاهی می اندازیم و به ترکیبی که عنصر آغازگر موازنه در آن اندیس (زیروند) بزرگتری دارد، ضریب ۱ می دهیم. سپس با قرار دادن ضریبی مناسب پشت ترکیب دیگر، تعداد اتم های این عنصر را در دو سمت معادله یکسان می کنیم.

تـ . موازنه ی سایر عناصر : با توجه به مشخص شدن ضریب دو ماده، موازنه را بر اساس عنصرهایی که تعداد آن ها در یک سمت معادله مشخص شده است و در سمت دیگر تنها یک ضریب مربوط به آن ها نامعلوم است، ادامه می دهیم.

این ها شدند چارچوب کلی موازنه کردن واکنش های شیمیایی. *حق دارید که چیزی نفهمیده باشد!* چگونگی به کارگیری این موارد، و ریزه کاری های باقیمانده را در قالب مثال های زیر برایتان شرح می دهم. *پس بریم سراغ مثال ها* :

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

مثال ۱ :

$MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

قدم اوّل رسم خط تیره ها است:

$__ MnO_2 + __ HCl \rightarrow __MnCl_2 + __ Cl_2 + __ H_2O$

حال باید عنصر آغازگر موازنه را انتخاب کنیم. چهار عنصرMn، O، H و Cl در این واکنش حضور دارند. با توجه به دو شرط اساسی ای که برای انتخاب عنصر آغازگر موازنه مطرح کردیم، عناصری را که فاقد شرایط هستند، کنار می گذاریم:

بررسی شرط اول : با این شرط، عنصر Cl کنار می رود. چون این عنصر در سمت راست واکنش (فرآورده ها) در ساختار دو ماده وجود دارد.

بررسی شرط دوم : این شرط عنصر دیگری را کنار نمی گذارد. چون در این واکنش تنها یک ماده ی تک عنصری داریم، که همان Cl_2 است. این در حالی است که شرط اول عنصر Cl را کنار گذاشته بود.

اکنون می توانیم با هر یک از سه عنصر دیگر موازنه را آغاز کنیم. ما با عنصر O شروع می کنیم.

قدم بعدی این بود که به ماده ای که عنصر آغازگر موازنه در آن زیروند بزرگتری دارد، ضریب یک می دهیم و با توجّه به آن و با اعمال ضریبی مناسب برای ماده ی دیگر، این عنصر را موازنه می کنیم. عنصر O در ساختار دو ماده ی H_2O و MnO_2 حضور دارد. از انجا که زیروند O در MnO_2 بیشتر از H_2O است به MnO_2 ضریب یک می دهیم:

$\underline{۱}\ MnO_2 + __ HCl \rightarrow __MnCl_2 + __ Cl_2 + __ H_2O$

اکنون در سمت چپ واکنش، ۲ اتم O وجود دارد. همین تعداد اتم نیز باید در سمت راست وجود داشته باشد. برای این منظور، یک عدد ۲ در خط تیره ی مربوط به H_2O قرار می دهیم :

$\underline{۱}\ MnO_2 + __ HCl \rightarrow __MnCl_2 + __ Cl_2 + \underline{\mathbf{2}}\ H_2O$

حال باید موازنه را با عنصری ادامه دهیم که تعدادش در یک سمت معادله کاملاً مشخص باشد و در سمت دیگر فقط یک ضریبِ مربوط به آن نامعلوم باشد.

عنصر H چنین شرایطی را دارد. تعداد اتم های این عنصر در سمت فراورده ها برابر ۴ است. بنابراین با قرار دادن ضریب ۴ پشت HCl، تعداد اتم های این عنصر نیز در دو طرف معادله ی واکنش برابر می شود :

$\underline{۱}\ MnO_2 + \underline{\mathbf{4}}\ HCl \rightarrow __MnCl_2 + __ Cl_2 + \underline{۲}\ H_2O$

سـوال !؟ کار را با کدام عنصر ادامه دهیم؟ آیا می توانیم با Cl ادامه دهیم؟ جواب مسلماً خیـر است ! چون هنوز ضریب دو ماده ی مربوط به آن مشخص نیست. اما با Mn می توان ادامه داد. تعداد اتم های این عنصر در سمت واکنش دهنده ها ۱ است. از این رو به $MnCl_2$ ضریب ۱ می دهیم تا اتم های عنصر Mn نیز موازنه شود :

$\underline{۱}\ MnO_2 + \underline{۴}\ HCl \rightarrow \underline{\mathbf{1}}\ MnCl_2 + __ Cl_2 + \underline{۲}\ H_2O$

و در پایان، تعداد اتم های کلر را در دو طرف معادله برابر می کنیم. برای این منظور و با توجه به وجود ۴ اتم Cl در سمت چپ معادله، باید ۴ اتم Cl در سمت راست معادله نیز داشته باشیم. از آنجا که در $\underline{\mathbf{1}}\ MnCl_2$ ، دو اتم کلر وجود دارد، کافی است به Cl_2 ضریب ۱ بدهیم تا این عنصر موازنه شود :

$\underline{۱}\ MnO_2 + \underline{۴}\ HCl \rightarrow \underline{۱}\ MnCl_2 + \underline{\mathbf{1}}\ Cl_2 + \underline{۲}\ H_2O$

مثال ۲ :

$C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow CO_2 + H_2O + N_2 + O_2$

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

پس از رسم خط تیره ها، عنصر آغازگر موازنه را انتخاب می کنیم :

$$__\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow __\ CO_2 + __\ H_2O + __\ N_2 + __\ O_2$$

چهار عنصر C، H، N و O در این واکنش شرکت دارند. بررسی دو شرط اساسی :

بررسی شرط اول : این شرط همانند مانعی است که عنصر O اجازه ی عبور از آن را ندارد. زیرا عنصر اکسیژن در سمت فراورده ها در ساختار سه ماده حضور دارد.

بررسی شرط دوم : با این شرط عنصر N نیز نمی تواند جزو عناصر آغازگر موازنه باشد. زیرا در سمت راست واکنش، به صورت عنصر آزاد « N_2 » وجود دارد.

پس با هر یک از دو عنصر C یا H می توانیم موازنه را آغاز کنیم. ما با C شروع می کنیم. این عنصر در ساختار دو ماده ی $C_3H_5(NO_3)_3$ و CO_2 وجود دارد. به $C_3H_5(NO_3)_3$ ضریب ۱و به CO_2 ضریب ۳ می دهیم (چرا؟) :

$$\underline{1}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{3}\ CO_2 + __\ H_2O + __\ N_2 + __\ O_2$$

می توانیم با هر یک از دو عنصر N یا H ادامه دهیم. مثلاً H؛ تعداد اتم های این عنصر در سمت چپ برابر ۵ است. با قرار دادن ضریب $\frac{5}{2}$ در پشت H_2O، تعداد اتم های این عنصر موازنه می شود :

$$\underline{1}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{3}\ CO_2 + \underline{\frac{5}{2}}\ H_2O + __\ N_2 + __\ O_2$$

خوب توجه کنید که می خواهیم نکته ای مهم را به شما بگوییم !

از این پس هرگاه در حین موازنه ی واکنشی به ضریب کسری برخوردیم، بلافاصله تمامی ضرایب معلوم را، در مخرج آن کسر ضرب می کنیم تا آن ضریب از حالت غیرصحیح خارج شود. مثلاً در همین مثال، تمامی ضرایب معلوم را در عدد ۲ ضرب می کنیم :

$$\underline{2}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{6}\ CO_2 + \underline{5}\ H_2O + __\ N_2 + __\ O_2$$

با آنکه می توانیم با هر یک از دو عنصر N و O موازنه را ادامه دهیم، بدون هیچ دلیل خاصی (!) با N ادامه می دهیم. ۲×۱×۳ یعنی ۶ اتم N در قسمت واکنش دهنده ها حضور دارد ($2\ C_3H_5(NO_3)_3$). پس عددی که باید در خط تیره ی مربوط به N_2 قرار گیرد تا تعداد اتم های این عنصر نیز موازنه شود، ۳ است

$$\underline{2}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{6}\ CO_2 + \underline{5}\ H_2O + \underline{3}\ N_2 + __\ O_2$$

فقط ضریب O_2 نامعلوم است، که تکلیف آن نیز با موازنه کردن تعداد اتم های عنصر O مشخص می شود. تعداد اتم های این عنصر در سمت چپ معادله ی واکنش ۳×۳×۲ یعنی ۱۸ اتم است ($2\ C_3H_5(NO_3)_3$) . از ۱۸ اتم O ای که باید در سمت راست واکنش باشد، ۱۲ اتم در $\underline{6}\ CO_2$ و ۵ اتم در $\underline{5}\ H_2O$ وجود دارد (مجموعاً ۱۷ اتم). پس تنها به یک اتم اکسیژن دیگر نیاز داریم که با قرار دادن ضریب $\frac{1}{2}$ برای O_2 این نیاز برطرف می شود :

$$\underline{2}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{6}\ CO_2 + \underline{5}\ H_2O + \underline{3}\ N_2 + \underline{\frac{1}{2}}\ O_2$$

با ضریب کسری مواجه شدیم ! *چه کنیم* ؟! کاری که لحظاتی پیش آموختیم را انجام می دهیم. یعنی تمامی ضرایب را در مخرج کسر $\frac{1}{2}$ ضرب می کنیم :

$$\underline{4}\ C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow \underline{12}\ CO_2 + \underline{10}\ H_2O + \underline{6}\ N_2 + \underline{1}\ O_2$$

مثال ۳ :

$$Ca(OH)_2(aq) + H_3PO_4(aq) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(aq) + H_2O(l)$$

یکی دیگر از نکات موازنه را با استفاده از این مثال برایتان شرح می دهم. در حاشیه ی صفحه ی ۵ کتاب درسی، نوشته شده "در یک معادله ی شیمیایی، تعداد یون های چندتاتمی مانند PO_4^{3-}، NO_3^- و ... را به صورت یک گونه ی شیمیایی جدا در دو سوی معادله شمارش و موازنه کنید"

خب ! ظاهراً این نکته بسیار واضح و روشن به نظر می رسد. اما ممکن است در به کار گیری آن اشتباهاتی صورت گیرد که روند انجام موازنه را با مشکل روبه رو کند. اولاً باید حواسمان کاملاً جمع این موضوع باشد که آن یون چندتاتمی، عیناً و بدون هیچ تغییری در دو طرف معادله ی واکنش وجود داشته باشد. چون در برخی از واکنش ها ممکن است یونی چند اتمی در یکی از دو سمت موجود باشد، اما در سمت دیگر نَه. (در تمرین بعدی بیشتر توضیح خواهم داد)

گروه آموزشی مای درس
www.mydars.ir

ثانیاً ممکن است عناصر تشکیل دهنده ی آن یون چنداتمی در ترکیبات دیگری که در واکنش حضور دارند نیز موجود باشد که در این صورت کار شمارش آن عنصر کمی سخت می شود و امکان اشتباه وجود دارد. برای نمونه در همین تمرین، PO_4^{3-} را می توان به صورت یک گونه ی شیمیایی مستقل در دو سمت واکنش در نظر گرفت. اما یکی از عناصر تشکیل دهنده ی PO_4^{3-} یعنی O در $Ca(OH)_2$ نیز وجود دارد. پس باید حواسمان را خیلی جمع کنیم تا در شمارش این عنصر اشتباه نکنیم.

بریم سراغ موازنه ی واکنش :

$$__\ Ca(OH)_2(aq) + __\ H_3PO_4(aq) \rightarrow __\ Ca_3(PO_4)_2(aq) + __\ H_2O(l)$$

همان طور که کمی قبل اشاره کردم PO_4^{3-} را می توان به صورت یک گونه ی مستقل در نظر گرفت. چون عیناً در دو سمت این واکنش و در ترکیبات H_3PO_4 و $Ca_3(PO_4)_2$ وجود دارد. برای جلوگیری از اشتباه در شمارش اتم های عنصر O، یون چند اتمی PO_4^{3-} را *در ذهنمان* چیزی مانند X در نظر می گیریم. *اما برای آنکه شما بهتر متوجه شوید، این کار ذهنی مان را روی کاغذ می آوریم* !

$$__\ Ca(OH)_2(aq) + __\ H_3X(aq) \rightarrow __\ Ca_3(X)_2(aq) + __\ H_2O(l)$$

برای انتخاب عنصر آغازگر موازنه هیچ محدودیتی نداریم (چرا؟) و می توانیم موازنه را با هر یک از سه عنصر H، Ca و O و یا حتی با گونه ی X شروع کنیم. خب ما با همین X شروع می کنیم. ابتدا به $Ca_3(X)_2$ ضریب ۱ و به H_3X ضریب ۲ می دهیم :

$$__\ Ca(OH)_2(aq) + \underline{2}\ H_3X(aq) \rightarrow \underline{1}\ Ca_3(X)_2(aq) + __\ H_2O(l)$$

با Ca ادامه می دهیم. تعداد این عنصر در سمت فراورده ها ۳ است. با قرارگیری ضریب ۳ در خط تیره ی مربوط به $Ca(OH)_2$، کلسیم نیز به جمع عناصر موازنه شده ی واکنش می پیوندد :

$$\underline{3}\ Ca(OH)_2(aq) + \underline{۲}\ H_3X(aq) \rightarrow \underline{۱}\ Ca_3(X)_2(aq) + __\ H_2O(l)$$

باید ضریب H_2O را نیز معلوم کنیم تا کار تمام شود. با عنصر اکسیژن ادامه می دهیم. تعداد ۲×۳ یعنی ۶ اتم عنصر اکسیژن در واکنش دهنده ها داریم. پس ضریب H_2O می شود ۶.

با این حساب و با قرار گرفتن PO_4^{3-} به جای X، معادله ی موازنه شده ی نهایی واکنش به صورت زیر در می آید :

$$\underline{۳}\ Ca(OH)_2(aq) + \underline{۲}\ H_3PO_4(aq) \rightarrow \underline{۱}\ Ca_3(PO_4)_2(aq) + \underline{6}\ H_2O(l)$$

با دو **دقت کنید که** ی زیر پاسخ تشریحی این تمرین را به اتمام می رسانیم :

دقت کنید که ۱ : اگر برای جلوگیری از اشتباه، می خواهید گونه های چنداتمی را چیزی مثل X در نظر بگیرید، این کار را فقط و فقط در ذهن تان و نهایتاً در چرک نویس انجام دهید. *مبادا این کار را در برگه ی امتحانی تان بیاورید و هوصله ی مصحح را سر ببرید* !

دقت کنید که ۲ : گاهی اوقات در موازنه ی واکنش های شیمیایی ممکن است که عنصری را اصلاً موازنه نکنیم اما آن عنصر خودبه خود و با موازنه کردن سایر عناصر موازنه شود. مثلاً همین عنصر H در واکنش بالا؛ بدون اینکه با این عنصری کاری داشته باشیم، موازنه شد. (۱۲ اتم در سمت راست و ۱۲ اتم در سمت چپ). اما همواره برای کسب اطمینان از درست بودن موازنه، تعداد این نوع اتم ها را در دو طرف معادله ی واکنش بشمارید *تا خیال تان آسوده شود*!

مثال ۴ :

$$FeCr_2O_7(s)+Na_2CO_3(s)+O_2(g) \rightarrow Na_2CrO_4(s)+Fe_2O_3(s)+CO_2(g)$$

به چی دارید نگاه می کنید!؟ فط تیره ها رو رسم کنید!

$$__\ FeCr_2O_7(s)+__\ Na_2CO_3(s)+__\ O_2(g) \rightarrow __\ Na_2CrO_4(s)+__\ Fe_2O_3(s)+__\ CO_2(g)$$

در این تمرین، هم در سمت راست و هم در سمت چپ واکنش، یون های چنداتمی داریم. یون های دی کرومات ($Cr_2O_7^{2-}$) و کربنات (CO_3^{2-}) در واکنش دهنده ها و یون کرومات (CrO_4^{2-}) در فراورده ها. اما آیا می توان این یون ها را به صورت یک گونه ی چنداتمی مستقل در نظر گرفت؟ جواب مسلماً خیر است. چون هیچ یک از این یون ها، عیناً در دو سمت معادله ی واکنش وجود ندارند. همین اتفاق در تمرین قبل برای یون هیدروکسید (OH^-) نیز افتاده بود و با وجود اینکه این یون در واکنش دهنده ها حضور داشت، اما به دلیل عدم حضور در فراورده ها نمی توانستیم آن را به صورت یک گونه ی مستقل در نظر بگیریم. بنابراین باید از بین عناصر شرکت کننده در معادله که پنج عنصر Fe، Cr، O، Na و C هستند، عنصر آغازگر موازنه را انتخاب کرد.

به جز O با هر چهار عنصر دیگر می توانیم آغاز کنیم. با Fe شروع می کنیم. به Fe_2O_3 ضریب ۱ و به $FeCr_2O_7$ ضریب ۲ می دهیم :

$$\underline{2}\ FeCr_2O_7(s)+__\ Na_2CO_3(s)+__\ O_2(g) \rightarrow __\ Na_2CrO_4(s)+\underline{1}\ Fe_2O_3(s)+__\ CO_2(g)$$

www.my-dars.ir
گروه آموزشی عصر

تنها ماده ای که فقط یک ضریب مربوط به آن خالی است Cr می باشد. ۴ اتم Cr در واکنش دهنده ها داریم. برای داشتن همین تعداد اتم کروم در سمت راست، باید ضریب ۴ را به Na_2CrO_4 بدهیم :

$$\underline{۲}\ FeCr_2O_7(s)+ \underline{\ }\ Na_2CO_3(s)+ \underline{\ }\ O_2(g) \rightarrow \underline{\mathbf{4}}\ Na_2CrO_4(s)+ \underline{۱}\ Fe_2O_3(s)+ \underline{\ }\ CO_2(g)$$

حال با مشخص شدن ضریب Na_2CrO_4 می فهمیم تعداد اتم های عنصر سدیم در سمت راست برابر ۸ است. بنابراین ضریب Na_2CO_3، برابر ۴ خواهد بود:

$$\underline{۲}\ FeCr_2O_7(s)+ \underline{\mathbf{4}}\ Na_2CO_3(s)+ \underline{\ }\ O_2(g) \rightarrow \underline{۴}\ Na_2CrO_4(s)+ \underline{۱}\ Fe_2O_3(s)+ \underline{\ }\ CO_2(g)$$

با توجه به مشخص شدن تعداد اتم های کربن در سمت چپ (۴ اتم)، ضریب CO_2 در سمت راست معادله برابر ۴ می شود :

$$\underline{۲}\ FeCr_2O_7(s)+ \underline{۴}\ Na_2CO_3(s)+ \underline{\ }\ O_2(g) \rightarrow \underline{۴}\ Na_2CrO_4(s)+ \underline{۱}\ Fe_2O_3(s)+ \underline{\mathbf{4}}\ CO_2(g)$$

فقط می ماند موازنه ی عنصر O؛ قرارمان این بود که ابتدا تعداد اتم های عنصر مورد نظر را در سمتی که تمامی ضرایب مربوط به آن عنصر مشخص است بشماریم و بعد به سمت دیگر معادله برویم. در سمت فراورده ها ۲۷ اتم O وجود دارد. پس ۲۷ اتم O نیز باید در واکنش دهنده ها باشد. با توجه به $\underline{۲}\ FeCr_2O_7$ و $\underline{۴}\ Na_2CO_3$ ، مجموعاً ۲۶ اتم O در واکنش دهنده ها وجود دارد. پس تنها به ۱ اتم O ی دیگر نیاز داریم. که این اتفاق در صورتی خواهد افتاد که ضریب O_2 برابر $\frac{۱}{۲}$ باشد :

$$\underline{۲}\ FeCr_2O_7(s)+ \underline{۴}\ Na_2CO_3(s)+ \underline{\frac{1}{2}}\ O_2(g) \rightarrow \underline{۴}\ Na_2CrO_4(s)+ \underline{۱}\ Fe_2O_3(s)+ \underline{۴}\ CO_2(g)$$

دیگه زشته که بگم می خوام چیکار کنم!

$$\underline{\mathbf{4}}\ FeCr_2O_7(s)+ \underline{\mathbf{8}}\ Na_2CO_3(s)+ \underline{\mathbf{1}}\ O_2(g) \rightarrow \underline{\mathbf{8}}\ Na_2CrO_4(s)+ \underline{\mathbf{2}}\ Fe_2O_3(s)+ \underline{\mathbf{8}}\ CO_2(g)$$

برای اینکه بفهمیم چند مرده ملاجیم، بیاید این ۴ تا دونه تمرین رو هم با هم حل کنیم. (اول شما حل کنید!)

::: تمرینات :::

۱ واکنش های شیمیایی زیر را موازنه کنید.

الف) $FeSO_4 + Cl_2 \rightarrow Fe_3(SO_4)_2 + FeCl_3$

ب) $P_4(s) + Br_2(l) + H_2O(l) \rightarrow HBr(aq) + H_3PO_4(aq)$

پ) $KBrO_3(s) + N_2H_4(g) \rightarrow N_2(g) + KBr(aq) + H_2O(l)$

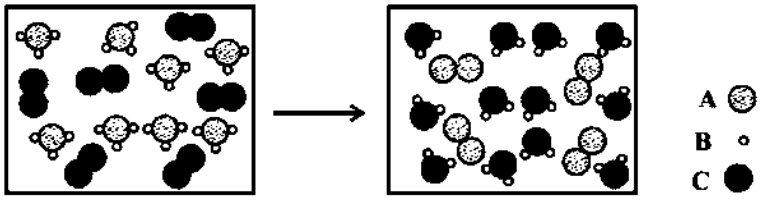
ت) $S_2Cl_2 + NH_3 \rightarrow S_4N_4 + S_8 + NH_4Cl$

ث) $Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 + C \rightarrow P_4 + CaSiO_3 + CO$

۲ در معادله ی نمادی واکنش زیر پس از موازنه، نسبت ضریب پتاسیم منگنات به اکسیژن چقدر است ؟

گاز اکسیژن + منگنز(IV) اکسید جامد + پتاسیم منگنات جامد → پتاسیم پر منگنات جامد

۳ با توجه به شکل زیر، معادله ی موازنه شده ی واکنش مورد نظر کدام است؟



۴ فلز M دارای ظرفیت n است. اگر مجموع ضرایب مواد، در معادله ی واکنش سوختن این ماده برابر با ۹ باشد و بدانیم که n عددی فرد باشد، مقدار n کدام است ؟

مای درس
گروه آموزشی عصر
www.my-dars.ir

::: پاسخ تمرینات :::

پاسخ ۱ الف) : موازنه را با عنصر S یا O و یا با یون چند اتمی SO_4 شروع می کنیم :

$$\underline{۳}\ FeSO_4 + __\ Cl_2 \rightarrow \underline{۱}\ Fe_2(SO_4)_3 + __\ FeCl_3$$

حالا Fe را موازنه می کنیم. ۳ عدد در سمت چپ واکنش است. پس ضریب $FeCl_3$ را برابر ۱ قرار می دهیم تا همین تعداد در سمت راست نیز به وجود آید:

$$\underline{۳}\ FeSO_4 + __\ Cl_2 \rightarrow \underline{۱}\ Fe_2(SO_4)_3 + \underline{۱}\ FeCl_3$$

فقط مانده Cl که با قرار دادن ضریب $\frac{3}{2}$ برای Cl_2 این ماده هم موازنه می شود:

$$\underline{۳}\ FeSO_4 + \underline{\frac{3}{2}}\ Cl_2 \rightarrow \underline{۱}\ Fe_2(SO_4)_3 + \underline{۱}\ FeCl_3$$

حالا وقت آن است که با ضرب کردن همه ی ضرایب در عدد ۲، $\frac{3}{2}$ را از حالت کسری خارج کنیم:

$$\underline{۶}\ FeSO_4 + \underline{۳}\ Cl_2 \rightarrow \underline{۲}\ Fe_2(SO_4)_3 + \underline{۲}\ FeCl_3$$

پاسخ ۱ ب) : موازنه را فقط با O می توانیم شروع کنیم (چرا؟). ضریب H_3PO_4 را برابر ۱ و ضریب H_2O را ۴ می گذاریم:

$$__\ P_4(s) + __\ Br_2(l) + \underline{۴}\ H_2O(l) \rightarrow __\ HBr(aq) + \underline{۱}\ H_3PO_4(aq)$$

با H ادامه می دهیم. با قرار دادن ضریب ۵ برای HBr اتم H موازنه می شود:

$$__\ P_4(s) + __\ Br_2(l) + \underline{۴}\ H_2O(l) \rightarrow \underline{۵}\ HBr(aq) + \underline{۱}\ H_3PO_4(aq)$$

نوبتی هم باشه، نوبت Br *است*! با قرار دادن ضریب $\frac{۵}{۲}$ برای Br_2 ، موازنه برای Br نیز برقرار می شود. بلافاصله همه ی ضرایب را در عدد ۲ ضرب می کنیم. بنابراین وضعیت ضرایب تا به اینجا به این شکل در می آید:

$$__\ P_4(s) + \underline{۵}\ Br_2(l) + \underline{۸}\ H_2O(l) \rightarrow \underline{۱۰}\ HBr(aq) + \underline{۲}\ H_3PO_4(aq)$$

فقط مانده موازنه P. دوعدد P در سمت چپ واکنش داریم. با قرار دادن ضریب $\frac{1}{2}$ برای P_4 همین تعداد هم در سمت چپ حاصل می شود.

$$\underline{\frac{1}{2}}\ P_4(s) + \underline{۵}\ Br_2(l) + \underline{۸}\ H_2O(l) \rightarrow \underline{۱۰}\ HBr(aq) + \underline{۲}\ H_3PO_4(aq)$$

دست آخر همه ی ضرایب را در ۲ ضرب می کنیم:

$$\underline{1}\ P_4(s) + \underline{۱۰}\ Br_2(l) + \underline{۱۶}\ H_2O(l) \rightarrow \underline{۲۰}\ HBr(aq) + \underline{۴}\ H_3PO_4(aq)$$

پاسخ ۱ پ) : با همه ی عناصر به جز N می توانیم موازنه را آغاز می کنیم. ما با O شروع می کنیم. ۱و ۳ ضرایبی است که به ترتیب برای $KBrO_3$ و H_2O در نظر می گیریم:

$$\underline{۱}\ KBrO_3(s) + __N_2H_4(g) \rightarrow __\ N_2(g) + __KBr(aq) + \underline{۳}\ H_2O(l)$$

با H ادامه می دهیم. ۶ عدد در سمت راست حضور دارد. پس با قرار دادن ضریب $\frac{6}{4}$ یا همان $\frac{3}{2}$ برای ماده ی N_2H_4 تعداد اتم های H در دو طرف معادله ی واکنش یکسان می شود:

$$\underline{۱}\ KBrO_3(s) + \underline{\frac{3}{2}}\ N_2H_4(g) \rightarrow __\ N_2(g) + __KBr(aq) + \underline{۳}\ H_2O(l)$$

همه ی ضرایب را در ۲ ضرب می کنیم:

$$\underline{۲}\ KBrO_3(s) + \underline{3}\ N_2H_4(g) \rightarrow __\ N_2(g) + __KBr(aq) + \underline{۶}\ H_2O(l)$$

با قرار دادن ضریب ۲ برای KBr و ضریب ۳ برای N_2، تعداد اتم های عناصر N، K و Br نیز موازنه می شود.

$$\underline{۲}\ KBrO_3(s) + \underline{3}\ N_2H_4(g) \rightarrow \underline{۳}\ N_2(g) + \underline{2}\ KBr(aq) + \underline{۶}\ H_2O(l)$$

پاسخ ۱ ت): قبل از هر چیزی تاکید می کنیم که PO_4 را نمی توان به صورت یک گونه ی مستقل در نظر گرفت(چرا؟). با Ca کارمان را آغاز می کنیم. ضریب ۱ برای $Ca_3(PO_4)_2$ و ضریب ۳ برای $CaSiO_3$.

$$1\ Ca_3(PO_4)_2 + __\ SiO_2 + __\ C \rightarrow __\ P_4 + 3\ CaSiO_3 + __\ CO$$

با P ادامه می دهیم. با قرار دادن ضریب $\frac{1}{2}$ برای P_4 موازنه برای این عنصر برقرار می شود :

$$1\ Ca_3(PO_4)_2 + __\ SiO_2 + __\ C \rightarrow \frac{1}{2}\ P_4 + 3\ CaSiO_3 + __\ CO$$

همه ضرایب ضربدر ۲ ⟹

$$2\ Ca_3(PO_4)_2 + __\ SiO_2 + __\ C \rightarrow 1\ P_4 + 6\ CaSiO_3 + __\ CO$$

Si را موازنه می کنیم. ۶ عدد در سمت راست داریم. پس با قرار دادن ضریب ۶ برای SiO_2، Si هم موازنه می شود:

$$2\ Ca_3(PO_4)_2 + 6\ SiO_2 + __\ C \rightarrow 1\ P_4 + 6\ CaSiO_3 + __\ CO$$

با C که نمی توانیم ادامه دهیم. چون ضریب دو ماده ی مربوط به آن نا مشخص است. پس با O ادامه می دهیم. مجموعاً ۲۸ اتم O در سمت چپ واکنش حضور دارد (*بشمارید!*). در سمت راست ۱۸ اتم در $6CaSiO_3$ قرار دارد. می ماند ۱۰ اتم دیگر که با قرار دادن ضریب ۱۰ برای CO همه چی *ردیف می شه* ! همین جا C را هم موازنه می کنیم. *کاری نداره که ! کافیه یک ضریب ۱۰ بذاریم واسه C تو سمت چپ معادله* !

$$2\ Ca_3(PO_4)_2 + 6\ SiO_2 + 10\ C \rightarrow 1\ P_4 + 6\ CaSiO_3 + 10\ CO$$

همین !!

پاسخ ۱ ث) : با Cl شروع می کنیم. ضریب S_4Cl_2 را برابر ۱ و ضریب NH_4Cl را برابر ۲ قرار می دهیم.

$$1\ S_4Cl_2 + __\ NH_3 \rightarrow __\ S_4N_4 + __\ S_8 + 2\ NH_4Cl$$

حالا می خواهیم H را موازنه کنیم. ۸ عدد در سمت راست واکنش داریم. پس با قرار دادن ضریب $\frac{8}{3}$ برای NH_3 تعداد اتم های H در دو سمت معادله ی واکنش با هم برابر می شود:

$$1\ S_4Cl_2 + \frac{8}{3}\ NH_3 \rightarrow __\ S_4N_4 + __\ S_8 + 2\ NH_4Cl$$

همه ی ضرایب را در ۳ ضرب می کنیم :

$$3\ S_4Cl_2 + 8\ NH_3 \rightarrow __\ S_4N_4 + __\ S_8 + 6\ NH_4Cl$$

نوبت N است. با توجه به ضرایبی که تا حالا مشخص شده اند ۸ تا N در سمت چپ داریم و ۶ تا در سمت راست. پس با قرار دادن ضریب $\frac{2}{4}$ یا همان $\frac{1}{2}$ برای ماده ی S_4N_4 به هدفمان که موازنه ی N است می رسیم:

$$3\ S_4Cl_2 + 8\ NH_3 \rightarrow \frac{1}{2}\ S_4N_4 + __\ S_8 + 6\ NH_4Cl$$

باید همه ی ضرایب را در ۲ ضرب کنیم:

$$6\ S_4Cl_2 + 16\ NH_3 \rightarrow 1\ S_4N_4 + __\ S_8 + 12\ NH_4Cl$$

فقط تکلیف S مشخص نشده است. ۱۲ اتم S در سمت چپ قرار دارد. ۴ اتم S در ماده ی S_4N_4 وجود دارد. پس با قرار دادن ضریب ۱ برای ماده ی S_8 تعداد اتم های S در دو طرف معادله ی واکنش با هم برابر می شود.

$$6\ S_4Cl_2 + 16\ NH_3 \rightarrow 1\ S_4N_4 + 1\ S_8 + 12\ NH_4Cl$$

پاسخ ۲: ابتدا از معادله ی نوشتاری معادله ی نمادی را می نویسیم :

اکسیژن + منگنز(IV) اکسید + پتاسیم منگنات ← پتاسیم پر منگنات

$$KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

موازنه ی این واکنش به صورت زیر است: (*خودتان موازنه کنید!*)

$$2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

بنابراین نسبت ضریب پتاسیم منگنات به اکسیژن برابر با یک است.

مای درس
گروه آموزشی مای درس
www.my-dars.ir

پاسخ ۳ :

همان طور که در شکل ملاحظه می کنید، در قسمت واکنش دهنده ها ۸ تا AB_3 به همراه ۶ عدد C_2 داریم و در قسمت فرآورد ها ۱۲ CB_2 و ۴ عدد A_2 داریم. بنابراین معادله ی این واکنش به شکل زیر است:

$$8\,AB_3 + 6\,C_2 \rightarrow 12\,CB_2 + 4\,A_2$$

اما می دانیم در موازنه ی یک واکنش شیمیایی ضرایب باید ساده ترین حالت ممکن را داشته باشند. ولی ضرایب بالا همگی به ۲ بخش پذیرند. پس همه ی ضرایب را به دو تقسیم می کنیم. در نهایت معادله ی واکنش یاد شده به این شکل است:

$$4\,AB_3 + 3\,C_2 \rightarrow 6\,CB_2 + 2\,A_2$$

پاسخ ۴ : می دانیم از سوختن فلز ها، اکسید آن فلز به دست می آید. با توجه به ظرفیت فلز M معادله ی واکنش سوختن این ماده به شکل زیر است:

$$M + O_2 \rightarrow M_2O_n$$

و موازنه این واکنش به صورت پارامتری، به شکل زیر است:

$$2\,M + \frac{n}{2}\,O_2 \rightarrow M_2O_n$$

اما صورت سوال گفته که n فرد است. این یعنی $\frac{n}{2}$ عددی کسری است. پس برای خروج از حالت کسری، همه ی ضرایب را در عدد ۲ ضرب می کنیم:

$$4\,M + n\,O_2 \rightarrow 2\,M_2O_n$$

و در آخر:

مجموع ضرایب = ۹ $\Longrightarrow$ ۴ + n + ۲ = ۹ $\Longrightarrow$ $\boxed{n = 3}$

مای درس
گـــروه آمـــوزشی عصـــر
www.my-dars.ir

AGHAJANI
مدرس و مولف شیمی
مدارس و آموزشگاه های شهر تهران
WEB : www.m-aghajani.com
MOBILE : 0912 49 50 864
SMS : 500029606