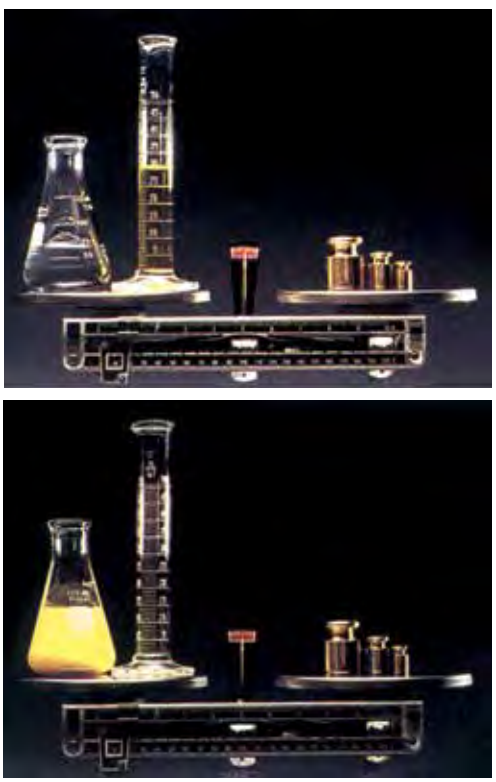
آ) بادکنک مانع از خروج فراورده از ظرف واکنش می‌شود از این‌رو جرم کل مخلوط واکنش ثابت می‌ماند.
(واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید)



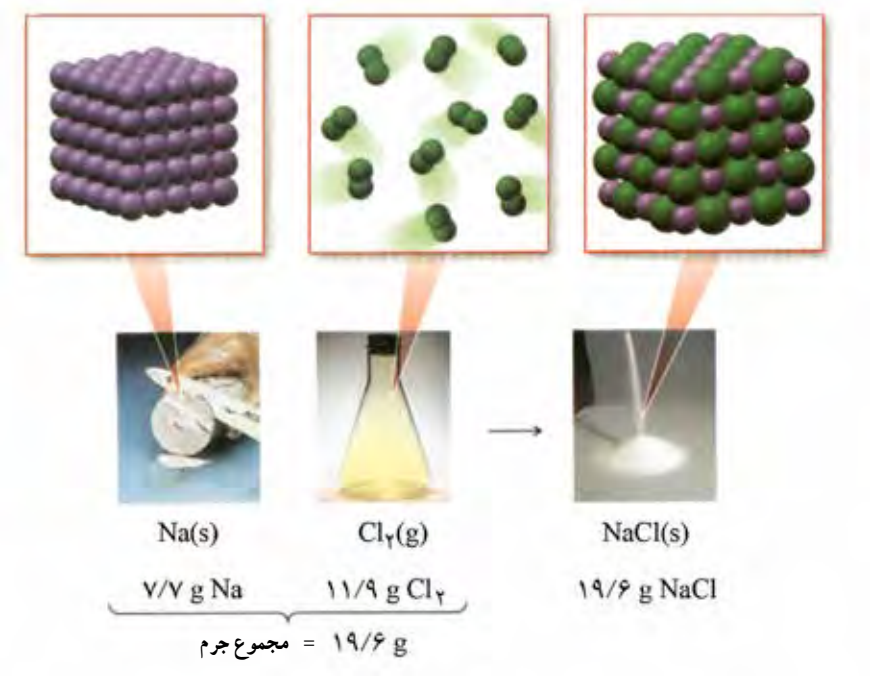
ب) مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر است. (واکنش محلول پتاسیم کرومات با محلول سرب (II) نیترات)

شکل ۱ــ بررسی قانون پایستگی جرم

می‌دانیم که مطابق نظریهٔ انیشتین ($E = \Delta mc^2$) انرژی با جرم هم ارز است؛ به طوری که در واکنش‌های هسته‌ای مقدار قابل توجهی از جرم مواد به انرژی تبدیل می‌شود. از این‌رو در این واکنش‌ها، قانون پایستگی جرم و انرژی همزمان برقرار است.

در واکنش‌های شیمیایی نیز مقدار بسیار ناچیزی (در حد نانو (میلیاردیم) گرم و کمتر) از جرم مواد به انرژی تبدیل می‌شود. در نتیجه کاهش جرم قابل تشخیص نیست و قانون پایستگی جرم حاکم است.

توصیه می‌شود برای موازنهٔ واکنش‌ها از روش وارسی استفاده کنید و فقط در صورت موازنه نشدن با روش وارسی به سراغ روش پارامتری بروید.



شکل ۲ــ قانون پایستگی جرم در واکنش کامل فلز سدیم با گاز کلر

موازنهٔ معادله‌های شیمیایی (Balancing of Chemical Equations)

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

برای موازنهٔ یک معادلهٔ شیمیایی، **می‌توان** به هر یک از مواد یک ضریب مجهول به صورت a، b، c و... نسبت داده، سپس با استفاده از قانون پایستگی جرم، معادله‌هایی برحسب a، b، c و... نوشت. حل دستگاهی از این معادله‌ها، مقادیر a، b، c و... را مشخص خواهد کرد. برای مثال، برای موازنهٔ معادله شیمیایی

$$NH_3 + NO_2 \longrightarrow N_2 + H_2O$$

می‌توان نوشت :

$$a\,NH_3 + b\,NO_2 \longrightarrow c\,N_2 + d\,H_2O$$

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

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

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

حال با حلّ دستگاه سه معادله با سه مجهول می‌توان مقدار هر یک از ضریب‌های a، b، c و ... را به دست آورد.

$$\left.\begin{array}{l} a + b = 2c \\ 3a = 2d \\ 2b = d \end{array}\right] \quad \text{اگر } \underline{b=1} \; d = 2 \;,\; a = \frac{4}{3} \;,\; c = \frac{7}{6}$$

با قرار دادن هر یک از این اعداد در معادلهٔ مورد نظر، خواهیم داشت :

$$\frac{4}{3}NH_3 + NO_2 \longrightarrow \frac{7}{6}N_2 + 2H_2O$$

حال برای تبدیل ضرایب به کوچک‌ترین عددهای صحیح ممکن، همهٔ آنها را در عدد ۶ ضرب می‌کنیم.

$$8NH_3 + 6NO_2 \longrightarrow 7N_2 + 12H_2O$$

برای مثال، واکنش‌های زیر را با روش وارسی موازنه کنید.

آ)

$$Br_2 + NaOH \longrightarrow NaBr + NaBrO_3 + H_2O$$

$$Br_2 + NaOH \longrightarrow NaBr + NaBrO_3 + 1H_2O$$

$$Br_2 + 2NaOH \longrightarrow NaBr + NaBrO_3 + 1H_2O$$

$$Br_2 + 2NaOH \longrightarrow \frac{5}{3}NaBr + \frac{1}{3}NaBrO_3 + 1H_2O$$

$$Br_2 + 2NaOH \longrightarrow \frac{5}{3}NaBr + \frac{1}{3}NaBrO_3 + 1H_2O$$

همه ضرایب را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم.

$$3\,Br_2 + 6NaOH \longrightarrow 5\,NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$$

ب)

$$Ag_2S + NO_3^- + H^+ \longrightarrow Ag^+ + S + NO + H_2O$$

$$Ag_2S + 1\,NO_3^- + H^+ \longrightarrow Ag^+ + S + NO + H_2O$$

$$Ag_2S + 1\,NO_3^- + H^+ \longrightarrow Ag^+ + S + 1NO + 2H_2O$$

$$Ag_2S + 1\,NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow Ag^+ + S + 1NO + 2H_2O$$

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

$$Ag_2S + 1\,NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 3Ag^+ + S + 1NO + 2H_2O$$

$$\frac{3}{2}Ag_2S + 1\,NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 3\,Ag^+ + \frac{3}{2}S + 1NO + 2H_2O$$

نماد $\xrightarrow{h\nu}$ در معادلهٔ نمادی بیانگر آن است که واکنش شیمیایی در حضور نور (تابش الکترومغناطیسی) انجام می‌شود.
نمادهای (sol) و (cr) نشان دهندهٔ حالت‌های فیزیکی محلول غیرآبی و بلوری هستند.

در موازنهٔ معادله‌های شیمیایی لزوماً نباید به ترکیبی که دارای بیشترین تعداد اتم‌هاست ضریب ۱ بدهید. در برخی از معادله‌ها می‌توان به ترکیبی که تعداد اتم‌های کمتری داشته یا در سمت راست معادله قرار دارد، عدد ۱ نسبت داد و بر اساس آن بقیهٔ عنصرها را موازنه کرد.

در واکنش‌های شیمیایی، قانون پایستگی بار نیز وجود دارد. مطابق این قانون مجموع کل بارهای الکتریکی واکنش‌دهنده‌ها با مجموع کل بارهای الکتریکی فراورده‌ها برابر است.

$$\overset{\times 2}{\Rightarrow} 3Ag_2S + 2NO_3^- + 8H^+ \longrightarrow 6Ag^+ + 3S + 2NO + 4H_2O$$

پ) $MnO_4^- + Fe^{2+} + H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + Fe^{3+} + H_2O$

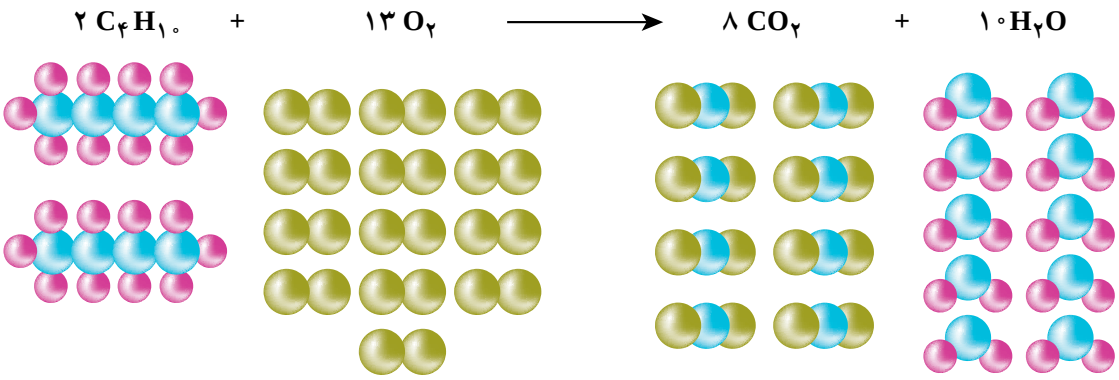
پاسخ : ضرایب در معادلهٔ موازنه شده به ترتیب از چپ به راست برابر خواهد بود با :

۱، ۵، ۸ ۱، ۵، ۴

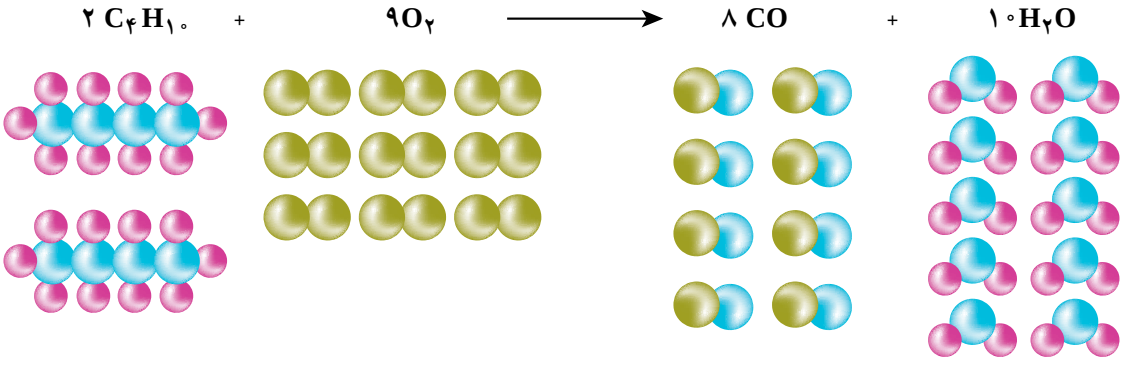
پاسخ «فکر کنید» صفحهٔ ۳ : ۱ــ آ و ب : برای نشان دادن قانون پایستگی جرم در واکنش‌هایی که حداقل یکی از مواد شرکت کننده در واکنش گازی شکل است، واکنش باید در ظرف دربسته انجام شود. ۲ــ پاسخ در متن کتاب داده شده است.

سوختن ناقص هیدروکربن‌ها

هرگاه در سوختن گاز، نفت و چوب در بخاری و شومینه اکسیژن کافی موجود نباشد، سوختن این مواد به طور کامل انجام نمی‌شود و به همراه کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید نیز تولید می‌شود. (شکل ۳ــ آ و ۳ــ ب، انجام هم‌زمان این دو واکنش سوختن ناقص گاز بوتان را نشان می‌دهند و میزان پیشرفت هر یک به مقدار اکسیژن موجود در محیط واکنش بستگی دارد).



شکل ۳ــ آ ــ سوختن کامل گاز بوتان



شکل ۳ــ ب ــ سوختن ناقص گاز بوتان

کربن مونوکسید، گازی سمی، بی‌رنگ و بی‌بوست. این گاز پس از ورود به بدن، با مولکول‌های هموگلوبین واکنش می‌دهد و جایگزین مولکول‌های اکسیژن می‌شود. در نتیجه، به راحتی می‌تواند سبب مرگ انسان شود. جدول زیر اثر مقادیر متفاوت کربن مونوکسید موجود در هوا را بر سلامتی بزرگسالان نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ آثار زیانبار کربن مونوکسید بر سلامتی انسان

غلظت CO در هوا(ppm)	نشانه‌های بیماری	زمان لازم برای مرگ
۵۰	حداکثر زمان مجاز برای حضور در این هوا برابر ۸ ساعت است.	ــــ
۲۰۰	سردرد خفیف، خستگی، سرگیجه، حالت تهوع بعد از ۲ تا ۳ ساعت در معرض گاز CO بودن	ــــ
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	۳ــ۲ ساعت
۱۶۰۰	همهٔ علائم بالا بعد از ۲۰ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۱ ساعت
۳۲۰۰	همهٔ علائم بالا بعد از ۵ تا ۱۰ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۲۵ تا ۳۰ دقیقه
۶۴۰۰	همهٔ علائم بالا بعد از ۱ تا ۲ دقیقه در معرض گاز CO بودن	۱۰ تا ۱۵ دقیقه
۱۲۸۰۰	همهٔ علائم بالا	۱ تا ۳ دقیقه