

ارایه روشی جامع برای موازنه واکنش‌های شیمیایی و بررسی کارایی آن بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان سوم دبیرستان

علیرضا کرمی گزافی^۱، کامبیز اسفینی فراهانی^۲، رویا مجیدی^۳

^۱ استادیار شیمی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ص پ ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش شیمی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران
^۳ استادیار فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی کارایی یک روش جامع برای موازنه معادله واکنش‌های شیمیایی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان سال سوم دبیرستان و مقایسه آن با روش آرایه شده در کتاب درسی شیمی سال سوم می‌باشد. این تحقیق از نوع کاربردی، روش به کار رفته در آن نیمه تجربی و طرح تحقیق از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری، دانش‌آموزان دختر سال سوم دبیرستان منطقه ۴ تهران در سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱ و نمونه آماری، ۹۶ دانش‌آموز در دبیرستان ایران در قالب ۳ کلاس درسی می‌باشد که به صورت نمونه در دسترس انتخاب شد. ابزار تحقیق، یک آزمون پیشرفت تحصیلی محقق ساخته بود که روایی آن توسط اساتید و دبیران مجرب شیمی بررسی شد. ضریب آلفای کرونباخ ۰/۷۱۷ به دست آمد که بیانگر پایایی مناسب آن است. روش اجرای تحقیق بدین صورت بود که یک کلاس به عنوان گروه کنترل و دو کلاس دیگر به عنوان گروه آزمایش به طور تصادفی طبقه بندی شدند. گروه کنترل با روش کتاب درسی و گروه آزمایش با روش جامع در طی ۳ هفته آموزش دیدند. قبل و بعد از اجرای تحقیق، از همه دانش‌آموزان پیش‌آزمون و پس‌آزمون گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که بین نمرات گروه‌های کنترل و آزمایش، تفاوت معنی‌داری وجود دارد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، دانش‌آموزانی که به روش جامع آموزش دیده‌اند، نمرات بالاتری کسب کرده‌اند.

کلمات کلیدی

موازنه، معادله واکنش‌های شیمیایی، پیشرفت تحصیلی، کتاب درسی شیمی

نکات برجسته پژوهش

- ارایه روشی برای موازنه همه واکنش‌های شیمیایی
- ارایه روشی برای موازنه با داشتن تعداد قواعد کم، ساده و قابل فهم
- عدم وابستگی روش ارائه شده به مفاهیم شیمیایی یا عملیات ریاضی پیچیده مانند عدد اکسایش و ماتریس

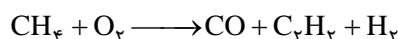
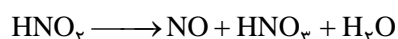
¹ arkaramigazafi@gmail.com, ar_karami@sru.edu



۱- مقدمه

شیمیدان‌ها برای نمایش اتم‌ها، عنصرها و ترکیب‌ها از یک زبان جهانی استفاده می‌کنند. در این زبان حرف‌ها را نمادهای شیمیایی می‌گویند و هر عنصر را با یک نماد شیمیایی نشان می‌دهند. کلمه‌های این زبان علمی را فرمول شیمیایی می‌گویند. هر فرمول شیمیایی نمایانگر یک ترکیب شیمیایی است. جمله‌ها یا عبارت‌های زبان شیمی، معادله‌های شیمیایی هستند. هر معادله شیمیایی، آن چه را در یک واکنش شیمیایی روی می‌دهد به طور خلاصه بیان می‌کند. یک معادله شیمیایی، بازآرایی اتم‌ها را در واکنش‌های شیمیایی نشان می‌دهد. اگر دو طرف یک واکنش شیمیایی را به مانند دو کفه یک ترازو در نظر بگیرید، در این صورت یک معادله موازنه شده نشان می‌دهد که مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است. این نکته، پیروی واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم را یادآور می‌شود. مطابق این قانون، در یک واکنش شیمیایی جرم نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود. برای اطمینان از این که یک واکنش شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کند یا نه، همیشه تعداد اتم‌های موجود در پایان واکنش باید با تعداد آن‌ها در آغاز واکنش برابر باشد. به عبارت دیگر، واکنش یاد شده باید موازنه باشد [۱].

در کتاب درسی شیمی سال سوم دوره متوسطه نظری، برای موازنه کردن معادله واکنش‌های شیمیایی، از روش واریسی استفاده شده است [۲]. این روش، تنها برای موازنه معادله‌های شیمیایی ساده کاربرد داشته و معادله‌های شیمیایی کمی پیچیده‌تر، مانند نمونه‌های زیر را نمی‌توان به کمک آن موازنه کرد.



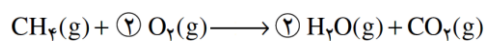
روش ارایه شده در این تحقیق، روشی است که با استفاده از آن می‌توان همه واکنش‌های شیمیایی را موازنه کرد. این روش، مبتنی بر اصول ساده ریاضی بوده و به وسیله آن می‌توان واکنش‌های پیچیده را با کمترین مشکل موازنه کرد.

۲- موازنه معادله واکنش‌های شیمیایی

برای موازنه معادله‌های شیمیایی روش‌های متفاوتی مانند سعی و خطا، واریسی [۳]، جبری و ماتریس [۴] وجود دارد که در زیر شرحی برای هر یک آورده شده است.

۲-۱- روش سعی و خطا

در این روش برای برابر شدن اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله، باید اتم‌های هر عنصر را یک به یک و به صورت تصادفی انتخاب و شمارش کرد و با قرار دادن ضریب‌های گوناگون، معادله را موازنه کرد. این روش ویژه معادله‌های ساده بوده و بسیاری از واکنش‌های پیچیده‌تر را نمی‌توان با این روش موازنه کرد. برای مثال در معادله شیمیایی سوختن کامل گاز متان که به صورت $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ است، با به کار بردن ضریب ۲ برای آب و اکسیژن، معادله این واکنش به صورت زیر موازنه می‌شود.



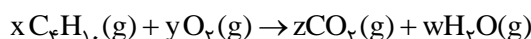
تعداد اتم‌های C	۱	✓	۱
تعداد اتم‌های H	۴	✓	۴
تعداد اتم‌های O	۴	✓	۴

۲-۲- روش وارسی

موازنة معادله‌های شیمیایی به این روش، فرایند سعی و خطا نبوده، بلکه یک روش پیشنهادی سیستماتیک بر اساس هر جادی است. این روش که روش زنجیری نام دارد (هر جادی آن را روش پینگ پونگ نامید)، برای موازنه معادله‌های شیمیایی ساده، هم چنین برای بیشتر واکنش‌های پیچیده بدون بار قراردادی (روش عدد اکسایش) انتخاب می‌شود. در این روش، ترکیبی که بیشترین تعداد اتم را دارد، آغاز کننده موازنه خواهد بود. پس از آن اتم‌های دیگر در این ترکیب و سپس ترکیب‌های دیگر به ترتیب بیشتر بودن تعداد، انتخاب و موازنه می‌شوند (یون‌های چند اتمی به صورت یک گونه شیمیایی جدا در دو سوی معادله شمارش و موازنه می‌شوند).

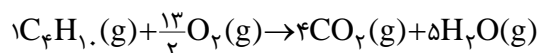
۲-۳- روش جبری

در این روش، نخست یک ضریب پارامتری به هر یک از شرکت کننده‌ها در معادله داده می‌شود. سپس اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله با ضرایب پارامتری، شمارش شده و برابر قرار داده می‌شود. در این شرایط، به تعداد ضریب‌ها، معادله به وجود می‌آید. حل چنین دستگاه‌هایی منجر به یافتن ضریب‌های استوکیومتری شده و معادله موازنه می‌گردد. برای مثال معادله شیمیایی سوختن کامل گاز بوتان که به صورت $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$ است، به صورت زیر موازنه می‌شود.

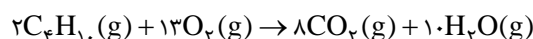


موازنه کربن: $4x = z$ ، موازنه هیدروژن: $10x = 2w$ و موازنه اکسیژن: $2y = 2z + w$. با حل دستگاه سه معادله سه مجهولی زیر، مقدار عددی پارامترها به دست می‌آید.

$$\begin{cases} 4x = z \\ 10x = 2w \\ 2y = 2z + w \end{cases} \Rightarrow x = 1, z = 4, w = 5, y = \frac{13}{2}$$



$\downarrow \times 2$



۲-۴- روش ماتریس‌ها

در این روش همانند روش جبری، به هر یک از شرکت کننده‌ها در معادله، یک ضریب پارامتری داده می‌شود. پس از شمارش اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله، با ضریب‌های پارامتری و تشکیل معادله، به چند معادله و چند مجهول می‌رسیم. در ریاضیات برای حل چنین دستگاه‌هایی از ماتریس‌ها استفاده می‌شود. این روش برای واکنش‌های پیچیده، بسیار سودمند و پر کاربرد است اما استفاده از این روش نیاز به زمان و مهارت زیادی داشته و خارج از برنامه درسی دوره متوسطه است.

هر یک از این روش‌ها محدودیت داشته و تنها برای موازنه طیف خاصی از واکنش‌های شیمیایی کارایی دارند. از سوی دیگر، دو مشکل عمده دانش‌آموزان و معلمان در موازنه معادله‌های شیمیایی چنین تجربه شده است:

۱- آن‌ها در برخورد با انواع واکنش‌ها مجبورند قواعد خاصی را برای موازنه هر نوع معادله به خاطر سپرده و رعایت کنند.

۲- به آسانی نمی‌توانند روش موازنه معادله‌های پیچیده را انتخاب و آن را موازنه کنند.

این موارد باعث شد در پی ابداع روشی برای موازنه همه واکنش‌ها برآییم. از آنجا که روش ارایه شده در این مقاله محدود به واکنش‌های خاصی نمی‌باشد، آن را **روش جامع** نامیده‌ایم.



۲-۵- روش جامع یا پیشنهادی

در این روش که مبتنی بر اصول ساده ریاضی است، به طور خلاصه به ترتیب زیر عمل می‌شود:

۱- موازنه را از ترکیبی که تعداد اتم‌های بیشتری دارد (بزرگ‌ترین ماده) شروع کرده، و برای آن ضریب اختیاری (معمولاً عدد یک) قرار می‌دهیم.

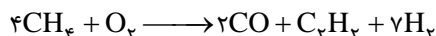
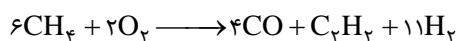
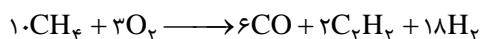
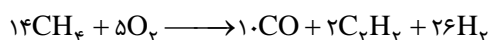
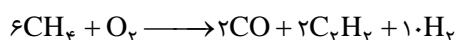
۲- در ریاضیات، یک معادله را تنها با داشتن یک مجهول می‌توان حل کرد. بر این اساس، هر عنصر وقتی موازنه می‌شود که تعداد اتم‌های آن تنها در یک ماده مجهول باشد. با توجه به این مطلب، سعی می‌کنیم که برای سایر مواد ضریب عددی مناسب قرار دهیم.

۳- هنگامی که دیگر نتوانیم از روی موازنه عنصرهای موجود در بزرگ‌ترین ماده برای سایر مواد ضریب عددی قرار دهیم، به موازنه عنصر یا عنصرهای غیر مشترک در مواد فاقد ضریب می‌پردازیم.

۴- اگر با عبور از مرحله ۳، هنوز موادی فاقد ضریب باشند، از میان آن‌ها ماده‌ای را که تعداد اتم‌های بیشتری دارد (بزرگ‌ترین ماده ثانویه)، انتخاب کرده و برای آن ضریب پارامتری (مانند X) قرار می‌دهیم. با استفاده از این پارامتر، می‌توان برای مواد فاقد ضریب، ضریب عددی یا پارامتری قرار داد. در این حالت معمولاً تعداد عنصرهای موازنه نشده بیشتر از تعداد مواد فاقد ضریب بوده، و از روی موازنه عنصر یا عنصرهای موازنه نشده، می‌توان مقدار عددی پارامتر را تعیین کرد.

۵- اگر با عبور از مرحله ۴، عنصری باقی‌ماند که با موازنه آن بتوانیم مقدار پارامتر را تعیین کنیم، معادله با بی‌نهایت مجموعه از ضرایب عددی غیر مرتبط با هم موازنه می‌شود. در این حالت با توجه به این که ضریب هیچ ماده‌ای نمی‌تواند صفر یا منفی باشد، محدوده عددی پارامتر را تعیین می‌کنیم. به ازای بی‌نهایت عدد موجود در این محدوده، بی‌نهایت مجموعه از ضرایب عددی غیر مرتبط به دست می‌آید که همه آن‌ها معادله مورد نظر را موازنه می‌کنند.

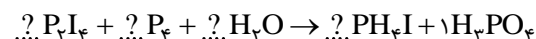
برای مثال در یکی از روش‌های صنعتی تهیه گاز استیلن، مخلوطی از متان و اکسیژن را در دمای 1485°C مطابق معادله $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$ واکنش می‌دهند. ضریب‌های استوکیومتری این معادله در صنعت $\{2, 2, 1, 0, 6\}$ بوده اما مجموعه ضریب‌های دیگری مانند $\{10, 2, 26, 5, 14\}$ ، $\{6, 2, 18, 3, 10\}$ ، $\{4, 1, 11, 2, 6\}$ و $\{2, 1, 7, 1, 4\}$ نیز آن را موازنه می‌کنند.



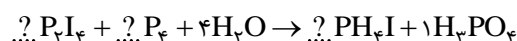
در روش جامع با در نظر گرفتن بار الکتریکی به عنوان یک عنصر، می‌توان نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش و نیز معادله‌های یونی را موازنه کرد. برای درک بیشتر این روش، به بررسی چند مثال می‌پردازیم.

مثال ۱: واکنش $\text{P}_2\text{I}_4 + \text{P}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_4\text{I} + \text{H}_3\text{PO}_4$ را موازنه کنید [۵].

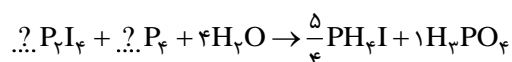
موازنه را ماده‌ای که تعداد کل اتم‌های آن بیشتر است شروع می‌کنیم و برای آن ضریب اختیاری ۱ قرار داده، و به جای ضریب سایر مواد، علامت سوال قرار می‌دهیم.



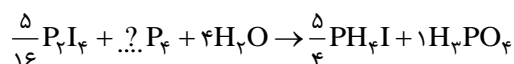
با توجه به تعداد اتم‌های هر عنصر در بزرگ‌ترین ماده برای سایر مواد ضریب مناسب قرار می‌دهیم. باید به این نکته توجه داشت که یک عنصر وقتی قابل موازنه است که تعداد اتم‌های آن تنها در یک ماده نامعلوم باشد (در ریاضی یک معادله تنها با داشتن یک مجهول قابل حل است). چون تعداد اتم H در دو ماده PH_۴I و H_۲O، همچنین تعداد اتم P در سه ماده PH_۴I، P_۴I_۴ و نامعلوم است، نمی‌توانیم برای این مواد ضریب مناسب قرار دهیم. اما تعداد اتم O تنها در H_۲O نامعلوم است، بنابراین با موازنه اکسیژن، ضریب ۴ را برای H_۲O قرار می‌دهیم.



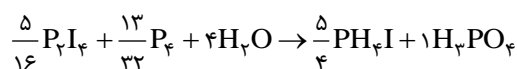
اکنون تعداد اتم H تنها در PH_۴I نامعلوم بوده و با موازنه H می‌توانیم برای PH_۴I، ضریب $\frac{5}{4}$ قرار دهیم.



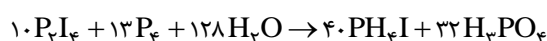
هنگامی که دیگر نتوانیم از روی موازنه عنصرهای موجود در بزرگ‌ترین ماده برای سایر مواد ضریب قرار دهیم، به موازنه عنصر یا عنصرهای غیر مشترک در مواد بدون ضریب می‌پردازیم. در دو ماده P_۴I_۴ و P_۴ عنصر I غیر مشترک بوده و با موازنه آن، ضریب $\frac{5}{16}$ را برای P_۴I_۴ قرار می‌دهیم.



در ادامه عنصر P را موازنه کرده و ضریب $\frac{13}{32}$ را برای P_۴ قرار می‌دهیم.

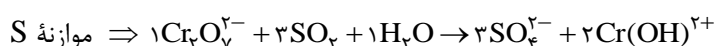
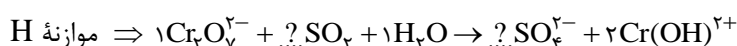
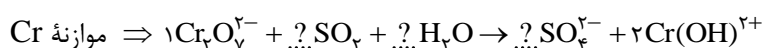
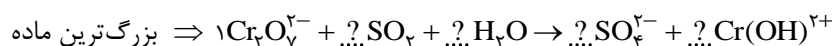


از آنجا که ضریب‌های به کار رفته در معادله موازنه شده، باید کوچک‌ترین عدد صحیح (غیر کسری) ممکن باشند، معادله را در عدد ۳۲ ضرب می‌کنیم.



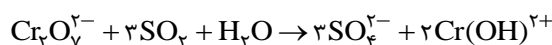
مثال ۲: واکنش $Cr_2O_7^{2-} + SO_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + Cr(OH)_3$ را موازنه کنید.

در این روش برای موازنه واکنش‌های یونی و نیم واکنش‌ها، به طور عادی مراحل موازنه را انجام می‌دهیم و هنگامی که دیگر نتوانستیم از روی موازنه عنصرها برای مواد ضریب قرار دهیم، بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم. توجه به این نکته ضروری است که بار الکتریکی وقتی قابل موازنه است که تنها یک یون ضریب نداشته باشد. در اینجا بزرگ‌ترین ماده $Cr_2O_7^{2-}$ است که برای آن ضریب ۱ قرار داده، در ادامه H، Cr، بار الکتریکی و S را موازنه می‌کنیم تا به ترتیب ضریب $Cr(OH)_3$ ، H_۲O، SO_4^{2-} و SO_2 تعیین شود.



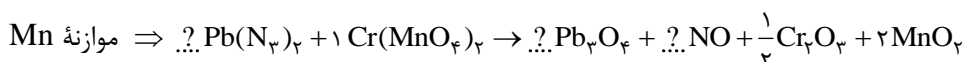
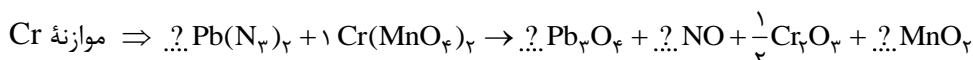
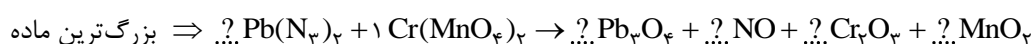


از آنجا که در یک معادله شیمیایی موازنه شده، ضریب ۱ نوشته نمی‌شود، معادله موازنه شده به صورت زیر است:

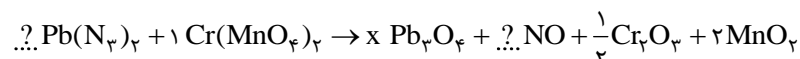


مثال ۳: واکنش $\text{Pb}(\text{N}_3)_2 + \text{Cr}(\text{MnO}_4)_2 \rightarrow \text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{NO} + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{MnO}_2$ را موازنه کنید [۵].

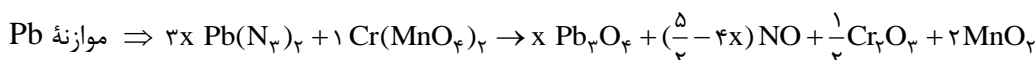
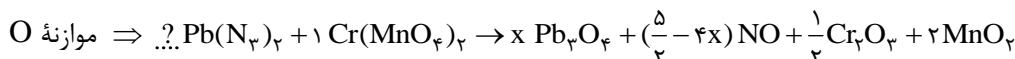
در اینجا بزرگ‌ترین ماده $\text{Cr}(\text{MnO}_4)_2$ است که برای آن ضریب ۱ قرار داده و برای سایر مواد ضریب علامت سوال قرار می‌دهیم. در ادامه با موازنه Cr و Mn به ترتیب ضریب Cr_2O_3 و MnO_2 تعیین می‌شود.



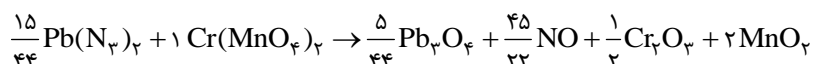
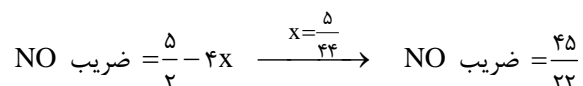
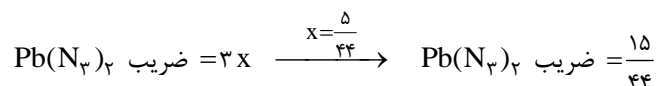
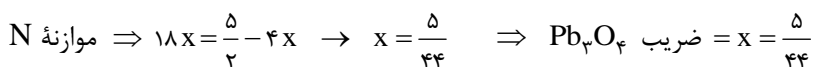
در این مرحله عنصر دیگری قابل موازنه نیست. در این حالت از بین مواد NO، Pb_3O_4 و $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ که فاقد ضریب هستند، بزرگ‌ترین ماده را انتخاب کرده و برای آن ضریب X قرار می‌دهیم. از میان Pb_3O_4 و $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ که هر دو بیشترین تعداد اتم را دارند، Pb_3O_4 را به دلخواه انتخاب می‌کنیم.



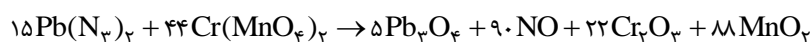
حال دو ماده NO و $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ فاقد ضریب هستند. در این مواد عنصرهای O و Pb غیر مشترک بوده که با موازنه آن‌ها به ترتیب ضریب NO و $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ تعیین می‌شود.



در ادامه با موازنه N مقدار عددی X تعیین شده و از روی آن سایر ضرایب پارامتری مشخص می‌شوند.

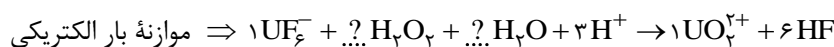
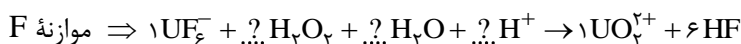
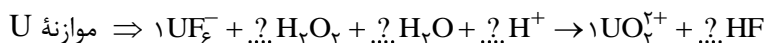
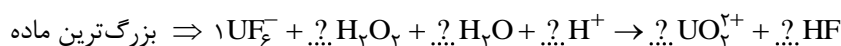


از آنجا که ضریب‌های به کار رفته در معادله موازنه شده، باید کوچک‌ترین عدد صحیح (غیر کسری) ممکن باشند، معادله را در عدد ۴۴ ضرب می‌کنیم.

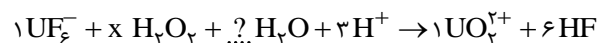


مثال ۴: واکنش $UF_6 + H_2O + H_2O + H^+ \rightarrow UO_2^{2+} + HF$ را موازنه کنید.

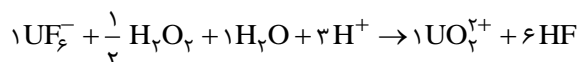
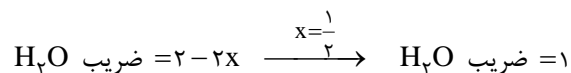
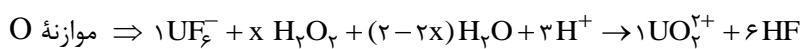
در اینجا بزرگترین ماده UF_6^- است که برای آن ضریب ۱ قرار داده و برای سایر مواد ضریب علامت سوال قرار می‌دهیم. در ادامه U، F و بار الکتریکی را موازنه می‌کنیم تا به ترتیب ضریب UO_2^{2+} ، HF و H^+ تعیین شود.



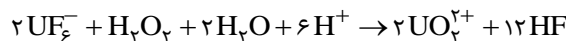
در این مرحله عنصر دیگری قابل موازنه نیست. در این حالت از بین مواد H_2O و H_2O که فاقد ضریب هستند، H_2O را به عنوان بزرگترین ماده انتخاب کرده و برای آن ضریب X قرار می‌دهیم.



در ادامه می‌توان با موازنه O یا H، ضریب H_2O را تعیین کرد. در اینجا با موازنه O ضریب H_2O را تعیین می‌کنیم. سپس با موازنه H مقدار عددی X را به دست آورده از روی آن ضریب پارامتری دیگر را محاسبه می‌کنیم.

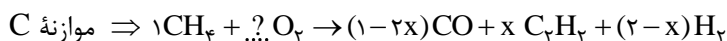
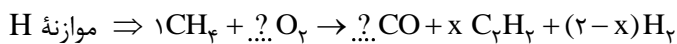
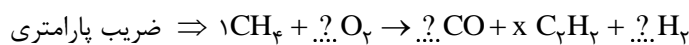
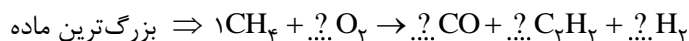


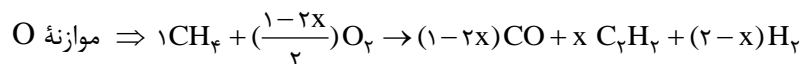
از آنجا که ضریب‌های به کار رفته در معادله موازنه شده، باید کوچکترین عدد صحیح (غیر کسری) ممکن باشند، معادله را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم.



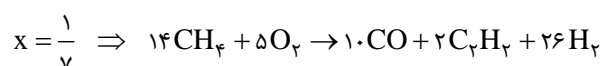
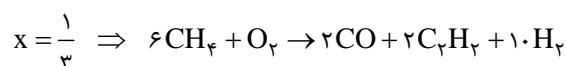
مثال ۵: واکنش $CH_4 + O_2 \rightarrow CO + C_2H_2 + H_2$ را موازنه کنید [۵-۷].

در اینجا بزرگترین ماده CH_4 است که برای آن ضریب ۱ قرار می‌دهیم. از آنجا که هیچ عنصری قابل موازنه نیست، برای C_2H_2 ضریب X قرار داده و با موازنه H، C و O به ترتیب ضریب هر یک از مواد H_2 ، CO و O_2 را تعیین می‌کنیم.



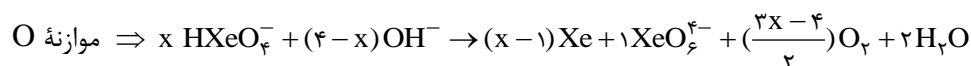
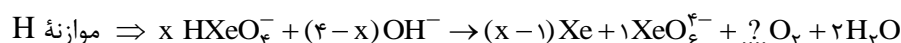
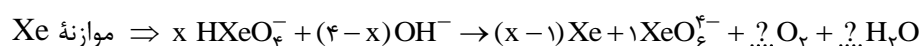
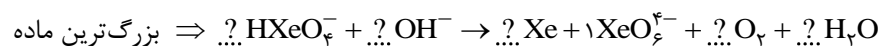


از آنجا که همه عناصر موازنه شده‌اند، مقدار x از روی موازنه هیچ عنصری قابل محاسبه نیست. در این مرحله باید توجه داشت که در یک معادله شیمیایی، ضریب هیچ ماده‌ای نمی‌تواند صفر یا منفی باشد. با بررسی ضریب پارامتری مواد در می‌یابیم که مقدار x نمی‌تواند صفر باشد، زیرا ضریب C_2H_2 صفر می‌شود. همچنین مقدار x نمی‌تواند $\frac{1}{2}$ یا بیشتر باشد، زیرا ضریب CO و O_2 به ترتیب صفر و عددی منفی می‌شود. بنابراین مقدار x بیشتر از صفر و کمتر از $\frac{1}{2}$ بوده و واکنش به ازای تمامی مقادیر x در محدوده $0 < x < \frac{1}{2}$ موازنه می‌شود. از بی‌نهایت عددی که در این محدوده وجود دارد، دو عدد برای موازنه این معادله در زیر آمده است.

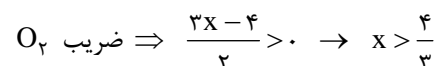
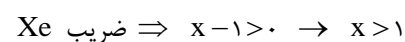
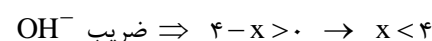
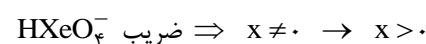


مثال ۶: واکنش $\text{HXeO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{Xe} + \text{XeO}_6^{4-} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ را موازنه کنید.

در اینجا بزرگترین ماده XeO_6^{4-} است که برای آن ضریب ۱ قرار می‌دهیم. از آنجا که هیچ عنصری قابل موازنه نیست، برای HXeO_4^- ضریب x قرار داده و با موازنه بار الکتریکی، H ، Xe و O به ترتیب ضریب هر یک از مواد OH^- ، Xe ، H_2O و O_2 را تعیین می‌کنیم.

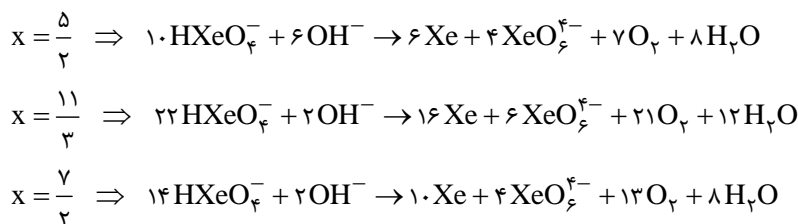


از آنجا که مقدار x از روی موازنه هیچ عنصری قابل محاسبه نیست، به بررسی ضریب پارامتری مواد می‌پردازیم.



بنابراین واکنش به ازای تمامی مقادیر x در محدوده $\frac{4}{3} < x < 4$ موازنه می‌شود. از بی‌نهایت عددی که در این محدوده

وجود دارد، سه عدد برای موازنه این معادله در زیر آمده است.



به کمک این روش همه معادله‌های موجود در چند کتاب شیمی عمومی معتبر [۸-۱۱] به آسانی موازنه گردید.

۳- روش تحقیق و مراحل آن

این تحقیق در پاییز سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱ روی ۹۶ نفر نمونه در دسترس از دانش‌آموزان دختر سال سوم دبیرستان منطقه ۴ شهر تهران اجرا شد. متغیر مستقل در این تحقیق روش تدریس است که به دو صورت « تدریس موازنه به روش کتاب درسی » و « تدریس موازنه به روش جامع » انجام شده است و متغیر وابسته، یادگیری (پیشرفت تحصیلی) دانش‌آموزان می‌باشد.

۳-۱- گردآوری داده‌ها

در این تحقیق بحث موازنه واکنش‌های شیمیایی به عنوان واحد یادگیری انتخاب شده است. سپس جدول هدف-محتوا برای واحد یادگیری مورد نظر تنظیم شد و بر اساس اهداف آموزشی این بحث، سوالات اولیه آزمون پیشرفت تحصیلی طراحی شد و با استفاده از نظر استاد راهنما، تعدادی از اساتید و دبیران مجرب شیمی به روش روایی صوری، اعتبارسنجی شد و سوالات نامناسب، حذف یا اصلاح شدند و آزمون پیشرفت تحصیلی اولیه شامل ۳۲ سوال تدوین گردید که پس از اجرا و بررسی پایایی و ضرایب دشواری و تمیز، ۱۳ سوال نامناسب دیگر نیز حذف و آزمون نهایی شامل ۱۹ سوال بود.

۳-۲- فرایند اجرای تحقیق

روش اجرای تحقیق بدین صورت بود که یک کلاس به عنوان گروه کنترل و دو کلاس دیگر به عنوان گروه آزمایش به طور تصادفی طبقه بندی شدند. گروه کنترل با روش کتاب درسی و گروه آزمایش با روش جامع در طی ۳ هفته آموزش دیدند. آزمون پیشرفت تحصیلی محقق ساخته تهیه شده به شرح فوق، به عنوان ابزار گردآوری داده‌ها، قبل و بعد از آموزش (اجرای تحقیق)، از همه دانش‌آموزان به عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی گرفته شد و نمرات دانش‌آموزان مورد بررسی و تحلیل آماری قرار گرفت.

۳-۳- تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پیش‌آزمون و پس‌آزمون در این تحقیق، از روش‌های آمار توصیفی و آمار استنباطی و نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. در بخش آمار توصیفی از میانگین، انحراف استاندارد و واریانس و در بخش آمار استنباطی از تست لوین و آزمون t استفاده شده است.

۴- نتایج

۴-۱- ارزیابی سوالات آزمون پیشرفت تحصیلی

ارزیابی سوالات آزمون با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ، ضریب تمیز و ضریب دشواری و روایی صوری و محتوایی مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس این محاسبات، سوالات نامناسب حذف شدند. برای بررسی روایی محتوایی سوالات آزمون پیشرفت تحصیلی از جدول دو بعدی هدف-محتوا بر اساس اهداف آموزشی و برای تعیین روایی صوری سوالات، از نظر اساتید



و دبیران مجرب شیمی و استاد راهنما استفاده شد. پایایی سوالات آزمون پیشرفت تحصیلی در این تحقیق با استفاده از آلفای کرونباخ ۰/۷۱۷ به دست آمد.

۴-۲- نتایج آمار توصیفی

در این بخش، تعداد، میانگین، انحراف معیار، واریانس، پایین‌ترین و بالاترین نمره کل دانش‌آموزان هر گروه در پیش-آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی محاسبه شده و در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: آمار توصیفی گروه‌های کنترل و آزمایش

گروه	آزمون	تعداد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	پایین‌ترین	بالاترین
کنترل	پیش آزمون	۳۳	۴/۳۹	۲/۶۰	۶/۷۵	۱/۰	۱۰/۰
کنترل	پس آزمون	۳۳	۶/۹۷	۲/۵۸	۶/۶۶	۱/۰	۱۲/۰
آزمایش	پیش آزمون	۶۳	۴/۳۷	۲/۱۳	۴/۵۶	۱/۰	۱۱/۰
آزمایش	پس آزمون	۶۳	۱۰/۲۱	۳/۶۴	۱۳/۲۶	۴/۰	۱۸/۰

در جدول ۲، آمار توصیفی شامل میانگین پیش‌آزمون، میانگین پس‌آزمون و واریانس‌های آن‌ها برای هر دو گروه کنترل و آزمایش در سطوح مختلف بلوم محاسبه و آمده است.

جدول ۲: آمار توصیفی آزمون پیشرفت تحصیلی بر حسب سطوح یادگیری بلوم

سطح یادگیری	گروه	میانگین پیش آزمون	واریانس پیش آزمون	میانگین پس آزمون	واریانس پس آزمون
دانش	کنترل	۰/۸۸	۰/۵۵	۱/۴۲	۰/۵۰۲
	آزمایش	۰/۸۳	۰/۴۴	۱/۰۳	۰/۴۴
درک و فهم	کنترل	۳/۲۴	۲/۹۴	۵/۲۷	۴/۸۳
	آزمایش	۳/۱۳	۲/۸۹	۸/۰۳	۱۰/۱۳
کاربرد	کنترل	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۲۰۵
	آزمایش	۰/۴۱۳	۰/۴۴	۰/۸۷	۰/۶۶

۴-۳- نتایج آمار استنباطی

برای بررسی معنی دار بودن اختلاف میانگین نمره پس از آزمون گروه‌های کنترل و آزمایش، ابتدا با استفاده از آزمون لوین، تساوی یا عدم تساوی واریانس‌های دو گروه بررسی شد، سپس با توجه به نتایج آزمون لوین، از آزمون t برای بررسی اختلاف میانگین‌ها استفاده شد. چنانچه مقدار Sig. در آزمون t از ۰/۰۵ کوچکتر باشد (سطح اطمینان ۹۵ درصد)، فرضیه صفر رد و اختلاف بین میانگین‌ها معنی دار می‌باشد.

جدول ۳: آزمون لوین و آزمون t در پس آزمون پیشرفت تحصیلی و سطوح مختلف بلوم

آزمون t		آزمون لوین		سطح یادگیری	
Sig.	Df	Sig.	F		
۰/۴۰۳	۹۴	۰/۴۴۹	۰/۵۷۹	تساوی واریانس‌ها	دانش
				عدم تساوی واریانس‌ها	
		۰/۰۰۲	۹/۶۹	تساوی واریانس‌ها	درک و فهم
۰/۰۰۰	۸۶/۸۴			عدم تساوی واریانس‌ها	
		۰/۰۰۰	۱۴/۷۷	تساوی واریانس‌ها	کاربرد
۰/۰۰۰	۹۳/۶			عدم تساوی واریانس‌ها	
		۰/۰۰۵	۸/۲۱	تساوی واریانس‌ها	کل
۰/۰۰۰	۸۵/۵۶			عدم تساوی واریانس‌ها	

با توجه به نتایج جدول ۳، روش جامع موازنه واکنش‌ها (گروه آزمایش) نسبت به روش کتاب درسی در سطوح درک و فهم و کاربرد، کارایی بیشتری دارد، ولی در سطح دانش، کارایی هر دو روش یکسان است. همچنین در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در کل سوالات آزمون، روش جامع نسبت به روش کتاب درسی کارایی بیشتری نشان می‌دهد.

۵- جمع‌بندی

پژوهش انجام شده نشان داد که میان یادگیری دانش‌آموزانی که با روش‌های «موازنه به روش کتاب درسی» و «موازنه به روش جامع» آموزش دیده‌اند، در سطح درک و فهم و کاربرد تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود و در سطح اطمینان ۹۵ درصد، دانش‌آموزانی که با روش جامع آموزش دیده‌اند، نمرات بالاتری کسب کرده‌اند که بیانگر کارایی بالاتر این روش می‌باشد. لذا دبیران محترم شیمی می‌توانند برای آموزش این بحث، از روش جامع استفاده کنند.

مراجع

۱. خلخالی مرتضی و همکاران، شیمی ۱ برای زندگی، تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱.
۲. روح‌اللهی احمد، سیفالله جلیلی، دوست محمد سمیعی و نعمت‌الله ارشدی، شیمی ۳ و آزمایشگاه برهم‌کنش میان مواد، تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱.
3. Zoltán Tóth. 1997. Balancing chemical equations by inspection. *Journal of chemical education*. Vol. 74 No. 11 November.
4. P. Ramasami. 2003. A concise description of an old problem: application of matrices to obtain the balancing coefficients of chemical equations. *Journal of mathematical chemistry*. Vol. 34. Nos. 1-2 July.



۵. شیدایی فرشاد، موازنه واکنش‌های پیچیده اکسایش-کاهش با استفاده از روش اصلاح شده تنظیم نیم واکنش‌ها، مجله رشد آموزش شیمی، دوره هفدهم، شماره ۲، صفحه ۱۹-۱۶، تهران، زمستان ۱۳۸۲.
۶. رضایی نژاد حمید، موازنه واکنش‌های اکسایش-کاهش به روش محاسبه تغییر عدد اکسایش در مولکول‌ها، مجله رشد آموزش شیمی، دوره پانزدهم، شماره ۱، صفحه ۲۲-۲۰، تهران، پاییز ۱۳۷۹.
۷. خرم‌آبادی آزاد احمد، اقدسی محترم، واکنش تولید صنعتی اتین و دشواری موازنه آن، مجله رشد آموزش شیمی، دوره چهاردهم، شماره ۱، صفحه ۲۲، تهران، پاییز ۱۳۷۸.
۸. J. C. Kotz, P. M. Trichel, G. C. Weaver, Chemistry and Chemical Reactivity; Thomson Pub. Six Ed.; 2006.
9. J. N. Spencer, G. M. Bonder, L. H. Rickard, Chemistry, Structure and Dynamics, John Wiley & Son Pub.; Third Ed.; 2006.
10. J. Olmsted, G. M. Williams, Chemistry, John Wiley & Son Pub.; Fourth Ed.; 2006.
11. J. W. Moore, C. L. Stanitski, P. C. Jurs. Chemistry, The Molecular Science, Thomson Pub. Second Ed.; 2006.