

- *Задачи* •
- *Problems* •

АЛТЕРНАТИВЕН МЕТОД ЗА ИЗРАВНЯВАНЕ НА ОКИСЛИТЕЛНО- РЕДУКЦИОННИ РЕАКЦИИ

Мария АТАНАСОВА

Химикотехнологичен и металургичен университет – София

Резюме. Предложен е алтернативен метод за изравняване на окислително-редукционни реакции, позволяващ лесно и без формални допускания да бъдат намерени стехиометричните коефициенти на участващите вещества.

Keywords: oxidation-reduction reactions, oxidation number method, material balance method

За изравняване на окислително-редукционни реакции най-често се използват известните методи на електронния баланс и на полуреакциите. Методът на полуреакциите има ограничено приложение, тъй като може да бъде използван за изравняване само на реакции, протичащи във водна среда, докато методът на електронния баланс позволява на формална основа да бъдат определени стехиометричните коефициенти на участващите в реакцията вещества както в хомогенни, така и в хетерогенни системи. Многообразието на окислително-редукционните процеси в някои случаи затруднява прилагането на метода, например, когато уравнението представлява сума от две паралелно протичащи реакции, когато се налага на някои елементи да се припишат нехарактерни степени на окисление, когато броят на

окислителите или редукторите е голям или когато някои вещества участват не само в окислително-редукционния процес, но и в образуването на соли. В последния случай към коефициентите, получени от електронния баланс, трябва да се добави броят на молекулите на получената сол. Подобни реакции могат да бъдат изравнени по-лесно и по-удобно при използване на алтернативния метод на материалния баланс, основан на известния факт, че броят на атомите от даден вид в лявата и дясната част на уравнението трябва да бъде равен [1], с. 133. В общия случай, за неизвестни се приемат всички стехиометрични коефициенти, което води до съставяне на голям брой уравнения на материалния баланс. По-удобно е обаче да бъдат постулирани като неизвестни само стехиометричните коефициенти на изходните вещества. От тях могат да бъдат изведени коефициентите на продуктите на реакцията, при запазване на броя на неизвестните. Това дава възможност да бъдат съставени малък брой уравнения на материалния баланс (едно или две), от които да бъдат определени числените стойности на коефициентите. Ако при решаване на уравненията на материалния баланс се получат дробни коефициенти, те могат да бъдат превърнати в цели числа чрез умножаване с подходящ множител.

Приложението на метода на материалния баланс за изравняване на сложни окислително-редукционни реакции ще бъде показано по-долу. За сравнение реакциите ще бъдат изравнени и чрез метода на електронния баланс.

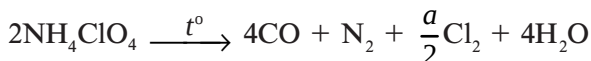
1. Уравнението [2], с. 61



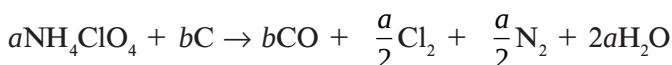
не може да бъде изравнено при използване на метода на електронния баланс, тъй като представлява сума от две паралелно протичащи реакции:



Сумарно

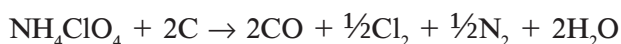


При използване на метода на материалния баланс сумарното уравнение може да бъде изравнено и без да се познава механизма на реакцията. Достатъчно е да се приеме, че стехиометричният коефициент пред NH_4ClO_4 е a , а коефициентът пред C — b . Тогава коефициентите в сумарното уравнение са :



Балансът на кислородните атоми води до уравнението $4a = b + 2a$, откъдето $b = 2a$.

След заместване $b = 2a$ в уравнението и съкращаване двете части на a се получава



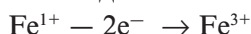
За получаване на целочислени стехиометрични коефициенти двете части на уравнението се умножават по 2, т.е.



2. Уравнението [4] с. 94



може да бъде изравнено по метода на електронния баланс, ако на Fe и As се припише формално необичайната за тези елементи степен на окисление $1+$, тъй като сярата в сулфидите проявява степен на окисление $2-$. Съставянето на електронните уравнения се затруднява и от по-големия брой елементи, участващи в окислително-редукционния процес. В тези случаи се прави баланс на всички отдадени и приети електрони. Електронните уравнения имат вида:

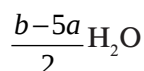
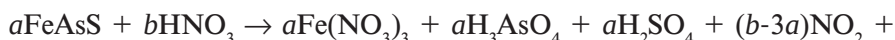


Следователно, броят на отдадените електрони е 14, а на приетите е 1. Коефициентът пред HNO_3 не е 14, а 17, тъй като 14 молекули HNO_3 участват в окислително-редукционния процес и 3 молекули в образуване на 1 молекула $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

Изравненото уравнение има вида:



Това уравнение може да бъде изравнено много по-лесно и без формални допускания при използване на метода на материалния баланс. Ако се приеме, че коефициентът пред FeAsS е a , а коефициентът пред HNO_3 е b , коефициентите в лявата и дясната част на уравнението са:



За намиране на стехиометричните коефициенти е достатъчно да бъде съставено уравнение, което дава баланса на кислородните атоми, а именно

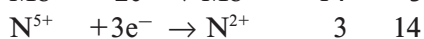
$$3b = 9a + 4a + 4a + 2(b-3a) + \frac{b-5a}{2}, \text{ откъдето } b = 17a.$$

След заместване на тази стойност и съкращаване на a се получава
 $\text{FeAsS} + 17\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 14\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

3. Уравнението [5], с. 313

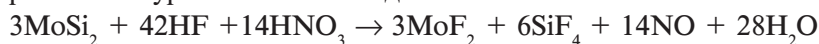


може да бъде изравнено по метода на електронния баланс, ако се приеме, че степента на окисление на Si е 2—. Съставят се следните уравнения:

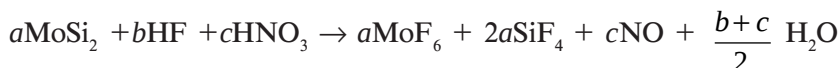


Отдадените електрони са 14, а приетите — 3.

Изравненото уравнение има вида:



За да бъде изравнено по метода на материалния баланс, в уравнението трябва да бъдат въведени 3 неизвестни стехиометрични коефициенти. Ако коефициентът пред MoSi_2 е a , коефициентът пред HF е b и пред HNO_3 е c , коефициентите пред всички вещества са :



За да бъдат намерени стойностите на стехиометричните коефициенти, е необходимо да бъдат съставени уравненията на материалния баланс на флуорните и кислородните атоми. Те имат вида:

$$\text{F:} \quad b = 6a + 8a = 14a$$

$$\text{O:} \quad 3c = c + \frac{b+c}{2} = \frac{b+3c}{2}$$

или $3c = b$. Следователно, $14a = 3c$ или $c = 14/3.a$

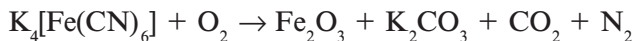
След заместване $b = 14a$ и $c = 14/3.a$ и съкращаване на a се получава



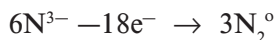
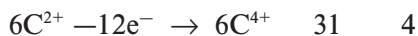
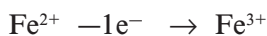
За да бъдат получени целочислени коефициенти, двете страни на уравнението се умножават с множител 3. Окончателният вид на изравненото уравнение е:



4. Уравнението

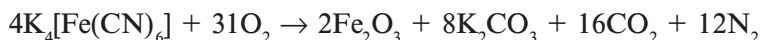


може да бъде изравнено по метода на електронния баланс чрез съставяне на 4 електронни уравнения

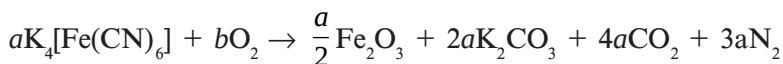


Броят на отдадените електрони е 31, а на приетите — 4.

Изравненото уравнение има вида:



За да бъде приложен методът на материалния баланс, коефициентът пред $K_4[Fe(CN)_6]$ се приема за a , а коефициентът пред O_2 за b . Тогава коефициентите пред всички вещества са

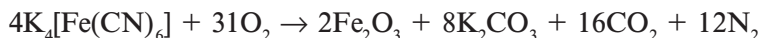


За да бъдат намерени стойностите на стехиометричните коефициенти е достатъчно да бъде съставено уравнението за материалния баланс на кислородните атоми, а именно:

$$2b = 3 \frac{a}{2} + 2a \times 3 + 4a \times 2$$

$$\text{откъдето } 4b = 31a \text{ или } b = \frac{31}{4} a.$$

След заместване на тази стойност и умножаване лявата и дясната част с множител 4 се получава:



Посочените примери нямат за цел да отрекат популярните методи на електронния баланс и полуреакциите, а да запознаят читателите с алтернативен и малко познат метод за изравняване на сложни окислително-редукционни реакции, позволяващ определяне на стехиометричните коефициенти на участващите вещества лесно и без формални допускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baharmast, B., R. Barlet, J.L. Decout, P. Farby, F. Riche. *Comprendre et approfondir la chimie. I. La reaction chimique. I. Cycle universitaire*. Dunod, Paris, 1995.
2. Дафинова, Р., Е. Радков, С. Манев, В. Пелова. *Лабораторни упражнения и задачи по неорганична химия*. Унив. изд. "Св. Климент Охридски", София, 2000.
3. Greenwood, N.N., A. Earnshaw. *Chemistry of the Elements*. Pergamon Press, Oxford, 1993.
4. Дуков, И. *Химични изчисления*. Нови знания, София, 2000.
5. Свиридов, В.В., Г.А. Попкович, Г.И. Василева. *Задачи, вопросы и упражнения по общей и неорганической химии*. Изд. БГУ, Минск, 1978.

AN ALTERNATIVE METHOD FOR OXIDATION-REDUCTION REACTIONS BALANCING

Abstract. An alternative method for balancing of oxidation-reduction reaction equations is proposed. The method allows easier and without formal admittances determination of stoichiometric coefficients of the corresponding chemical equations.

✉ **Dr. Maria Atanassova**

University of Chemical Technology and Metallurgy
8 Kl. Okhridski blvd., 1756 Sofia, Bulgaria
E-Mail: ma@uctm.edu