

Гуров А. Ф.

**ТРУДНЫЕ СЛУЧАИ СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ОХ-RED РЕАКЦИЙ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2009/5/12.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/5/12.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2009. № 5 (24). С. 39-45. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2009/5/](http://www.gramota.net/materials/1/2009/5/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

Таким образом, данная электронная история болезни служит не только для хранения информации о пациенте, но и позволяет проводить качественную диагностику и составить план ортодонтического лечения с прогнозом его результатов. Кроме того, программа позволяет врачу в любое время оперативно анализировать ход ортодонтического лечения, при этом исключаются ошибки и неточности, при значительной экономии времени и средств.

*Список использованной литературы*

**Блум С. А., Морозова О. В., Хацкевич Г. А.** Компьютерные решения в ортодонтии: от простого к сложному // Стоматология детского возраста и профилактика. 2002. № 3-4.

**Герасимов С. Н.** Оценка результатов ортодонтического лечения методом последовательного наложения обрисовок телерентгенограмм // Стоматология детского возраста и профилактика. 2003. № 1-2.

**Матвеев В. М., Полторацкий В. А., Персин Л. С.** Трехмерный анализ гипсовых моделей челюстей // Ортодентинфо. 1999. № 3.

**Морозова О. В., Блум С. А., Мартынова С. А.** Компьютерный анализ как метод повышения эффективности работы врача-ортодонта // Стоматология детского возраста и профилактика. 2003. № 1-2.

**Персин Л. С., Косырева Т. Ф.** Оценка гармоничного развития зубочелюстной системы: учебное пособие. М., 1995. 45 с.

**Трезубов В. Н., Соловьев М. М., Бобров А. П., Фадеев Р. А. и соавт.** Разработка метода прогнозирования результатов аппаратурно-хирургического лечения зубочелюстных аномалий // Стоматология детского возраста и профилактика. 2003. № 1-2.

**Трезубов В. Н., Щербаков А. С., Фадеев Р. А.** Ортодонтия. М.: Медицинская книга; Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. 148 с.

**Фадеев Р. А.** Современные методы диагностики, планирования и прогнозирования лечения взрослых больных с зубочелюстными аномалиями: дисс. ... докт. мед. наук. СПб., 2001. 346 с.

## ТРУДНЫЕ СЛУЧАИ СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ *OX-RED* РЕАКЦИЙ

*Гуров А. Ф.*

*Сибирский филиал Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России (г. Железногорск Красноярского края)*

В статье изложен ионно-электронный метод (метод полуреакций) составления уравнений окислительно-восстановительных (*ox-red*) реакций, основанный на составлении частных уравнений реакций окисления ионов (молекул) восстановления и восстановления ионов (молекул) окислителя с последующим суммированием их в общее уравнение. Для этого показано, что необходимо составить молекулярно-ионную схему реакции, причем не изменяющиеся в результате реакции ионы в правую часть молекулярно-ионной схемы не включаются. Схема составляется с учетом знания свойств реагирующих веществ, а также влияния среды, в которой протекает соответствующая реакция. Например, нужно помнить, что перманганат-ион  $MnO_4^-$  в кислой среде превращается в ион  $Mn^{2+}$  (фиолетового цвета раствор под действием восстановителя обесцвечивается), в нейтральной среде выпадает осадок бурого цвета  $MnO_2$ , а в щелочной среде раствор на небольшой промежуток времени становится изумрудно-зеленым вследствие восстановления иона  $MnO_4^-$  в ион  $MnO_4^{2-}$ , но поскольку последний ион не устойчив, он быстро окисляется кислородом воздуха до  $MnO_2$ .

При выводе молекулярно-ионных уравнений *ox-red* реакций следует придерживаться правил, принятых для одноименных уравнений обменного характера, а именно: нерастворимые, малорастворимые, недиссоциированные, малодиссоциированные и газообразные соединения следует писать в молекулярной форме.

### **Алгоритм составления уравнения *ox-red* реакции ионно-электронным методом**

1. Определяют в молекулярно-ионной схеме реакции молекулы (ионы) окислителя и восстановителя.
2. Составляют ионно-электронные уравнения отдельно для процессов окисления и восстановления, причем как число атомов каждого элемента, так и число и знак электрических зарядов слева и справа должны быть одинаковыми. Следует помнить, что в процессе окисления восстановителя электроны всегда вычитают, в процессах восстановления окислителя электроны всегда прибавляют. Число отданных электронов всегда должно быть равным числу принятых электронов.
3. Складывают уравнения полуреакций окислителя и восстановителя, помножив левые и правые части каждого из них на такие наименьшие числа, чтобы количество присоединенных окислителем электронов равнялось количеству электронов, отданных восстановителем.
4. В полученном сокращенном ионном уравнении (как правило, молекулярно-ионном) к ионам строкой ниже подписывают противоионы, соблюдая правило: число подписываемых противоионов должно быть строго одинаковым в левой и правой частях уравнения.
5. Соединяют противоположно заряженные ионы в полученном полном ионном уравнении в молекулы и получают искомое уравнение.

6. Проверяют правильность составления уравнения по кислороду: суммы атомов кислорода в левой и правой частях должны быть одинаковыми.

Ниже приводятся примеры уравнений *ox-red* реакций, составление которых, как правило, вызывает затруднения не только у учащихся, но и у учителей.

**Пример 1.** Восстановление нитрата калия алюминием в щелочной среде

Схема:	$KNO_3 + Al + KOH + H_2O \rightarrow \dots [Al(OH)_6]^{3-} + NH_3 \uparrow$
окисление:	$Al^0 + 6OH^- - 3\bar{e} \rightarrow [Al(OH)_6]^{3-}$
восстановление:	$NO_3^- + 6H_2O + 8\bar{e} \rightarrow NH_3 + 9OH^-$
молекулярно-ионное уравнение:	$8Al + 48OH^- + 3NO_3^- + 18H_2O \rightarrow 8[Al(OH)_6]^{3-} + 3NH_3 + 27OH^-$
противоионы:	$+ 21K^+ + 3K^+ \qquad \qquad \qquad + 24K^+$
искомое уравнение:	$3KNO_3 + 8Al + 21KOH + 18H_2O = 8K_3[Al(OH)_6] + 3NH_3 \uparrow$ $\sum(O) = 9 + 21 + 18 = 48 \qquad \qquad \qquad \sum(O) = 48$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 2.** Окисление сульфата железа (II) дихроматом калия в сернокислой среде

Схема:	$FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow Fe^{3+} \dots + Cr^{3+} \dots + \dots + \dots$
окисление:	$Fe^{2+} - 1\bar{e} \rightarrow Fe^{3+} \qquad \qquad \qquad \times 6$
восстановление:	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \times 1$
молекулярно-ионное уравнение:	$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$
противоионы:	$+ 6SO_4^{2-} + 2K^+ + 7SO_4^{2-} + 9SO_4^{2-} + 3SO_4^{2-} + 2K^+ + SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$ $\sum(O) = 24 + 7 + 28 = 59 \qquad \sum(O) = 36 + 12 + 4 + 7 = 59$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 3.** Окисление хлорида олова (II) дихроматом калия в солянокислой среде

Схема:	$SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow H_2[SnCl_6] + Cr^{3+} \dots + \dots$
окисление:	$Sn^{2+} + 6Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow [SnCl_6]^{2-} \qquad \qquad \qquad \times 3$
восстановление:	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \times 1$
молекулярно-ионное уравнение:	$3Sn^{2+} + 18Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 3[SnCl_6]^{2-} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$
противоионы:	$+ 6Cl^- + 4H^+ + 2K^+ + 2H^+ + 2Cl^- + 6H^+ + 6Cl^- + 2K^+ + 2Cl^-$
искомое уравнение:	$3SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + 20HCl = 3H_2[SnCl_6] + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$ $\sum(O) = 7 \quad \sum(H) = 20 \quad \sum(H) = 6 + 14 = 20 \quad \sum(O) = 7$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 4.** Взаимодействие алюминия с раствором гидроксида натрия

Схема:	$Al + NaOH + H_2O \rightarrow \dots [Al(OH)_6]^{3-} + H_2 \uparrow$
окисление:	$Al^0 + 6OH^- - 3\bar{e} \rightarrow [Al(OH)_6]^{3-} \times 2$
восстановление:	$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^- \times 3$
молекулярно-ионное уравнение:	$2Al + 12OH^- + 6H_2O \rightarrow 2[Al(OH)_6]^{3-} + 3H_2 + 6OH^-$
противоионы:	$+ 6Na^+ \qquad \qquad \qquad + 6Na^+$

искомое уравнение:	$2Al + 6NaOH + 6H_2O = 2Na_3[Al(OH)_6] + 3H_2 \uparrow$ $\sum(0) = 6 + 6 = 12 \quad \sum(0) = 12$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 5.** Окисление тиосульфата натрия бромной водой в щелочной среде

Схема:	$Na_2S_2O_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow \dots SO_4^{2-} + \dots Br^- + \dots$
окисление:	$S_2O_3^{2-} + 5OH^- - 8e^- \rightarrow 2SO_4^{2-} + 5H^+$   $\times 1$
восстановление:	$Br_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$   $\times 4$
молекулярно-ионное уравнение:	$S_2O_3^{2-} + 5OH^- + 4Br_2 \rightarrow 2SO_4^{2-} + 5H^+ + 8Br^-$
противоионы:	$+ 2Na^+ + 5Na^+ \quad + 4Na^+ + 5OH^- + 8Na^+$ $+ 5Na^+ + 5OH^-$
искомое уравнение:	$Na_2S_2O_3 + 4Br_2 + 10NaOH = 2Na_2SO_4 + 8NaBr + 5H_2O$ $\sum(0) = 3 + 10 = 13 \quad \sum(0) = 8 + 5 = 13$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 6.** Окисление фосфина перманганатом калия в сернокислой среде

Схема:	$PH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \dots PO_4^{3-} + Mn^{2+} + \dots + \dots$
окисление:	$PH_3 + 4H_2O - 8e^- \rightarrow PO_4^{3-} + 11H^+$   $\times 1$
восстановление:	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$   $\times 4$
молекулярно-ионное уравнение:	$5PH_3 + 20H_2O + 8MnO_4^- + 64H^+ \rightarrow 5PO_4^{3-} + 55H^+ + 8Mn^{2+} + 32H_2O$
противоионы:	$+ 8K^+ \quad + 12SO_4^{2-} \quad + 8K^+ + 4SO_4^{2-} + 8SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5PH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 = 5H_3PO_4 + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 12H_2O$ $\sum(0) = 32 + 48 = 80 \quad \sum(0) = 20 + 32 + 16 + 12 = 80$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 7.** Окисление сульфита натрия иодатом калия в сернокислой среде

Схема:	$Na_2SO_3 + KJO_3 + H_2SO_4 \rightarrow SO_4^{2-} + J_2 \downarrow + \dots + \dots$
окисление:	$SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$   $\times 5$
восстановление:	$2JO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow J_2 + 6H_2O$   $\times 1$
молекулярно-ионное уравнение:	$5SO_3^{2-} + 5H_2O + 2JO_3^- + 12H^+ \rightarrow 5SO_4^{2-} + 10H^+ + J_2 + 6H_2O$
противоионы:	$+ 10Na^+ \quad + 2K^+ + SO_4^{2-} \quad + 10Na^+ + 2K^+ + SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5Na_2SO_3 + 2KJO_3 + H_2SO_4 = 5Na_2SO_4 + K_2SO_4 + J_2 + H_2O$ $\sum(0) = 15 + 6 + 4 = 25 \quad \sum(0) = 20 + 4 + 1 = 25$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 8.** Окисление сульфита натрия перманганатом калия в щелочной среде

Схема:	$Na_2SO_3 + KMnO_4 + NaOH \rightarrow \dots SO_4^{2-} + \dots MnO_4^{2-} + \dots$
окисление:	$SO_3^{2-} + OH^- - 2e^- \rightarrow SO_4^{2-} + H^+$   $\times 1$
восстановление:	$MnO_4^- + 1e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$   $\times 2$
молекулярно-ионное уравнение:	$SO_3^{2-} + OH^- + 2MnO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + H^+ + 2MnO_4^{2-}$

противоионы:	$+ 2Na^+ + Na^+ + 2K^+ + 2Na^+ + OH^- + Na^+ + 2K^+$ $+ OH^- + Na^+ + Na^+$
искомое уравнение:	$Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + Na_2MnO_4 + K_2MnO_4 + H_2O$ $\sum(0) = 3 + 8 + 2 = 13 \quad \sum(0) = 4 + 4 + 4 + 1 = 13$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 9.** Окисление дисульфида железа (II) азотной кислотой в присутствии соляной кислоты

Схема:	$FeS_2 + HNO_3 + HCl \rightarrow Fe^{3+} \dots + H_2SO_4 + NO \uparrow + \dots$
окисление:	$FeS_2 + 8H_2O - 15e^- \rightarrow Fe^{3+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+$   $\times 1$
восстановление:	$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$   $\times 5$
молекулярно-ионное уравнение:	$FeS_2 + 8H_2O + 5NO_3^- + 20H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+ + 5NO + 10H_2O$
противоионы:	$+ 4H^+ + 3Cl^- + 3Cl^- + 4H^+$
искомое уравнение:	$FeS_2 + 5HNO_3 + 3HCl = FeCl_3 + 2H_2SO_4 + 5NO \uparrow + 2H_2O$ $\sum(0) = 15 \quad \sum(0) = 8 + 5 + 2 = 15$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 10.** Окисление нитрита натрия перманганатом калия в нейтральной среде

Схема:	$NaNO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \dots NO_3^- + MnO_2 \downarrow + \dots$
окисление:	$NO_2^- + H_2O - 2e^- \rightarrow NO_3^- + 2H^+$   $\times 3$
восстановление:	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$   $\times 2$
молекулярно-ионное уравнение:	$3NO_2^- + 3H_2O + 2MnO_4^- + 4H_2O \rightarrow 3NO_3^- + 6H^+ + 2MnO_2 + 8OH^-$
противоионы:	$+ 3Na^+ + 2K^+ + 3Na^+ + 2K^+$ $6H_2O + 2OH^-$
искомое уравнение:	$3NaNO_2 + 2KMnO_4 + H_2O = 3NaNO_3 + 2MnO_2 \downarrow + 2KOH$ $\sum(0) = 6 + 8 + 1 = 15 \quad \sum(0) = 9 + 4 + 2 = 15$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 11.** Через в/раствор  $KMnO_4$  пропустили сернистый газ. Раствор обесцветился. Составьте уравнение данной химической реакции, пользуясь ионно-электронным методом

Схема:	$KMnO_4 + H_2O + SO_2 \rightarrow \dots SO_4^{2-} + \dots Mn^{2+} + \dots$
окисление:	$SO_2 + 2H_2O - 2e^- \rightarrow SO_4^{2-} + 4H^+$   $\times 5$
восстановление:	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$   $\times 2$
молекулярно-ионное уравнение:	$5SO_2 + 10H_2O + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 5SO_4^{2-} + 20H^+ + 2Mn^{2+} + 8H_2O$
противоионы:	$+ 2K^+ + 2K^+$
искомое уравнение:	$2KMnO_4 + 2H_2O + 5SO_2 = 2H_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4$ $\sum(0) = 8 + 2 + 10 = 20 \quad \sum(0) = 8 + 8 + 4 = 20$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 12.** Окисление иодида калия перманганатом калия в присутствии концентрированной соляной кислоты (2 восстановителя, 1 окислитель)

Схема:	$KJ + KMnO_4 + HCl \rightarrow KJO_3 + Cl_2 \uparrow + MnCl_2 + \dots + \dots$
окисление 1:	$\left. \begin{array}{l} J^- + 3H_2O - 6\bar{e} \rightarrow JO_3^- + 6H^+ \\ 2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2 \\ MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \end{array} \right\} \begin{array}{l} \times 5 \\ \times 5 \\ \times 8 \end{array}$
окисление 2:	
восстановление:	
молекулярно-ионное уравнение:	$5J^- + 15H_2O + 10Cl^- + 8MnO_4^- + 64H^+ \rightarrow 5JO_3^- + 30H^+ + 5Cl_2 + 8Mn^{2+} + 32H_2O$
противоионы:	$+5K^+ \quad \quad \quad +8K^+ \quad +24Cl^- \quad +5K^+ +8K^+ \quad +8Cl^- +16Cl^-$
искомое уравнение:	$5KJ + 8KMnO_4 + 34HCl = 5KJO_3 + 5Cl_2 \uparrow + 8MnCl_2 + 8KCl + 17H_2O$ $\sum(0) = 32 \quad \quad \quad \sum(0) = 15 + 17 = 32$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 13.** Реакция диспропорционирования (самоокисление - самовосстановление атомов одного элемента)

Схема:	$Cl_2^0 + KOH \rightarrow \dots Cl^- + \dots ClO_3^- + \dots$
окисление:	$\left. \begin{array}{l} Cl^0 + 3OH^- - 5\bar{e} \rightarrow ClO_3^- + 3H^+ \\ Cl^0 + 1\bar{e} \rightarrow Cl^- \end{array} \right\} \begin{array}{l} \times 1 \\ \times 5 \end{array}$
восстановление:	
молекулярно-ионное уравнение:	$3Cl_2 + 3OH^- \rightarrow ClO_3^- + 3H^+ + 5Cl^-$
противоионы:	$+3K^+ \quad \quad \quad +K^+ + 3OH^- + 5K^+$ $+3OH^- + 3K^+$
искомое уравнение:	$3Cl_2 + 6KOH = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$ $\sum(0) = 6 \quad \quad \quad \sum(0) = 3 + 3 = 6$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 14.** Реакция конпропорционирования (выравнивание степени окисления атомов одного элемента)

Схема:	$NaJ + NaJO_3 + H_2SO_4 \rightarrow J_2 + \dots + \dots$
окисление:	$\left. \begin{array}{l} J^- - 1\bar{e} \rightarrow J^0 \\ JO_3^- + 6H^+ + 5\bar{e} \rightarrow J^0 + 3H_2O \end{array} \right\} \begin{array}{l} \times 5 \\ \times 1 \end{array}$
восстановление:	
молекулярно-ионное уравнение:	$5J^- + JO_3^- + 6H^+ \rightarrow 3J_2 + 3H_2O$
противоионы:	$+5Na^+ + Na^+ + 3SO_4^{2-} \quad +6Na^+ + 3SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5NaJ + NaJO_3 + 3H_2SO_4 = 3J_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$ $\sum(0) = 3 + 12 = 15 \quad \quad \quad \sum(0) = 12 + 3 = 15$
	Уравнение составлено верно.

### Ох-red реакции с участием органических соединений

**Пример 15.** Окисление ацетилена водным раствором перманганата калия в нейтральной среде до оксалат-иона

Схема:	$C_2H_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 \downarrow + \dots C_2O_4^{2-} + \dots$
окисление:	$\left. \begin{array}{l} C_2H_2 + 4H_2O - 8\bar{e} \rightarrow C_2O_4^{2-} + 10H^+ \\ MnO_4^- + 2H_2O + 3\bar{e} \rightarrow MnO_2 + 4OH^- \end{array} \right\} \begin{array}{l} \times 3 \\ \times 8 \end{array}$
восстановление:	
молекулярно-ионное уравнение:	$3C_2H_2 + 12H_2O + 8MnO_4^- + 16H_2O \rightarrow 3C_2O_4^{2-} + 30H^+ + 8MnO_2 + 32OH^-$

противоионы:	$+8K^+ \qquad \qquad \qquad +6KI^+ \quad 2H^+ + 2OH^- \quad +2K^+$
искомое уравнение:	$3C_2H_2 + 8KMnO_4 = 3K_2C_2O_4 + 8MnO_2 \downarrow + 2KOH + 2H_2O$ $\sum(0) = 32 \qquad \qquad \qquad \sum(0) = 12 + 16 + 2 + 2 = 32$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 16.** Окисление водного раствора глюкозы перманганатом калия в сернокислой среде

Схема:	$C_6H_{12}O_6 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_{12}O_7 + Mn^{2+} + \dots + \dots$
окисление:	$C_6H_{12}O_6 + H_2O - 2\bar{e} \rightarrow C_6H_{12}O_7 + 2H^+ \quad \times 5$
восстановление:	$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \times 2$
молекулярно-ионное уравнение:	$5C_6H_{12}O_6 + 5H_2O + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 5C_6H_{12}O_7 + 10H^+ + 2Mn^{2+} + 8H_2O$
противоионы:	$+2K^+ + 3SO_4^{2-} \qquad \qquad \qquad +2K^+ + SO_4^{2-} + 2SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5C_6H_{12}O_6 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5C_6H_{12}O_7 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$ $\sum(0) = 30 + 8 + 12 = 50 \qquad \qquad \sum(0) = 35 + 8 + 4 + 3 = 50$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 17.** Окисление этанола дихроматом калия в сернокислой среде до этанала

Схема:	$C_2H_5OH + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3CHO + Cr^{3+} + \dots + \dots$
окисление:	$C_2H_6O - 2\bar{e} \rightarrow C_2H_4O + 2H^+ \quad \times 3$
восстановление:	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad \times 1$
молекулярно-ионное уравнение:	$3C_2H_5OH + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 3C_2H_4O + 6H^+ + 2Cr^{3+} + 7H_2O$
противоионы:	$+2K^+ + 4SO_4^{2-} \qquad \qquad \qquad +2K^+ + 4SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$3C_2H_5OH + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = 3CH_3CHO + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$ $\sum(0) = 3 + 7 + 16 = 26 \qquad \qquad \sum(0) = 3 + 12 + 4 + 7 = 26$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 18.** Окисление этилбензола перманганатом калия в кислой среде

Схема:	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + CO_2 \uparrow + Mn^{2+} + \dots + \dots$
окисление:	$C_8H_{10} + 4H_2O - 12\bar{e} \rightarrow C_7H_6O_2 + CO_2 + 12H^+ \quad \times 5$
восстановление:	$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \times 12$
молекулярно-ионное уравнение:	$5C_8H_{10} + 20H_2O + 12MnO_4^- + 96H^+ \rightarrow 5C_7H_6O_2 + 5CO_2 + 60H^+ + 12Mn^{2+} + 48H_2O$
противоионы:	$+12K^+ + 18SO_4^{2-} \qquad \qquad \qquad +12K^+ + 6SO_4^{2-} + 12SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3 + 12KMnO_4 + 18H_2SO_4 = 5\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 5CO_2 + 12MnSO_4 + 6K_2SO_4 + 28H_2O$ $\sum(0) = 48 + 72 = 120 \qquad \qquad \sum(0) = 10 + 10 + 48 + 24 + 28 = 120$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 19.** Окисление этанола перманганатом калия до уксусной кислоты в сернокислой среде

Схема:	$C_2H_5OH + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + Mn^{2+} + \dots + \dots$
окисление:	$C_2H_6O + H_2O - 4\bar{e} \rightarrow C_2H_4O_2 + 4H^+ \quad \times 5$
восстановление:	$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \times 4$

молекулярно-ионное уравнение:	$5C_2H_6O + 5H_2O + 4MnO_4^- + 32H^+ \rightarrow 5C_2H_4O_2 + 20H^+ + 4Mn^{2+} + 16H_2O$
противоионы:	$+4K^+ + 6SO_4^{2-} + 4K^+ + 6SO_4^{2-}$
искомое уравнение:	$5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 = 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$ $\sum(0) = 5 + 16 + 24 = 45 \quad \sum(0) = 10 + 16 + 8 + 11 = 45$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 20.** Окисление этанола перманганатом калия в нейтральной среде

Схема:	$C_2H_5OH + KMnO_4 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + MnO_2 \downarrow + \dots$
окисление:	$C_2H_5OH + H_2O - 4e^- \rightarrow CH_3COOH + 4H^+ \quad \times 3$
восстановление:	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^- \quad \times 4$
молекулярно-ионное уравнение:	$3C_2H_5OH + 3H_2O + 4MnO_4^- + 8H_2O \rightarrow 3CH_3COOH + 12H^+ + 4MnO_2 + 16OH^-$
противоионы:	$+4K^+ + 11H_2O + 12H_2O + 4OH^- + 4K^+$
нейтрализация продуктов реакции:	$3CH_3COOH + 3KOH \rightarrow 3CH_3COOK + 3H_2O$
искомое уравнение:	$3C_2H_5OH + 4KMnO_4 = 3CH_3COOK + 4MnO_2 \downarrow + KOH + 4H_2O$ $\sum(0) = 3 + 16 = 19 \quad \sum(0) = 6 + 8 + 1 + 4 = 19$
	Уравнение составлено верно.

**Пример 21.** Окисление этанола перманганатом калия в щелочной среде

Схема:	$C_2H_5OH + KMnO_4 + KOH \rightarrow CH_3COOH + \dots MnO_4^{2-} + \dots$
окисление:	$C_2H_5OH + OH^- - 4e^- \rightarrow CH_3COOH + 3H^+ \quad \times 1$
восстановление:	$MnO_4^- + 1e^- \rightarrow MnO_4^{2-} \quad \times 4$
молекулярно-ионное уравнение:	$C_2H_5OH + OH^- + 4MnO_4^- \rightarrow CH_3COOH + 3H^+ + 4MnO_4^{2-}$
противоионы:	$+K^+ + 4K^+ + 3OH^- + 5K^+ + 3OH^- + 3K^+ + 3K^+$
искомое уравнение:	$C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 4KOH = CH_3COOH + 4K_2MnO_4 + 3H_2O$ $\sum(0) = 1 + 16 + 4 = 21 \quad \sum(0) = 2 + 16 + 3 = 21$
	Уравнение составлено верно.

Во всех приведенных примерах уравнения *ox-red* реакций намеренно составлялись методом полуреакций. Достоинство этого метода по сравнению с методом электронного баланса в том, что используются реально существующие, а не гипотетические ионы. При этом не нужно вычислять степени окисления атомов, что часто вызывает затруднение, особенно в случае органических соединений, не нужно знать все продукты реакции; они появляются автоматически при выводе ее уравнения. Необходимо знать лишь роль среды (кислая, нейтральная или щелочная) как активного участника всего процесса и соответственно манипулировать либо ионами водорода, либо молекулами воды, либо гидроксид-ионами соответственно.

## Список использованной литературы

Методическое руководство по расстановке коэффициентов в уравнениях *ox-red* реакций / составитель А. Ф. Гуров. Железногорск, 2000. 6 с.

Окислительно-восстановительные реакции: методические указания для студентов I курса ОЗО биологического факультета / составитель Р. А. Бескровная. Кемерово: КемГУ, 2001. 21 с.

Химия: справочник абитуриента / составители В. П. Долгов, Е. В. Соловьева. М.: Филологическое общество «Слово», 1997. 608 с.