

Министерство образования и науки Российской Федерации
Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
Национальный исследовательский университет

Панкратов Алексей Николаевич

**СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ
ОКИСЛИТЕЛЬНО И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ
РЕАКЦИЙ**

САРАТОВ - 2010

УДК 542.943 (075.8)

ББК 24.1я73+24.4я73+24.5я73

Панкратов А.Н.

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.
22 с.

Ионно-электронный метод (метод полуреакций) установления стехиометрии окислительно-восстановительных реакций показан на типичных примерах, демонстрирующих преимущества и универсальность названного подхода. Изложен безэлектронный метод А. Гарсиа.

Представлены контрольные примеры.

Для студентов I-VI курсов, обучающихся по направлениям и специальностям “Химия”, “Химическая технология и биотехнология”, “Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов”, “Педагогическое образование (профили химия и биология)”, “Экология”, “Природопользование”, “Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов”, “Безопасность жизнедеятельности”, “Безопасность жизнедеятельности в техносфере”, “Техносферная безопасность”, по другим направлениям и специальностям естественнонаучного, экологического, природоохранного и технического профилей, по программам подготовки бакалавров, специалистов, магистров. Для аспирантов, докторантов, преподавателей классических, педагогических, технологических, технических, аграрных, медицинских и других университетов, академий и институтов, учителей, научных работников, инженеров, химиков-практиков.

УДК 542.943 (075.8)

ББК 24.5я73+24.1я73+24.2я73+24.4я73

© Панкратов А.Н., 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| 1. Ионно-электронный метод (метод полуреакций) | 4 |
| 2. Безэлектронный метод А. Гарсиа | 15 |
| 3. Контрольные примеры | 18 |

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

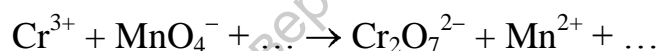
Светлой памяти
моей матери
Панкратовой (Трепак)
Елены Михайловны,
отца Панкрата
Николая Дмитриевича
бабушки Трепак (Миронько)
Василисы Кондратьевны,
всех ушедших родных и близких
посвящаю

1. Ионно-электронный метод (метод полуреакций)

Умеете ли Вы составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций?

Изложим сначала *модифицированный вариант ионно-электронного метода* (он же - *метод полуреакций*), сохраняющий преемственность с методом электронного баланса.

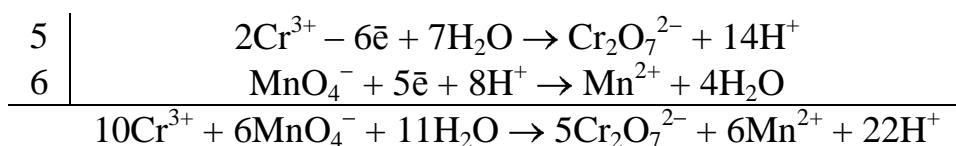
Рассмотрим окисление хрома(III) перманганатом MnO_4^- в кислой среде:



Сначала составим уравнения полуреакций (ионно-электронные уравнения) окисления Cr^{3+} до Cr(VI) и восстановления Mn(VII) до Mn^{2+} . При этом следует записать реальные окисленные и восстановленные формы веществ, а также число электронов, принимающих участие в окислении или восстановлении. Кроме того, уравнения полуреакций могут содержать компоненты реакционной среды (H^+ и H_2O в кислых, OH^- и H_2O в щелочных средах). Подбирают коэффициенты при составных частях среды, чтобы удовлетворить требованиям баланса по веществу и по заряду.

При составлении ионно-электронных уравнений процессов, протекающих в кислых средах, молекулы воды записывают в той части равенства, которая содержит меньше кислорода или вообще его не включает.

В рассматриваемом примере полуреакции и результирующее уравнение химической реакции, сбалансированное по числу электронов, выглядят следующим образом:

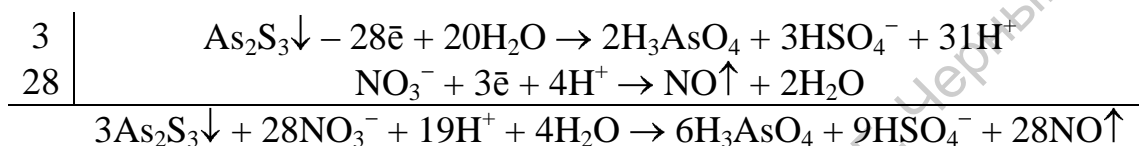


Итоговое уравнение получают путём простого суммирования ионно-электронных уравнений с учётом дополнительных множителей.

Рассмотрим более сложный пример реакции в кислой среде:

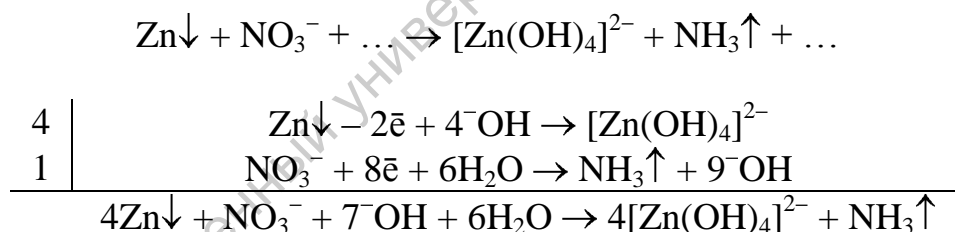


В этом случае в формульной единице As_2S_3 при действии окислителя повышают свою степень окисления как мышьяк (от +3 до +5), так и сера (от -2 до +6). В процессе окисления одной формульной единицы As_2S_3 участвуют $2(5-3) + 3(6+2) = 28$ электронов:



При составлении полуреакций в щелочной среде молекулы воды H_2O записывают в части равенства, содержащей больше кислорода, так как гидроксид-ион OH^- - частица относительно более богатая кислородом по сравнению с молекулой H_2O .

Рассмотрим реакцию глубокого восстановления нитрат-иона NO_3^- металлическим цинком в щелочном водном растворе:



В последних двух примерах (реакции с участием As_2S_3 и Zn) использование метода электронного баланса привело бы к длительному перебору вариантов при размещении компонентов среды в левой и правой частях итогового уравнения реакции. В ионно-электронном же методе эта проблема решается автоматически.

Выше нами описан вариант *ионно-электронного метода* (он же - *метод полуреакций*), предполагающий указание числа электронов, участвующих в полуреакции. Названная информация обычно легко доступна и сильно облегчает составление уравнения полуреакции. В таком варианте *ионно-электронный метод* используется, например, в книге: Мечковский С.А. Аналитическая химия. Минск: Университетское, 1991. 334 с.

Возможно также составление уравнения полуреакции таким образом, что сначала записывают компоненты среды и расставляют коэффициенты при них (баланс по веществу), а затем число электронов находится в соответствии с требованием соблюдения баланса по заряду. Именно такую последовательность действий включает первоначально предложенный *ионно-*

электронный метод, описанный, например, в книгах: *Жаркова Г.М., Петухова Э.Е.* Аналитическая химия. Качественный анализ / Под ред. А.С. Керейчука. СПб.: Химия. С.-Петербургск. отд-ние, 1993. 320 с.; *Глинка Н.Л.* Общая химия / Под ред. А.И. Ермакова. М.: Интеграл-Пресс, 2008. 718 с.; *Глинка Н.Л.* Общая химия / Под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. М.: Изд-во Юрайт; ИД Юрайт, 2010. 886 с., а также в учебных пособиях: *Хомченко Г.П., Севастьянова К.И.* Окислительно-восстановительные реакции: Книга для внеклассного чтения учащихся 8-10 классов средней школы. М.: Просвещение, 1989. 141 с.; *Хомченко Г.П.* Пособие по химии для поступающих в вузы. М.: Новая Волна, 1997. 463 с.

Ионно-электронный метод (он же - *метод полуреакций*) отличается от более примитивного метода электронного баланса тем, что учитывает не заряд атомов (грубое приложение понятия *степени окисления*), а заряд ионов, присутствующих в среде. Хотя *ионно-электронный метод* не использует сведений о действительном механизме окислительно-восстановительной реакции (тем более, что такие сведения, как правило, отсутствуют), всё же он вводит ряд ограничений, приближающих воображаемый механизм (взаимодействие ионов) к механизму истинному. К числу ограничений относится обязательное использование для балансирования материальной части левой и правой частей уравнения полуреакции при взаимодействии в кислой среде только ионов H^+ и молекул воды, а в случае реакций в щелочной среде - только ионов OH^- и молекул воды. Обязательным является написание слабых кислот, присутствующих в кислых средах, в недиссоциированной форме, а в щелочных средах - в виде анионов. Сильные кислоты и в кислых, и в щелочных средах записываются в форме анионов. Нерастворимые в условиях протекания реакции вещества должны быть представлены в ионно-электронных-уравнениях (уравнениях полуреакций) как формульные единицы (Л.И. Мартыненко).

В классическом *ионно-электронном методе* (он же - *метод полуреакций*) алгоритм уравнивания окислительно-восстановительной реакции включает следующие стадии.

1. В уравнении реакции, записанной в молекулярной форме, указать окислитель, восстановитель, продукты восстановления и окисления.
2. Написать схему реакции в сокращённой ионной форме.
3. Записать полуреакцию процесса восстановления и уравнять её.
4. Записать полуреакцию процесса окисления и уравнять её.
5. Подобрать основные коэффициенты для полуреакций с тем, чтобы общее число принятых и отданных электронов стало равным.
6. Написать суммарное уравнение реакции в ионной форме, сократив одноимённые ионы в левой и правой частях уравнения.
7. Перенести коэффициенты в уравнение реакции, записанное в молекулярной форме, и уравнять побочные продукты реакции.

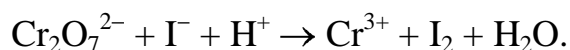
Рассмотрим несколько примеров реакций.

Окислительно-восстановительные реакции, протекающие в кислой среде. 1. Реакция взаимодействия дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ с иодидом калия KI в кислой среде идёт по схеме:

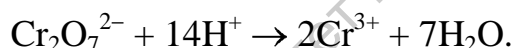


Окислитель - $K_2Cr_2O_7$; восстановитель - KI ; продукт восстановления - $Cr_2(SO_4)_3$; продукт окисления - I_2 .

2. Схема окислительно-восстановительного процесса в сокращённой ионной форме с указанием среды раствора:

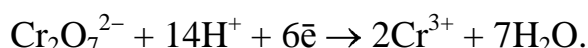


3. Окислителем является ион $Cr_2O_7^{2-}$, содержащий семь атомов кислорода, его восстановленная форма Cr^{3+} не содержит кислорода. Для связывания кислорода в $Cr_2O_7^{2-}$ -ионе в молекулы воды H_2O требуется 14 ионов водорода H^+ , поэтому в левой части полуреакции записываем $14H^+$, а в правой части - 7 молекул воды:

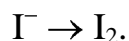


Число всех атомов в левой и правой частях уравнения должно быть одинаковым, поэтому перед Cr^{3+} ставим коэффициент 2.

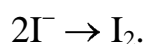
Переходим к балансу зарядов. В левой части уравнения сумма зарядов равна $(-2) + 14(+1) = +12$; в правой части $+6$. Алгебраическая сумма зарядов обеих частей должна быть равной. Чтобы её уравнять, в левой части прибавляем 6 электронов. Получаем следующее уравнение полуреакции процесса восстановления окислителя:



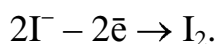
4. Схема окисления восстановителя имеет вид:



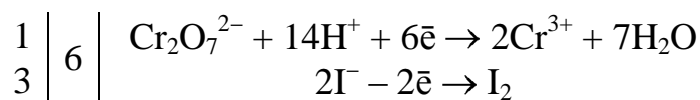
Уравниваем число атомов иода в обеих частях полуреакции:



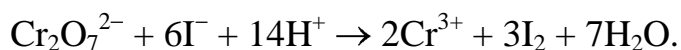
Сумма зарядов в левой части равна -2 , в правой - нулю. Для уравнивания зарядов необходимо, чтобы в левой части было отдано два электрона:



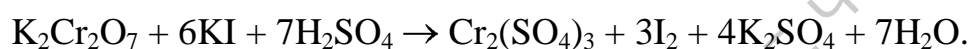
5. Находим наименьшее общее кратное для числа отданных и принятых электронов и основные коэффициенты (множители) для исходных окислителя и восстановителя и продуктов окисления-восстановления:



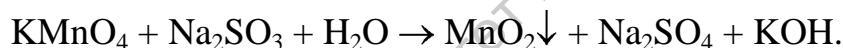
6. Суммируем обе полуреакции, учитывая найденные коэффициенты:



7. Уравнение в молекулярной форме:

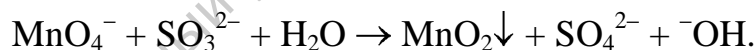


Окислительно-восстановительные реакции, протекающие в щелочной среде. 1. Схема реакции взаимодействия перманганата калия KMnO_4 с сульфитом натрия Na_2SO_3 в нейтральной и слабоосновной среде:

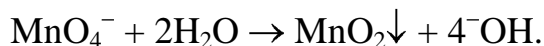


Окислитель - KMnO_4 ; восстановитель - Na_2SO_3 ; продукт восстановления - MnO_2 ; продукт окисления - Na_2SO_4 .

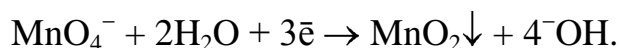
2. Ионная схема реакции:



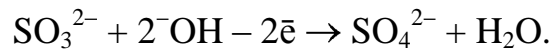
3. Окислитель MnO_4^- по сравнению с восстановленной формой MnO_2 имеет избыток кислорода. Поэтому, записав в левой части молекулы воды, в правой приводим ионы OH^- . Уравниваем числа всех атомов в левой и правой частях:



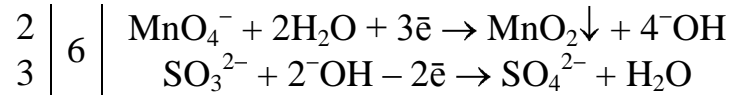
Сумма зарядов в левой части -1 , в правой части -4 . Следовательно, для балансирования суммы зарядов в левой части прибавляем три электрона:



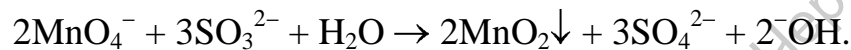
4. Так как у восстановителя SO_3^{2-} (исходное вещество) число атомов кислорода меньше, чем в продукте окисления SO_4^{2-} , то слева записываем гидроксид-ионы OH^- , а справа - молекулы воды. Уравниваем число всех атомов и суммы зарядов в левой и правой частях полуреакции:



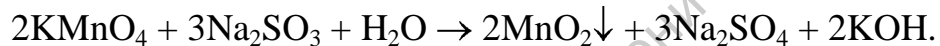
5. Определив наименьшее общее кратное для числа отданных и принятых электронов, находим коэффициенты для полуреакций восстановления и окисления:



6. Суммарное уравнение реакции в ионной форме с учётом коэффициентов:



7. Уравнение реакции в молекулярной форме:



Окислительно-восстановительные реакции, протекающие в щелочной среде. 1. Реакция окисления хлорида железа(II) FeCl_2 пероксидом водорода H_2O_2 в щелочной среде протекает по схеме:

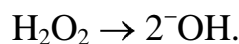


H_2O_2 - окислитель; FeCl_2 - восстановитель; $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - продукт восстановления и окисления.

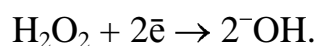
2. Схема реакции в ионной форме:



3. Схема полуреакции для окислителя:



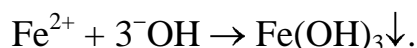
В соответствии с электронным балансом в левой части записываем два электрона:



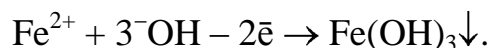
4. Схема полуреакции для восстановителя:



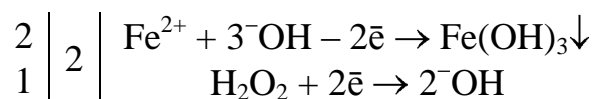
В левой части полуреакции не хватает трёх ионов OH^- :



Убедившись в равенстве числа атомов в левой и правой частях полуреакции, уравниваем суммы зарядов слева и справа. Для этого необходимо, чтобы в левой части был отдан один электрон:



5. Подбираем коэффициенты для полуреакций:



6. Суммируем полуреакции, сокращая ионы OH^- в левой и правой частях:



7. Уравнение реакции в молекулярной форме:

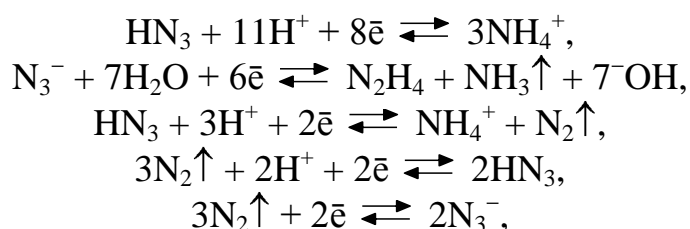


По сути используемого подхода к расстановке коэффициентов последний пример ничем не отличается от предыдущего (реакция KMnO_4 с Na_2SO_3).

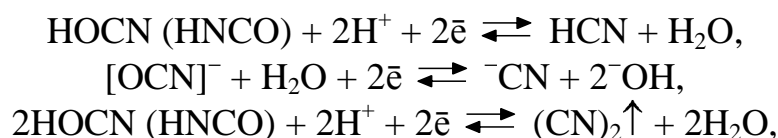
Теперь Вы умеете составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций? Если Вы затрудняетесь в написании уравнений полуреакций, загляните в справочные таблицы (*Лурье Ю.Ю.* Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.; *Турьян Я.И.* Окислительно-восстановительные реакции и потенциалы в аналитической химии. М.: Химия, 1989. 248 с. и др.).

Ниже приведены некоторые полуреакции, самостоятельное составление которых может вызвать затруднения:

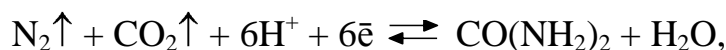
полуреакции с участием азидоводородной (она же - азотоводородная, азоти-стоводородная) кислоты HN_3 и азид-иона N_3^- :



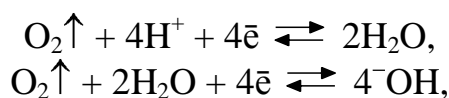
полуреакции восстановления циановой (HOCN), изоциановой (HNCO) кислот и цианат-аниона $[\text{OCN}]^-$:



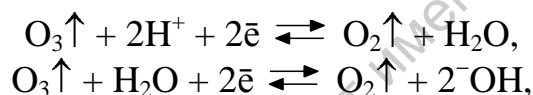
полуреакция образования мочевины (она же - карбамид) $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$ или $\text{CO(NH}_2)_2$:



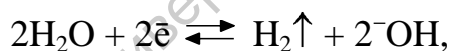
полуреакции восстановления молекулярного кислорода:



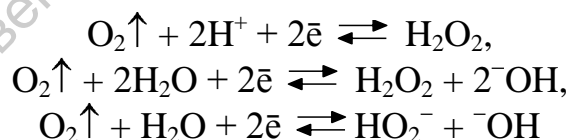
полуреакции восстановления озона:



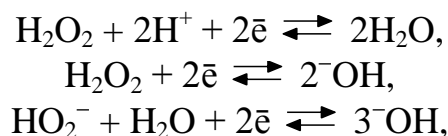
полуреакция восстановления воды:



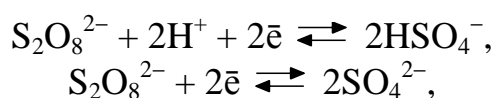
полуреакции с участием пероксида водорода H_2O_2 , выступающего в роли восстановителя:



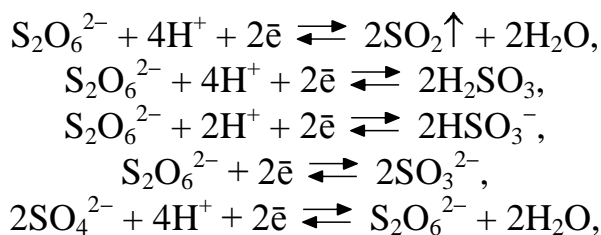
и окислителя:



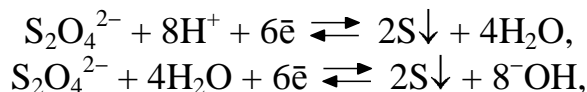
полуреакции восстановления пероксодисульфат-иона (он же - персульфат-ион) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$:



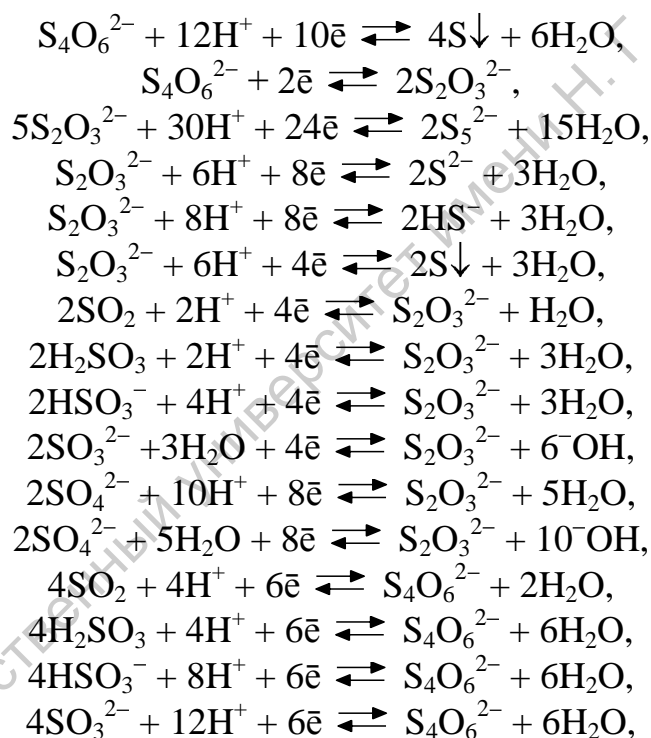
полуреакции с участием дитионат-иона $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$:



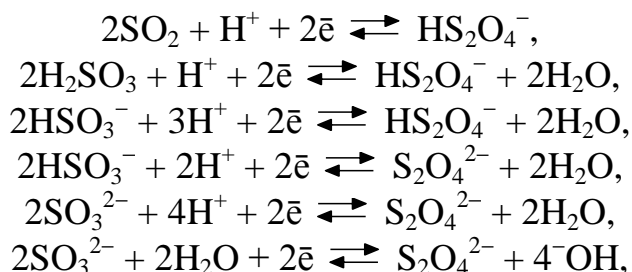
полуреакции восстановления дитионит-иона $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$:



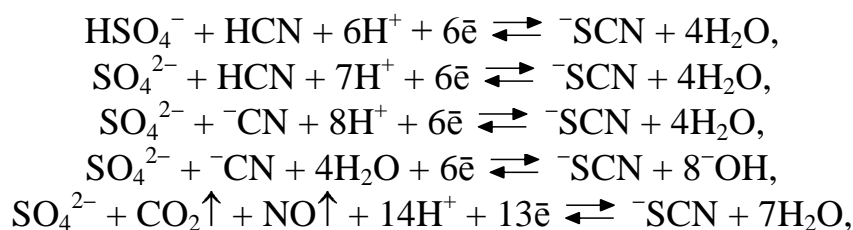
полуреакции с участием тетрагидрат-иона $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ и тиосульфат-иона $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$:



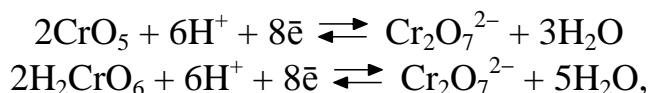
полуреакции образования дитионит-иона $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$:



полуреакции образования тиоцианат-иона (он же - роданид-ион) ^-SCN :



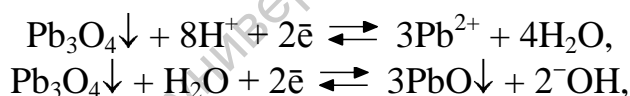
полуреакция восстановления пероксида хрома CrO_5 и пероксохромовой кислоты H_2CrO_6 :



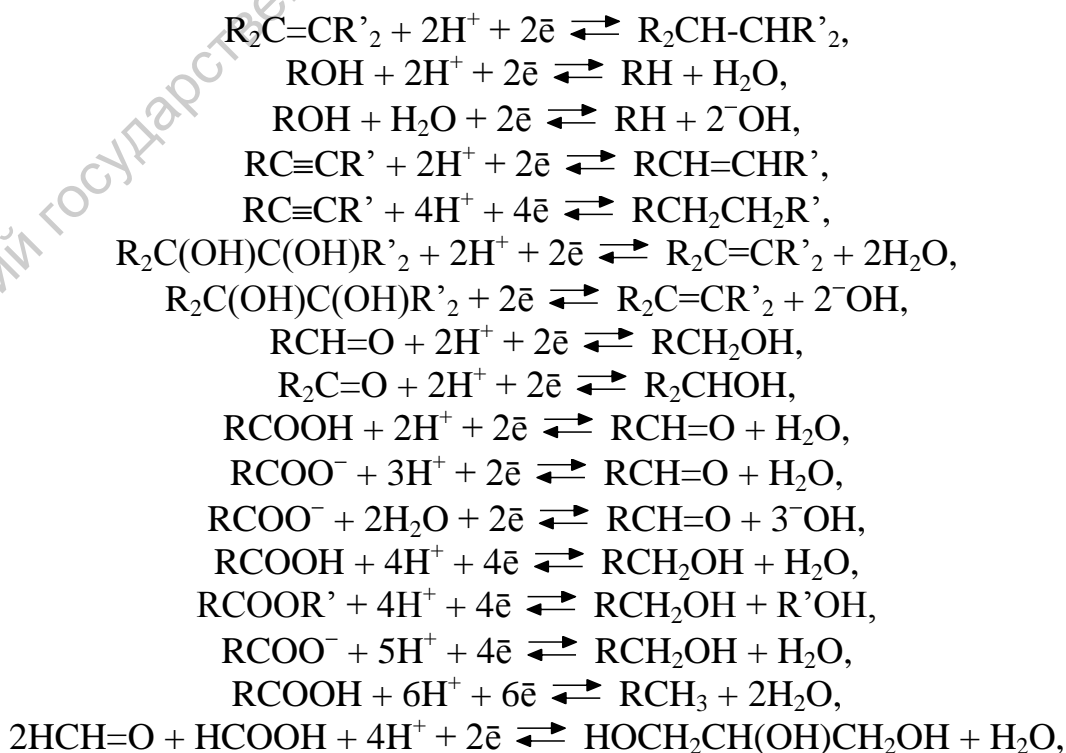
полуреакция образования оксида меди(I) Cu_2O при восстановлении Cu(II) в щелочных глицериновых, тартратных и других подобных средах (растворимая форма меди(II), связанной в глицератные, тартратные и другие комплексы, упрощённо обозначена как Cu(OH)_2):

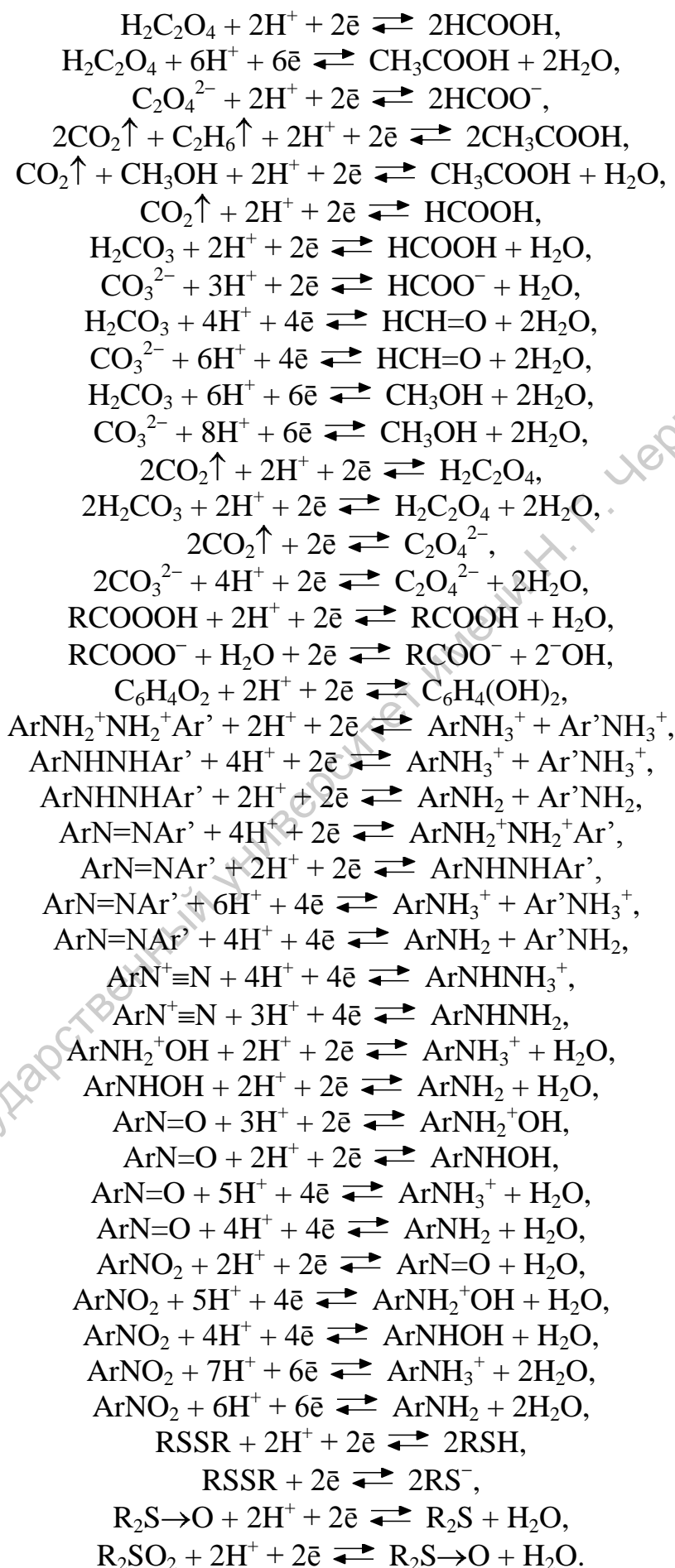


полуреакции восстановления смешанного оксида свинца $\text{PbO}\cdot\text{PbO}_2$ (Pb_3O_4):



некоторые полуреакции восстановления органических соединений:





2. Безэлектронный метод А. Гарсиа

В 1987 г. в *Journal of Chemical Education* опубликован метод А. Гарсиа, изложенный А.М. Афанасьевым в журнале *Химия и жизнь* (1989, № 1). Метод, по мнению его автора, привлекателен своей простотой. С его помощью можно легко подобрать коэффициенты даже в весьма сложных случаях, когда, например, трудно определить степени окисления тех или иных элементов или когда какой-то элемент фигурирует одновременно в различных степенях окисления.

Суть метода такова. Схема химической реакции, показывающая набор веществ, вступающих в реакцию, и продукты их превращения, разбивается на две полуреакции. В одну из них входят соединения, которые содержат атомы одних и тех же элементов (за исключением О и Н). Остальные соединения составляют вторую полуреакцию; в неё при необходимости можно включать и некоторые соединения из первой полуреакции. Затем обе полуреакции уравнивают, складывают и получают суммарное уравнение с искомыми коэффициентами.

Процедура уравнивания полуреакций имеет свои особенности, свой порядок. Сначала левую и правую части уравнения балансируют по числу атомов всех элементов, кроме О и Н; затем уравнивают по числу атомов Н, добавляя в левую или правую часть уравнения молекулы H_2O . Наконец, уравнивают по числу атомов О, добавляя в левую или правую часть уравнения “атомарный” кислород (будем обозначать его \underline{O}).

При сложении уравненных полуреакций “атомарный” кислород должен исчезнуть (сократиться), поэтому перед сложением подбирают соответствующие множители для полуреакций.

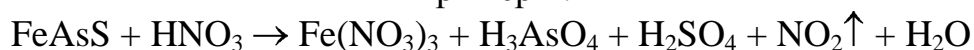
Следует оговориться, что “атомарный” кислород \underline{O} , которым мы будем манипулировать, не имеет ничего общего с реальной химической частицей - атомарным кислородом О, который действительно может участвовать в некоторых химических реакциях. В *методе А. Гарсиа* - это гипотетическая частица, добавляемая в левую или правую часть уравнения полуреакции для достижения баланса по кислороду.

И второе замечание. Вместо “атомарного” кислорода в принципе для уравнивания полуреакций можно использовать и “атомы” других элементов - \underline{H} , \underline{F} , \underline{S} и т.п.

В случае ионных реакций, вслед за уравниванием числа атомов всех элементов, кроме О и Н, надо сделать дополнительный шаг - уравнивать заряд в левой и правой частях уравнения. В кислой среде баланс по заряду регулируется добавлением ионов H^+ , в щелочной - ионов OH^- , как это делается в описанном выше ионно-электронном методе (он же - метод полуреакций).

Испытаем *метод А. Гарсиа* на конкретных примерах.

Пример 1:



Полуреакции:

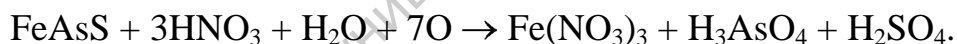


В первую полуреакцию вошли FeAsS и продукты его превращения. В её левую часть добавлена также HNO₃, поскольку Fe в правой части присутствует в виде Fe(NO₃)₃. Вторую полуреакцию составляют HNO₃, NO₂ и H₂O. Как видим, HNO₃ вошла в обе полуреакции.

В обеих частях первой полуреакции содержится по одному атому Fe, As и S, поэтому их уравнивать не надо. Однако, чтобы уравнять азот, в левой части перед HNO₃ ставим коэффициент 3. Теперь в левую часть первой полуреакции необходимо добавить одну молекулу воды - в этом случае мы получим баланс по H:



Подсчитаем теперь число атомов кислорода в обеих частях последнего уравнения. В левой части - 10 атомов, в правой - 17. Для баланса по O необходимо в левую часть добавить семь O:



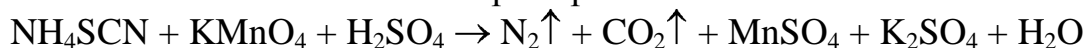
Аналогичным образом найдём окончательное уравнение второй полуреакции:



Как видно из двух последних уравнений, атомарный кислород O оказывается в разных частях полуреакций и в разном числе. Чтобы при их сложении он исчез, нужно вторую полуреакцию умножить на коэффициент 7. Тогда после суммирования получим:



Пример 2:



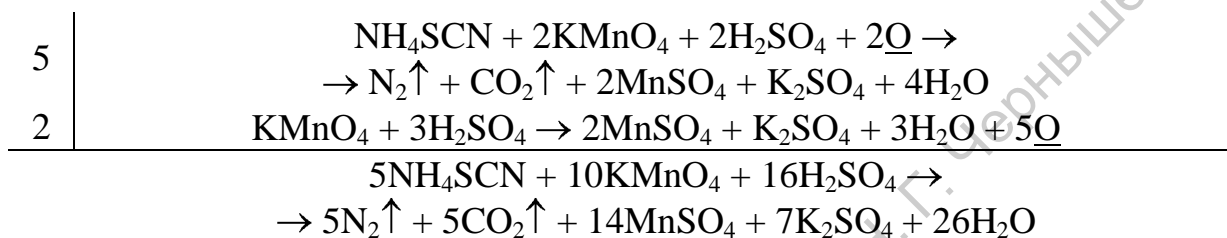
Полуреакции:



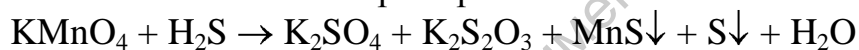
На первый взгляд может показаться, что здесь допущена какая-то ошибка: первая полуреакция полностью повторяет исходную схему реакции. Однако ошибки здесь нет. При составлении первой полуреакции мы взяли за исходное вещество роданид аммония NH_4SCN . А элементы, входящие в его состав, также есть во всех продуктах реакции.

Вторая полуреакция составлена, исходя из того, что продуктом превращения KMnO_4 является MnSO_4 . Остальные вещества добавлены в соответствии с их генетическими связями.

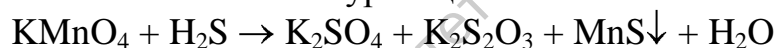
Уравниваем полуреакции и суммируем их:



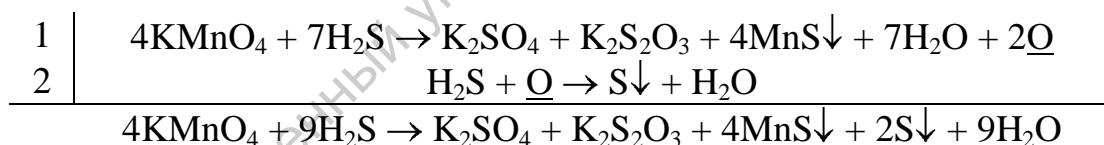
Пример 3:



Полуреакции:



Уравниваем полуреакции, суммируем:



Метод А. Гарсиа применим для любого вида реакций и не требует знания степеней окисления элементов (как, впрочем, и классический *ионно-электронный метод*, оперирующий зарядом ионов).

Тем не менее “технически” *метод А. Гарсиа* не проще *ионно-электронного метода* подбора коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в растворах, а введение гипотетического атомарного кислорода ещё более удаляет нас от истинного механизма реакций, нежели это делает *ионно-электронный метод* расстановки коэффициентов (Л.И. Мартыненко).

А теперь проверьте себя, опираясь в основном на *ионно-электронный метод* (он же - *метод полуреакций*).

3. Контрольные примеры

Расставьте стехиометрические коэффициенты в следующих схемах окислительно-восстановительных превращений:

- 1) $\text{Mn}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
- 2) $\text{Mn}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
- 3) $\text{Mn}^{2+} + \text{ClO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Mn}^{2+} + \text{BrO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{Mn}^{2+} + \text{PbO}_2\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 6) $\text{Mn}^{2+} + \text{NaBiO}_3\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{Bi}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+$
- 7) $\text{Mn}^{2+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}^+$
- 8) $\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 9) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 10) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 11) $\text{HNO}_2 + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 12) $\text{NO}_2^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{MnO}_2\downarrow + \text{OH}^-$
- 13) $\text{NO}_2^- + \text{MnO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- 14) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{O}_2\uparrow + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 15) $\text{S}^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 16) $\text{S}^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{MnO}_2\downarrow + \text{OH}^-$
- 17) $\text{SO}_2 + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6 + \text{Mn}^{2+}$
- 18) $\text{SO}_3^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 19) $\text{SCN}^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{HCN} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 20) $\text{Cl}^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 21) $\text{I}^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 22) $\text{I}^- + \text{MnO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- 23) $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 24) $\text{SnCl}_2 + \text{MnO}_4^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{SnCl}_6]^{2-} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- 25) $\text{ClO}^- + \text{NH}_3\uparrow \rightarrow \text{Cl}^- + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 26) $\text{ClO}_3^- + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$
- 27) $\text{ClO}_3^- + 3\text{Zn}\downarrow + 6\text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}^- + 3\text{Zn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 28) $\text{I}^- + \text{HNO}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 29) $\text{I}^- + \text{O}_2\uparrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 30) $\text{I}^- + \text{O}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2\uparrow + \text{OH}^-$
- 31) $\text{I}^- + \text{HClO} + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- 32) $\text{I}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{Cl}^- + \text{OH}^-$
- 33) $\text{Fe}^{2+} + \text{HClO} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- 34) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- 35) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 36) $\text{S}^{2-} + \text{BrO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^-$

- 37) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + \text{H}^+$
 38) $\text{I}^- + \text{BrO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
 39) $\text{SnCl}_2 + \text{BrO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{SnCl}_6]^{2-} + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
 40) $[\text{SbCl}_5]^{2-} + \text{BrO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{SbCl}_6]^- + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
 41) $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + \text{OH}^-$
 42) $\text{Co}(\text{OH})_3\downarrow + \text{NO}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
 43) $\text{Co}^{2+} + \text{NO}_2^- + \text{H}^+ + \text{K}^+ \rightarrow \text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 44) $\text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{O}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 45) $\text{MnO}_2\downarrow + \text{NO}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
 46) $\text{MnO}_2\downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 47) $\text{IO}_3^- + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 48) $\text{AgCl}\downarrow + \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}\downarrow + \text{MnO}_2\downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 49) $\text{Au}\downarrow + \text{SeO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Au}^{3+} + \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 50) $\text{Bi}(\text{OH})_3\downarrow + [\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-} \rightarrow \text{Bi}\downarrow + [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$
 51) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_6 + \text{H}_2\text{O}$
 52) $\text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+$
 53) $\text{Cr}^{3+} + \text{NaBiO}_3\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Bi}^{3+} + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 54) $\text{Cr}^{3+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}^+$
 55) $\text{Cr}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
 56) $\text{Cr}^{3+} + \text{ClO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 57) $\text{Cr}^{3+} + \text{Br}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
 58) $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$
 59) $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3+} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 60) $\text{SCN}^- + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{HCN} + \text{Br}^- + \text{H}^+$
 61) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}^-$
 62) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{I}^- + \text{H}^+$
 63) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{IO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$
 64) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_3^- + \text{S}\downarrow + \text{HCO}_3^-$
 65) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$
 66) $\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 67) $\text{Co}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$
 68) $\text{Co}^{3+} + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+$
 69) $\text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow + \text{SnCl}_2 + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Hg}\downarrow + [\text{SnCl}_6]^{2-}$
 70) $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$
 71) $\text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 72) $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{O}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$
 73) $\text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{O}_2\uparrow \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 74) $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{S}\downarrow + \text{H}^+$
 75) $\text{Fe}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
 76) $\text{Cu}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_2\text{S}\downarrow + \text{S}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
 77) $\text{Hg}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HgS}\downarrow + \text{S}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
 78) $\text{FeS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

- 79) $\text{FeS}_2\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 80) $\text{Cu}_2\text{S}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 81) $\text{Cu}_2\text{S}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 82) $\text{CuS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 83) $\text{Ag}_2\text{S}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 84) $\text{As}_2\text{S}_3\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{HSO}_4^- + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 85) $\text{As}_2\text{S}_5\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{HSO}_4^- + \text{NO}\uparrow$
 86) $\text{As}_2\text{S}_5\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{HSO}_4^- + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 87) $\text{Sb}_2\text{S}_3\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HSbO}_3\downarrow + \text{HSO}_4^- + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 88) $\text{Sb}_2\text{S}_3\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HSbO}_3\downarrow + \text{HSO}_4^- + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 89) $\text{Bi}_2\text{S}_3\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Bi}^{3+} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 90) $\text{SnS}_2\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3\downarrow + \text{HSO}_4^- + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 91) $\text{HgS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{HgCl}_4]^{2-} + \text{HSO}_4^- + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 92) $\text{HgS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{HgCl}_4]^{2-} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 93) $\text{HgS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{HgCl}_4]^{2-} + \text{S}\downarrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 94) $\text{NiS}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 95) $\text{SnS}\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 96) $\text{As}_2\text{S}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 97) $\text{Bi}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Bi}^{3+} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 98) $\text{Cu}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 99) $\text{Cu}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 100) $\text{Ag}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 101) $\text{Ag}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 102) $\text{Au}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 103) $\text{Pt}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2[\text{PtCl}_6] + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 104) $\text{Ti}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{HF} + \text{F}^- \rightarrow [\text{TiF}_6]^{2-} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 105) $\text{Ta}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{HF} \rightarrow [\text{TaF}_7]^{2-} + \text{NO}\uparrow + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 106) $\text{Zn}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 107) $\text{Mg}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
 108) $\text{Mg}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 109) $\text{Ca}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 110) $\text{Mn}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 111) $\text{Sn}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3\downarrow + \text{NO}\uparrow$
 112) $\text{Sn}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3\downarrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 113) $\text{Al}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + \text{NH}_3\uparrow$
 114) $\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 115) $[\text{TcOCl}_5]^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TcO}_4^- + \text{NO}\uparrow + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 116) $\text{SCN}^- + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2\uparrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 117) $\text{H}_2\text{S} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 118) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{NO}\uparrow + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 119) $\text{AsH}_3\uparrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 120) $\text{I}^- + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

- 121) $\text{Al}\downarrow + \text{ClO}_3^- + \text{}^-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + \text{Cl}^-$
 122) $\text{Al}\downarrow + \text{AsO}_3^{3-} + \text{}^-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + \text{AsH}_3\uparrow$
 123) $\text{Zn}\downarrow + \text{AsO}_3^{3-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{AsH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 124) $\text{Cu}\downarrow + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 125) $\text{H}_2\text{S} + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 126) $\text{I}^- + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 127) $\text{I}^- + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 128) $\text{I}^- + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 129) $\text{AsH}_3\uparrow + \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{Ag}\downarrow + \text{H}^+$
 130) $\text{AsH}_3\uparrow + \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} + \text{Ag}\downarrow + \text{NH}_4^+$
 131) $\text{AsO}_3^{3-} + \text{Ag}^+ + \text{}^-\text{OH} \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} + \text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 132) $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ag}^+ + \text{}^-\text{OH} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 133) $\text{SnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{SnCl}_6]^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 134) $\text{SO}_3^{2-} + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 135) $\text{SO}_4^{2-} + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 136) $\text{MoO}_4^{2-} + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mo}^{3+} + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 137) $\text{H}_2\text{WO}_4\downarrow + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{W}_2\text{O}_5\downarrow + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 138) $\text{SbCl}_3 + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{SbH}_3\uparrow + \text{Zn}^{2+} + \text{Cl}^-$
 139) $[\text{SnCl}_6]^{2-} + \text{Zn}\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{SnH}_4\uparrow + \text{Zn}^{2+} + \text{Cl}^-$
 140) $\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3\downarrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 141) $\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 142) $\text{Sb}_2\text{S}_5\downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{SbCl}_5]^{2-} + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
 143) $\text{Br}^- + \text{PbO}_2\downarrow + \text{H}^+ \rightarrow \text{Br}_2 + \text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 144) $\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 145) $\text{Fe}^{2+} + \text{IO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 146) $\text{B}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NO}_2\uparrow$
 147) $\text{C}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 148) $\text{C}\downarrow + \text{HSO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 149) $\text{P}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}\uparrow$
 150) $\text{P} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + \text{KCl}$
 151) $\text{S}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{NO}\uparrow$
 152) $\text{Se}\downarrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{NO}\uparrow$
 153) $\text{CrO}_3\downarrow + \text{NH}_3\uparrow \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3\downarrow + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 154) $\text{As}\downarrow + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 155) $\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 156) $\text{I}_2 + \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 157) $\text{Al}\downarrow + \text{}^-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + \text{H}_2\uparrow$
 158) $\text{Si}\downarrow + \text{}^-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\uparrow$
 159) $\text{Au}\downarrow + \text{O}_2\uparrow + \text{}^-\text{CN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Au}(\text{CN})_2]^- + \text{}^-\text{OH}$
 160) $\text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{P}\downarrow + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 161) $\text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{O}_2\uparrow + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
 162) $\text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$

- 163) $[\text{AuCl}_4]^- + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^-$
 164) $[\text{AuCl}_4]^- + \text{AsH}_3\uparrow + \text{OH}^- \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{Cl}^- + \text{AsO}_3^{3-} + \text{H}_2\text{O}$
 165) $\text{AuO}_2^- + \text{HCH}=\text{O} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{HCOO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
 166) $\text{Pb}_3\text{O}_4\downarrow + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$
 167) $\text{Fe}^{3+} + \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{N}_2\uparrow + \text{H}^+$
 168) $\text{Fe}^{3+} + \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
 169) $\text{Mo} + \text{NaNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{MoO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{CO}_2\uparrow$
 170) $\text{Os} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{OsO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}\uparrow$
 171) $\text{PuO}_2^{2+} + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PuO}_2^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}^+$
 172) $\text{XeF}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Xe}\uparrow + \text{HF} + \text{O}_2\uparrow$
 173) $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 174) $\text{NO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
 175) $\text{SO}_3^{2-} + \text{S}^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 176) $\text{Se}\downarrow + \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SeO}_3\downarrow + \text{Ag}_2\text{Se}\downarrow + \text{NH}_4^+$
 177) $\text{Cl}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 178) $\text{ClO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + \text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
 179) $\text{I}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{IO}^- + \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$
 180) $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{AgI}\downarrow + \text{H}^+$
 181) $\text{MnO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
 182) $\text{HMnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
 183) $[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-} \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-} + \text{Sn}\downarrow + \text{OH}^-$
 184) $\text{NO}\uparrow + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 185) $\text{Cu}\downarrow + \text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- \rightarrow [\text{CuCl}_2]^-$