

Используя метод полуреакций, определить продукты реакции и подобрать коэффициенты уравнения, описывающего окисление оксалата калия перманганатом калия в водном щелочном растворе:

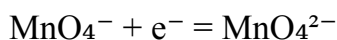


Решение

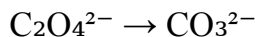
Указанные в числе реагентов вещества в водном растворе диссоциируют на ионы:



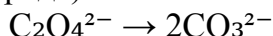
Начнём с составления полуреакции восстановления. Перманганат-анион в щелочной среде превращается в манганат, принимая электрон (марганец понижает степень окисления с +7 до +6):



Далее, типичным продуктом окисления оксалат-аниона $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ является углекислый газ, но последний в растворе щёлочи будет превращаться в CO_3^{2-} . Таким образом, в полуреакции окисления оксалат переходит в карбонат:



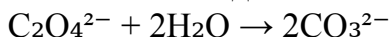
или (с уравниванием числа атомов углерода):



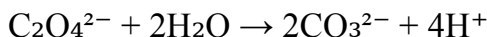
В правой части получилось 6 атомов кислорода, а в левой их всего 4. Далее можно пойти разными путями: правильно и не очень. Рассмотрим оба варианта и начнём с «неправильного».

Вариант 1

Недостающий кислород может поставить вода:



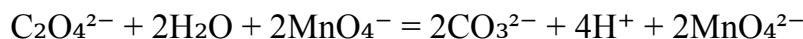
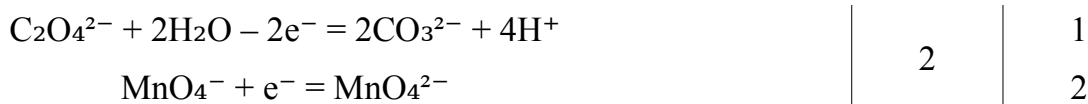
При этом избыточные атомы водорода слева можно компенсировать соответствующими катионами справа:



Для выравнивания зарядов необходимо в левой части отнять 2 электрона:



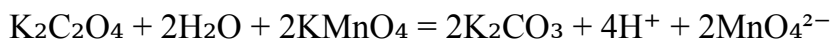
Далее записываем обе полуреакции друг под другом и действуем как обычно:



Добавлением по 4 катиона калия в обе части уравнения

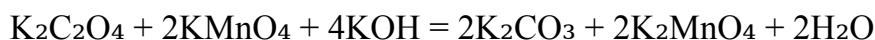
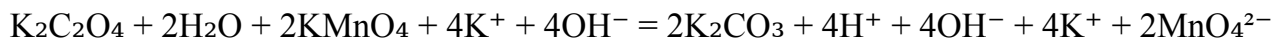


в левой можно собрать «молекулы» (формульные единицы) оксалата и перманганата, а в правой – карбоната калия:



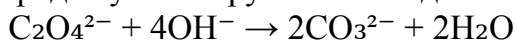
Сугубо формально из четырёх катионов водорода и двух манганат-анионов можно составить две молекулы марганцевой кислоты H_2MnO_4 , но здесь пора вспомнить, что реакция проводится в щелочном растворе, поэтому любые катионы водорода, даже если бы они и сумели

образоваться, сразу же «съедятся» гидроксид-ионами, дав воду. В связи с этим самое время добавить в обе части уравнения по четыре OH^- и K^+ :

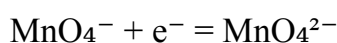
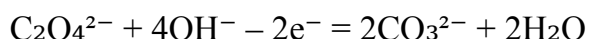


Вариант 2

В щелочном растворе источником недостающих атомов кислорода выступают гидроксид-ионы, а избыточные атомы водорода «утилизируются» в виде молекул воды:



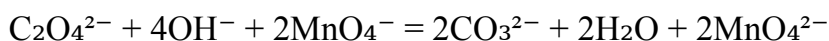
Для выравнивания зарядов от левой части необходимо, как и в *Варианте 1* забрать два электрона. Последующие действия совершенно стандарты:



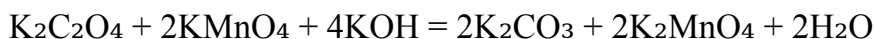
2

1

2

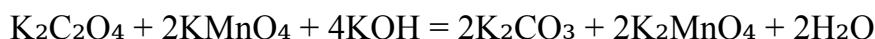


/ +8K⁺



На разобранном примере легко видеть любопытную особенность метода полуреакций* – он менее чувствителен к ошибкам учащегося, ведь если при решении упустить из вида, что в щелочном растворе образование свободных катионов водорода крайне затруднено, то после сведения баланса отданных и принятых электронов всё равно остаётся шанс исправить ситуацию введением дополнительных гидроксид-ионов в обе части уравнения. Разумеется, такой путь решения получается более долгим, но всё равно позволяет получить верный ответ – правильно подобранные коэффициенты.

О т в е т



© Широков Александр, 23.02.2025

* См. заметку «Химические уравнения, метод полуреакций и недомолвки о них в школе» (URL: <https://shurichimik.narod.ru/consideration/onepage/54-half-reaction.htm>).