

Применение метода электронного баланса для расстановки коэффициентов в неорганических реакциях. (Подготовка к ЕГЭ и ОГЭ по химии)

Для решения заданий 30 ЕГЭ и заданий 20 ОГЭ требуется комплекс знаний и умений.

- Умение расставлять степени окисления элементов в молекулярных формулах веществ.
- Умение составлять электронный баланс, то есть определять количество и направление перехода электронов.
- Умение расставлять коэффициенты.

1. Умение расставлять степени окисления элементов в молекулярных формулах веществ.

Для того, чтобы определить степени окисления элементов, нужны следующие знания.

1. **Электроотрицательность** – способность атомов притягивать к себе общие электронные пары. Притягивая к себе электроны, атомы приобретают частичный отрицательный заряд. Наиболее электроотрицательными являются неметаллы: фтор, кислород и азот. Металлы, как правило, смещают электроны от себя, приобретая положительный заряд.
2. **Степень окисления.** Понятие степени окисления весьма формально: это заряд, который приобрел бы атом, если бы все связи в молекуле стали ионными. При определении степени окисления в неорганических веществах чаще всего пользуются **алгебраическим** методом и находят **усредненное** значение степени окисления. Именно поэтому иногда степень окисления выражается нецелыми числами. Степень окисления каждого отдельного атома должна быть целым числом (потому что смещается целое количество электронов).
3. **Значение степени окисления некоторых элементов.**

Ученики должны знать, что:

- Степень окисления элементов в простых веществах равна 0.
- Фтор в соединениях имеет степень окисления – 1.
- Металлы 1-2 группы главной подгруппы в соединениях имеют степень окисления +№ группы. (В принципе, можно сказать, что бор и алюминий тоже имеют степень окисления +№ группы, так как в школьном курсе с другими степенями окисления этих элементов мы не сталкиваемся. Но строго говоря, у алюминия, галлия, индия и таллия есть соединения, в которых они проявляют степень окисления +1)
- Водород в большинстве соединений проявляет степень окисления +1, и только в гидридах (соединениях с металлами) может быть – 1.
- Кислород чаще всего проявляет степень окисления – 2. Однако, в соединениях с фтором может быть +1 или +2, в соединениях с активными

металлами и водородом может проявлять степень окисления -1 (пероксиды), и дробные степени окисления (надпероксиды и озониды).

- Все остальные неметаллы могут проявлять переменные степени окисления от (**№ группы -8**) – низшая степень окисления до **+ № группы** – высшая степень окисления. Если атом неметалла является в молекуле наиболее электроотрицательным, то его степень окисления скорее всего будет низшей (№ группы -8).
- Металлы побочных подгрупп и главных подгрупп 4 – 6 групп могут иметь только положительные степени окисления в соединениях, причем у элементов побочных подгрупп номер группы не всегда соответствует высшей степени окисления (например, медь $+2$, золото $+3$, железо $+6$, никель $+2$, кобальт $+3$ и т.д.). Степень окисления этих элементов можно определить только по формуле.

Алгебраический метод определения степени окисления исходит из того, что молекула в целом электронейтральна, то есть сумма степеней окисления всех элементов равна нулю.

Например, определим степени окисления элементов в молекуле серной кислоты H_2SO_4 . Так как водород в этой молекуле не связан с металлом, то его степень окисления $+1$ (на 2 атома водорода приходится $+2$), кислород не связан с фтором, перед нами явно не пероксид и не озонид, поэтому его степень окисления -2 (на 4 атома кислорода приходится -8). Обозначим степень окисления серы за x . Тогда $+2-8+x=0$; $x=+6$.

Этот метод хорош и для определения степени окисления элементов в ионах. Например, ортофосфат-анион PO_4^{3-} .

У кислорода степень окисления -2 , на 4 атома кислорода приходится -8 , пусть степень окисления фосфора x , тогда сумма степеней окисления равна заряду иона, то есть: $x-8=-3$, откуда $x=+5$

ЗАДАНИЕ 1. Любым из выше указанных способов определите степени окисления всех элементов в соединениях, объясняя последовательность действий: NO_2F , BaO_2 , NH_4F , NaH_2PO_2 , $\text{Ca}(\text{SCN})_2$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

2. Умение составлять электронный баланс, то есть определять количество и направление перехода электронов.

1. **Окисление** – процесс отдачи электронов. (Небольшой мнемонический приём: **О**кисление – **О**тдача, начинаются с одной буквы)

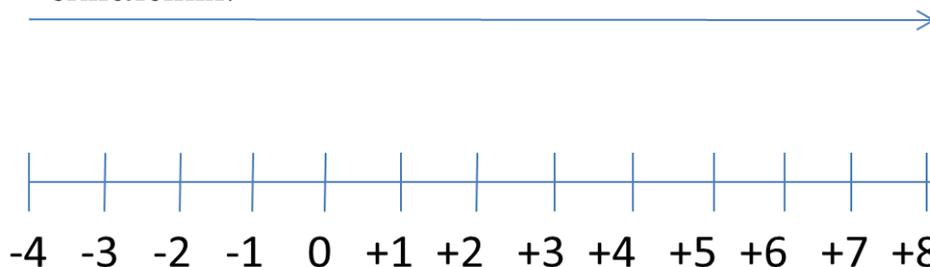
Восстановление – процесс принятия электронов.

2. Окисление происходит с **восстановителем**. Значит, **восстановитель** отдает электроны, окисляется, его степень окисления повышается.

Восстановление происходит с **окислителем**. Значит, **окислитель** принимает электроны, восстанавливается, его степень окисления понижается.

Кому не нравится такой подход, предлагаю **графический метод**:

Степень окисления повышается, элемент отдает электроны, является **восстановителем**, процесс **окисления**.



← Степень окисления понижается, элемент принимает электроны, является **окислителем**, процесс **восстановления**

Сколько электронов принимает или отдает атом элемента, можно посчитать по координатной прямой.

3. Умение расставлять коэффициенты методом электронного баланса.

ПРИМЕР 1.



- 1) Определяем степени окисления всех элементов;
- 2) Выбираем те элементы, у которых изменилась степень окисления;
- 3) Составляем электронный баланс

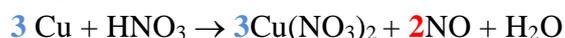


Число принятых и отданных электронов переносим крест-накрест и сокращаем. Это множители, которые позволяют осуществить закон сохранения: **число принятых электронов должно быть равно числу отданных электронов**.

Теперь эти множители нужно внести в схему реакции, они должны стать коэффициентами. Перед атомами меди в левой и правой части уравнения нужно поставить коэффициент **3**. В этом действии можно не сомневаться, так как медь в левой и правой части встречается только по одному разу.



А вот с азотом возникает вопрос: **к какому из атомов азота относится коэффициент 2?** Ответ: к тому, степень окисления которого в уравнении встречается **единожды**, то есть +2. Ставим коэффициент **2** перед NO.

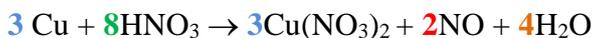


Дальше сравниваем левую и правую часть схемы и достраиваем коэффициенты в таком порядке: в правой части после выставления коэффициентов из баланса перед

всеми атомами азота есть коэффициенты, пересчитаем азот в правой части – **8**, ставим этот коэффициент перед азотной кислотой.

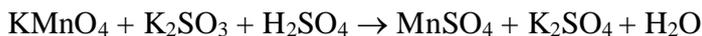


Теперь в левой части поставлен коэффициент перед водородом, число его атомов **8**. Ставим в правую часть перед водой **4**.

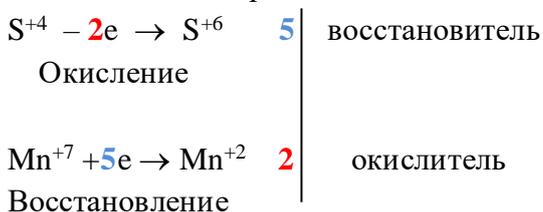


Осталось сравнить число атомов кислорода в левой и правой части уравнения. Если равно – коэффициенты расставлены правильно, если нет – ищем ошибку.

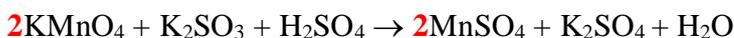
ПРИМЕР 2.



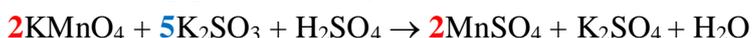
- 1) Определяем степени окисления всех элементов;
- 2) Выбираем те элементы, у которых изменилась степень окисления;
- 3) Составляем электронный баланс



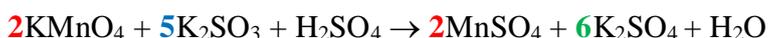
Перед атомами марганца в левой и правой части уравнения нужно поставить коэффициент **2**. В этом действии можно не сомневаться, так как марганец в левой и правой части встречается только по одному разу.



С серой возникает вопрос: *к какому из атомов серы относится коэффициент 5?* К тому, степень окисления которого в уравнении встречается *единожды*, то есть +4. Ставим коэффициент **5** перед K_2SO_3 .



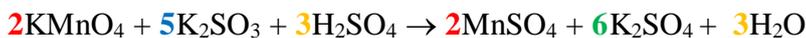
Дальше сравниваем левую и правую часть схемы и достраиваем коэффициенты в таком порядке: калий (в левой части $10+2=12$, перед K_2SO_4 поставим **6**)



Теперь в правой части поставлены коэффициенты перед серой, число её атомов **8**. В левой части уже есть коэффициент перед серой **5**, не хватает еще **3**.



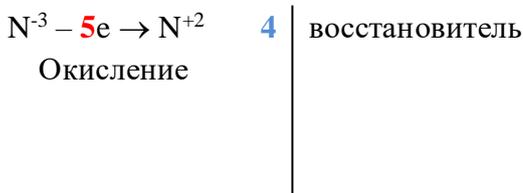
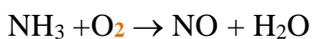
Сравниваем число атомов водорода. Ставим перед водой **3**.



Осталось сравнить число атомов кислорода в левой и правой части уравнения. 35 и 35.

Случаи, когда индекс при химическом элементе вносится в электронный баланс.

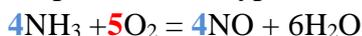
- 1) Если формула простого вещества записывается с индексом:





Восстановление

5 ставим перед простым веществом – кислородом, **4** – перед азотом в левой и правой части уравнения, уравниваем водород, проверяем кислород.



- 2) Если в молекуле атомы одного элемента соединены между собой (то есть присутствует ковалентная неполярная связь): пероксиды, дисульфиды, тиосульфат, веселящий газ, органические вещества:



Окисление

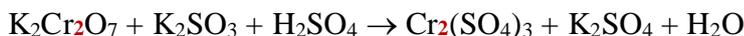


Восстановление

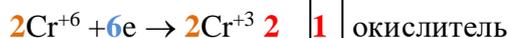
3 ставим перед пероксидом водорода, **2** – перед хромом в левой и правой части уравнения, уравниваем калий, потом - водород, проверяем кислород.



- 3) Если у одного элемента в левой и правой части уравнения есть одинаковый индекс:

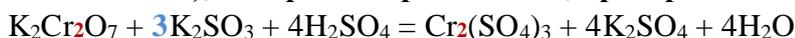


Окисление

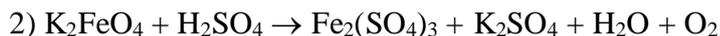


Восстановление

Перед сульфитом ставим **3**, перед хромом в левой и правой части коэффициент не нужен, уравниваем калий (в правой части перед сульфатом калия ставим **4**), затем – серу (в левой части перед серной кислотой – **4**), водород – перед водой **4**, проверяем кислород.



ЗАДАНИЕ 2. Расставьте коэффициенты методом электронного баланса в следующих схемах реакций:



Источники:

1. <http://himik.pro/okislitelno-vosstanovitelnyie-reaktsii-2/metod-elektronnogo-balansa>
2. <http://www.superhimik.com/t5776-topic#7140>
3. <http://techemy.com/forum/viewtopic.php?f=11&t=190>
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D5%E8%EC%E8%F7%E5%F1%EA%EE%E5_%F3%F0%E0%E2%ED%E5%ED%E8%E5
5. <http://chimical-docs.ru/index.php?action=full&id=373>
6. <http://www.himhelp.ru/section23/section7/section44/52.html>
7. А. В. Кульша. О расстановке стехиометрических коэффициентов