

Химические и математические уравнения

А.Ю. Назаров

Автор: Назаров Андрей Юрьевич, учитель химии Центра образования № 429 г. Москвы.

Предмет: Химия.

Класс: 7.

Тема: Сходство и различие химических и математических уравнений.

Профиль: Общеобразовательный.

Уровень: Продвинутой.

Текст задачи: Вы давно знакомы с математическими уравнениями и приступили к изучению химических уравнений. Попробуйте найти как можно больше пунктов сходства и различия химических и математических уравнений.

а) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

б) Найдите необходимую информацию.

в) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

г) Сделайте выводы.

д) Сравните ваши выводы с выводами известных людей.

Возможные информационные источники

Книги:

Минченков Е.Е. и др. Химия: Учебник для 8 класса. М., 2005.

Web-сайты:

www.vehi.net

www.alchimik.ru

www.chemistry.narod.ru и др.

Культурные образцы

Формулы химические. Фрагмент статьи из Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона. СПб., 1890–1907.

Течение химических реакций выражается так называемыми химическими уравнениями, первыми примерами которых мы обязаны Лавуазье. Строятся эти уравнения следующим образом. Слева от знака равенства ставятся соединённые знаками + Φ . различных участвующих в реакции тел; слева от каждой Φ . ставится некоторый коэффициент (при отсутствии его считается, что он = 1), который обозначает число участвующих в реакции молекул (объёмов, если реакция идёт в парогазообразном состоянии); справа от знака равенства пишут точно таким же образом Φ . образующихся по окончании реакции молекул и число их. Благодаря этому химическое уравнение должно бы представлять качественно и количественно химическое состояние системы до и после превращения. Понятно, что для этого коэффициенты таких уравнений должны устанавливаться опытом.

Подобные опытные уравнения, изображающие течение реакции при данных условиях, действительно известны во многих случаях (см. работы В. Roozeboom'a и его учеников в «Zeitschr. f. ph. Chemie»); но большинство уравнений, приводимых в учебниках по неорганической химии, и почти все, за немногими исключениями, уравнения учебников органической химии имеют целью не изображение действительно идущих процессов, ход которых в зависимости от различных условий пока ещё нам мало известен, а они изображают некоторые идеальные

процессы, которые могли бы иметь место, если бы из взятой системы тел образовывалась только некоторая качественно определённая система других тел.

Для определения коэффициентов таких уравнений мы уже не пользуемся количественными химическими анализами, а ограничиваемся некоторыми качественными аналитическими указаниями и строим уравнение на основании закона Лавуазье о сохранении массы материи при химических превращениях. Так, например, представим себе, что мы установили бы качественно, что при некоторых условиях система из меди (Cu) и азотной кислоты (HNO_3) была бы способна нацело превращаться в систему из азотно-медной соли ($\text{Cu}[\text{HNO}_3]_2$), воды — H_2O и окиси азота — NO. Спрашивается, каким уравнением можно было бы передать такой процесс? Полученное уравнение, как не отвечающее действительно идущей реакции, имело бы исключительно мнемоническое значение.

Для отыскания уравнения можно было бы написать его таким образом: $x\text{Cu} + y\text{HNO}_3 = z\text{Cu}(\text{HNO}_3)_2 + u\text{H}_2\text{O} + v\text{NO}$, а затем решить, имея в виду, что для меди $x = z$, для водорода $y = 2u$, для азота $y = 2z + v$ и для кислорода $3y = 6z + u + v$, откуда окончательное уравнение имеет вид $x\text{Cu} + 8x/3\text{HNO}_3 = x\text{Cu}(\text{HNO}_3)_2 + 4x/3\text{H}_2\text{O} + 2x/3\text{NO}$, или же, приводя к одному знаменателю и сокращая x : $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$. Это и есть уравнение, которое даётся обыкновенно в учебниках (относительно метода решения таких уравнений на основании рассмотрения возможных реакций см. Д.И. Менделеев. «Основы химии», 6-е изд., 1895, стр. 199, прим. 41 и стр. 205 и О.С. Johnson, «Chem.

News» 42, 1880, 51, и J. Bottomley, «Chem. News» 37, 1878, 110).

Указанный приём приводит к цели только тогда, когда искомое уравнение отвечает одной реакции, а не нескольким последовательно идущим превращениям; в последнем случае окончательное уравнение остаётся неопределённым. Так, например, известно, что при нагревании бертолетовой соли образуются: хлористый калий — KCl, кислород — O_2 и хлорно-калиевая соль — KClO_4 , т.е. $x\text{KClO}_3 = y\text{O}_2 + z\text{KCl} + u\text{KClO}_4$, откуда для калия и хлора: $x = z + u$; для кислорода $3x = 2y + 4u$; условия, очевидно, неопределённые, и этим объясняется, что в одних учебниках реакция передаётся уравнением $2\text{KClO}_3 = \text{O}_2 + 2\text{KCl}$, а в других $6\text{KClO}_3 = 7\text{O}_2 + 5\text{KCl} + \text{KClO}_4$; их можно ещё написать бесчисленное множество, так как одно из возможных общих решений передаётся формулой $2(x + 2y)\text{KClO}_3 = 3x\text{O}_2 + (2x + y)\text{KCl} + 3y\text{KClO}_4$ [Другие уравнения могут быть, напр.: $2(x + 2y)\text{KClO}_2 = x\text{O}_2 + (x + y)\text{KCl} + (x + 3y)\text{KClO}_4$, $4\text{KClO}_3 = 2y\text{O}_2 + (x + y)\text{KCl} + (3x - y)\text{KClO}_4$. И т. д. Каждое из них указывает на возможность двух независимых реакций; для различных уравнений эти реакции различны. Это замечание прилагается и к другим приведённым в тексте примерам неопределённых реакций.]

Как на дальнейшие примеры таких неопределённых реакций можно указать на образование ортофосфорной кислоты при взаимодействии фосфора, йода и воды, которое иногда передаётся уравнением $9\text{J} + 13\text{P} + 24\text{H}_2\text{O} = 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{HJ} + 7\text{PH}_4\text{J}$, а иногда: $2\text{J} + 2\text{P} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HJ} + \text{PH}_4\text{J}$, где одно из решений даётся формулой: $5(x + y)\text{J}_2 + 2(x + 9y)\text{P} + 8(x + 4y)\text{H}_2\text{O} = 2(x + 4y)\text{H}_3\text{PO}_4 + 10x\text{HJ} + 10y\text{PH}_4\text{J}$, или на взаимодействие тех

же тел с образованием пирофосфорной кислоты, которое обыкновенно передаётся уравнением А.В. Гофмана: $13P + 9J + 21H_2O = 7PH_4J + 2HJ + 3H_4P_2O_7$, между тем как его можно написать и $5J + 9P + 14H_2O = 5PH_4J + 2H_4P_2O_7$, и $4J + 4P + 7H_2O = 2PH_4J + 2HJ + H_4P_2O_7$, и $14J + 22P + 35H_2O = 12PH_4J + 2HJ + 5H_4P_2O_7$, и многими другими способами, так как одно из возможных выражений есть: $2(9x + y)P + 5(x + y)J_2 + 7(4x + y)H_2O = 10xPH_4J + 10yHJ + (4x + y)H_4P_2O_7$; во всех подобных случаях x и y могут быть порознь приравнены нулю, но могут иметь значение и любых целых чисел. Относительно некоторых условных знаков, встречаемых теперь во многих химических уравнениях, см. van't Hoff, «Etudes de dynamique chimique»; B. Roozeboom, «Recueil Trav. Pays-Bas» 3, 1884, 29 («Zeitschr. f. ph. Chemie» 2, 1888, 450) и H. Marschall, «Proc. R. Soc. Edinburgh» 24, 1902, II, 85—87 («Zeitschr. f. ph. Ch. 41, 1902, 1 03).

Уравнения. Фрагмент статьи из Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона. СПб., 1890–1907.

Уравнение

Соединение данных чисел при помощи знаков различных действий называется алгебраическим выражением. Например:

$$(2 \cdot 7 + 1)/3.$$

Если выполнить указанные действия, то в результате получим 5. Чтобы не повторять этой фразы каждый раз, пользуются обозначением

$$(2 \cdot 7 + 1)/3 = 5.$$

Этим же знаком $=$ пользуются, чтобы выразить, что два алгебраических выражения дадут тот же результат, если будут выполнены действия, указанные знаками. Например:

$$3 \cdot 5 = 21 - 6.$$

Соединение двух алгебраических выражений знаком $=$ называется равенством, а знак $=$ называется знаком равенства.

Алгебраическое выражение, кроме данных чисел, может содержать буквы, которым можно придавать различные частные значения. Напр. $x + 3$. Если вместо x подставить 2, то получим 5. В этом случае говорят, что $x + 3 = 5$ при $x = 2$. Величины, которые могут принимать различные значения, называются переменными величинами, для обозначения их принято пользоваться последними буквами латинского алфавита.

Соединение знаком равенства выражений, содержащих переменные величины, называется уравнением. Например: $x + 3 = 5$.

Это уравнение удовлетворяется при $x = 2$; значение $x = 1$ уравнению не удовлетворяет, так как $1 + 3 = 4$, а не $= 5$.

Если бы оказалось, что уравнение удовлетворяется при произвольных значениях переменных, то оно наз. тождеством. Например:

$$2x + 3y + 10 - 3 = 2x + 3y + 7.$$

Решить уравнение — значит найти значения переменных, ему удовлетворяющих. Говорят, что уравнение невозможно, если оно не удовлетворяется никакими значениями переменных. Например, уравнение $2x + 1 = 2x + 3$ невозможно.

Методический комментарий

Как правило, учащиеся не видят сходства между химическими и математическими уравнениями. Это затрудняет необходимую формальную сторону изучения химии. Если же учащиеся самостоятельно найдут сходство между этими важнейшими инструментами математики и химии, это может способствовать их успешности в обеих этих науках.