

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

**Математический способ расстановки коэффициентов в уравнениях
химических реакций**

Водолеев Кирилл Константинович,
11 кл., МАОУ «СОШ №3», г. Краснокамск,
Атаманюк Татьяна Павловна,
учитель математики,
Безукладникова Тамара Сергеевна,
учитель химии.

Пермь. 2015.

Содержание

Введение	3
1. Обзор литературы	6
2. Методика исследования	10
3. Результаты и их обсуждение	11
4. Выводы	14
5. Литература	15
6. Приложение	16

Введение

В свете внедрения ЕГЭ приказом министра утвержден перечень вступительных испытаний в вузы. Из него следует, что на многие специальности естественно - научного профиля выпускникам придется сдавать не только обязательный экзамен по математике, но и по физике, информатике, химии. Отсюда следует, что связь математики с другими дисциплинами должна прослеживаться как можно раньше и должна выходить за рамки обычной программы, в частности при изучении химии.

Изучение химии как научной дисциплины начинается в школе с восьмого класса, когда уровень знаний и умений по математике у учащихся уже достаточно высок. Одним из важных моментов, необходимых на протяжении изучения всего курса химии, является рассмотрение различных типов химических реакций. При составлении уравнения любой химической реакции, следует грамотно и умело использовать закон сохранения массы веществ. Он является одним из ключевых вопросов химии, изложенных в методике преподавания [1]

В простых уравнениях, расстановка коэффициентов не представляет трудностей, однако в сложных уравнениях, этот процесс вызывает затруднение у учащихся. Для устранения этого недостатка, возникает необходимость в построении аналитических алгоритмов с использованием математического аппарата, доступного учащемуся [3]

Практика показывает, что существует альтернативный метод работы с уравнениями, с которым учащиеся практически не знакомы. Но он широко применяется и используется в математике - метод неопределенных коэффициентов. Благодаря этому методу, можно алгебраическую дробь, представить в виде суммы нескольких более простых алгебраических дробей. Суть этого метода состоит в том, что коэффициенты при одинаковых степенях переменной должны быть равны. [6]

Литературных данных по этому вопросу немного, это и определило интерес и выбор темы.

Актуальность темы. Ввиду вышесказанного, актуальным представляется использование теоретических знаний, и отработка механизма внедрения этого метода в школьный компонент. Важно и то, что ежегодно в нашей школе несколько человек

выбирают экзамен по химии. Это те учащиеся, которые имеют намерения поступить в Медицинскую и в Фармацевтическую академии, в университеты, где профильный предмет химия. Изучение, овладение еще одним методом при решении уравнений, должно улучшить знания, умения, навыки учащихся по предмету и шире применять его на практике и осуществить свою мечту.

Научная новизна состоит в том, что алгоритм грамотного составления уравнения химической реакции математическим способом отличается от традиционного. Применение этого способа вызовет у учеников интерес, что приведет к заинтересованному изучению химии в целом и как результат поможет в выборе будущей профессии.

Объект исследования: уравнения химических реакций.

Цель работы: познакомить и научить учащихся математическому методу отработать его применение для разных типов реакций на уроках и во внеклассной работе.

Исходя из цели, мы поставили перед собой следующие задачи:

1. ознакомиться с литературными источниками;
2. подобрать материал для различных типов реакций;
3. рассмотреть алгоритм метода с учителями химии;
4. составить план внедрения этого метода;
5. обучить данному методу учащихся;
6. провести мониторинг применения этого метода.

Информационная база: работа с научной и методической литературой по математике и химии, справочниками, энциклопедиями.

Структура работы. Работа состоит из введения, обзора литературы, методики исследования, результатов и их обсуждения, выводов, литературы, приложения. Общий объем работы- 25 страниц. Работа содержит 3 таблицы и 3 рисунка. Приложение включает 20 примеров. Библиографический список из 8 наименований.

Научно практическая значимость заключается в том, что в рамках исследования, изучен новый прием работы с уравнениями химических реакций, что

позволит учащимся лучше знать химию, видеть связь с математикой, вызовет научный интерес к изучению точных наук.

Обзор литературы

Изучение химии начинается со знакомства различных типов реакций и происходит на протяжении всего курса химии. Химические реакции можно классифицировать по различным признакам: по числу и составу реагирующих веществ, по изменению степени окисления химических элементов, по тепловому эффекту, по направлению реакции, которые идут с изменением состава веществ. К ним относятся: реакции присоединения, разложения, замещения, обмена и окислительно-восстановительные. [5]

Все эти типы реакций подчиняются закону сохранения массы веществ, который был открыт в 1748 году великим ученым М. В. Ломоносовым и им же экспериментально подтвержден, обжигая металлы и неметаллы в запаянных сосудах. [7]

Данный закон в 1789 году, независимо от М. В. Ломоносова, сформулировал и французский химик А. Лавуазье, который показывал, что при химических реакциях сохраняется не только общая масса веществ, но и масса каждого из элементов, входящих в состав взаимодействующих веществ. Современная формулировка данного закона следующая:

Масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе продуктов в результате реакции. [4]

Метод неопределенных коэффициентов в математике изложен в научной литературе для учащихся, студентов, учителей, преподавателей ВУЗов. Этот метод прост для понимания и применения на практике для любой аудитории.

Суть этого метода состоит в том, что алгебраические дроби можно представить виде суммы более простых алгебраических дробей, учитывая закон, что коэффициенты при одинаковых степенях равны [8].

В химии при составлении химических уравнений применяется закон сохранения массы веществ, который гласит, сколько веществ вступило в реакцию, столько веществ должно образоваться после реакции. Расставленные коэффициенты в уравнении, подтверждают этот закон, как и в методе неопределенных коэффициентов.

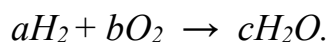
Математический способ расстановки коэффициентов в уравнениях химических реакций

Альтернативный способ расстановки коэффициентов в уравнениях реакций в научной литературе встречается очень редко, чтобы заинтересовать учащихся и решать уравнения этим методом, так как рассматривается всего на двух примерах, что не достаточно для его пропаганды.

Но учитель химии Просвирякова О.А. регулярно применяя этот метод пришла к выводу, что этот метод легко можно внедрять в школьную программу, особенно при решении окислительно - восстановительных реакций.[3]

Просвиряков Е.Ю в журнале «Живая математика» приводит примеры следующих реакций. Реакцию образования воды, которая является реакцией соединения, (взаимодействие водорода и кислорода под действием электрического тока). [3]

При расстановке коэффициентов обозначим через a число молекул водорода, через b – число молекул кислорода, а через c – число молекул воды. В этом случае имеем следующую схему химической реакции:



Данная реакция протекает в соответствии с законом сохранения массы веществ. Следовательно, количество атомов каждого химического элемента. должно быть одинаковым как в левой так в и правой частях уравнения. Используя данный закон, мы можем составить следующую систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 2a = 2c, \\ 2b = c. \end{cases}$$

Количество уравнений системы должно быть равно количеству элементов реакции. Первое уравнение устанавливает равенство числа атомов водорода, а второе уравнение – число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения химической реакции. Разделим обе части первого уравнения на два, мы получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} a = c, \\ 2b = c. \end{cases}$$

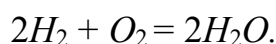
Данная система имеет бесконечное число решений, потому что в ней три неизвестных и два уравнения. Это согласуется с химическим представлением о расстановке коэффициентов, поскольку одну и ту же реакцию можно уравнивать бесконечным числом способов, например, умножив обе части уравнения на любое целое положительное число (натуральное число), хотя формально можно умножить и на любое вещественное число.

Решение системы будем искать в следующем виде: коэффициенты будем считать натуральными взаимно простыми числами. Итак, первое уравнение системы говорит нам о том, что коэффициенты, стоящие перед молекулами водорода и воды, совпадают.

Учитывая математические методы решения таких систем, будем считать, что

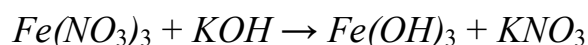
$$b = 1, \text{ тогда } c = 2, \quad a = 2$$

В этом случае получим:



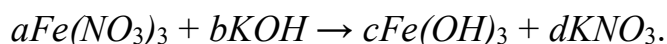
Полученное уравнение удовлетворяет закону сохранения массы веществ, а значит, написано правильно.

Вторая реакция, на примере реакции обмена между нитратом железа и гидроксидом калия. Так, запись



является лишь схемой реакции, она показывает, какие вещества участвуют в реакции и образуются в результате ее.

При расстановке коэффициентов обозначим через a число молекул нитрата железа, через b – число молекул гидроксида калия, через c – число молекул гидроксида железа, а через d - число молекул нитрата калия. В этом случае имеем следующее уравнение:



Выпишем систему уравнений, из которой будем находить неизвестные нам коэффициенты:

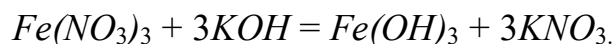
$$\begin{cases} a = c(Fe), \\ 3a = d(N), \\ 9a + b = 3c + 3d(O), \\ b = d(K), \\ b = 3c(H). \end{cases}$$

Как и в первой реакции, число уравнений в составленной системе совпадает с количеством химических элементов в уравнении химической реакции, а отличие заключается в том, что полученная система является переопределенной. Поэтому решаем систему, состоящую из четырех уравнений, которая имеет четыре неизвестных:

$$\begin{cases} a = c, \\ 3a = d, \\ b = d, \\ b = 3c. \end{cases}$$

Пусть $a = 1$, то $c = 1$, $d = 3 * 1 = 3$, $b = 3$

Подобрав стехиометрические коэффициенты перед формулами веществ. Уравняв число атомов всех видов в левой и правой части, получим уравнение, которое соответствует закону сохранения массы веществ. Окончательно мы получим следующее уравнение химической реакции:



Подбор коэффициентов в уравнениях химических реакций осуществляется с помощью простых рассуждений, после того как написаны схемы реакций. Предлагаемый способ расстановки стехиометрических коэффициентов подходит для любой химической реакции, в том числе и окислительно-восстановительной. [2]

Методика исследования

Освоение и внедрение математического метода в химию происходило в течение двух лет. Подбор литературы и материалов для практической части, был произведён в июне-августе месяце 2013 года во время работы летного лагеря «Эндемик» ребятами из математического отряда, склонными к научно-исследовательской и поисковой деятельности. Материал подбирался из научной, методической литературы, базовых и профильных учебников.

В ходе применения математического метода в химию, был составлен план работы внедрения этого метода, как на уроках так и во внеурочное время.

В 2013 году первыми с этим методом были ознакомлены и обучены учителя школы, которые использовали его на факультативных занятиях, и обучили этому методу старшеклассников, заинтересованных нестандартными подходами в решении задач.

В 2014 году была предпринята попытка ознакомить и обучить этому методу учащихся на уроках в 8 классах и стимулировать применение его на уроках в 9-11 классах.

В 2015 году этот метод успешно применяют обучающиеся в 9-м, 11-м классе, которые считают, что этот метод наиболее рационален, чем традиционный.

Результаты представлены в виде таблиц и рисунков.

Результаты и их обсуждение.

В ходе проведенного эксперимента были получены следующие результаты. При рассмотрении этого метода с учителями было выявлено, что этот метод научный и может быть использован в работе с учениками.

При проведении факультативных занятий, ребята с интересом решали уравнения реакций этим методом, увидев связь между математикой и химией, что в дальнейшем должно им помочь при участии в предметных олимпиадах, эвристических конкурсах, конференциях, в научно-исследовательской работе.

При внедрении нового метода в 8 классах, результаты оказались следующими.

Таб. №1 Результаты мониторинга в 8 классах

Классы	Количество учащихся	Традиционный химический метод	Альтернативный метод
8а	26	12	14
8б	28	8	20
8в	25	14	11
8г	24	17	7

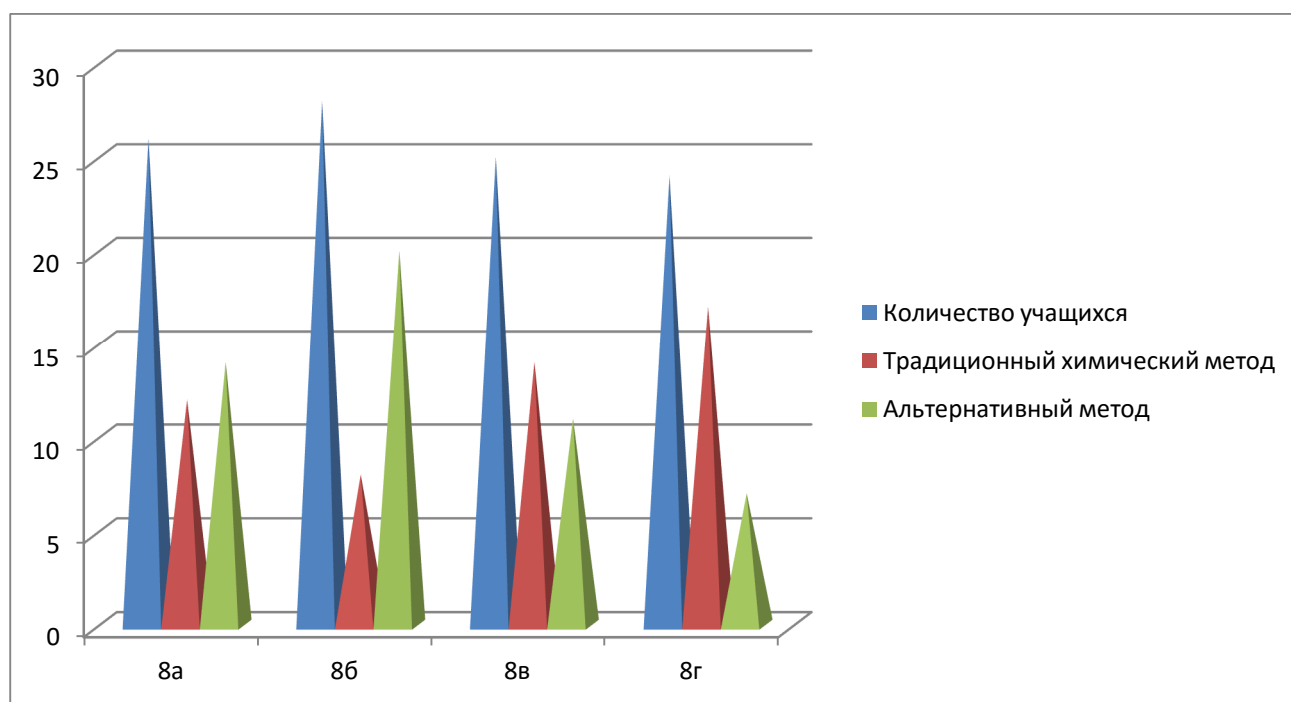


Рис.№1 Результаты анкетирования учащихся в 8 классах

Как видно из таблицы и рисунка №1, что для решения химических уравнений, альтернативный метод, выбрали учащиеся более сильных классов. Учащиеся этих классов посещают факультативные занятия, элективные курсы. Летом, в лагере «Эндемик», они занимаются в математическом отряде.

Для 9классов, этот метод стал востребованным, только для третьей части учащихся. Так как параллель 9 классов в школе не является сильной. Это видно из таблицы и рисунка №2

Таблицы №2 Результаты мониторинга в 9класах

Классы	Количество учащихся	Традиционный химический метод	Альтернативный метод
9а	26	14	12
9б	24	16	8
9в	21	17	4
Итого	71	47	24

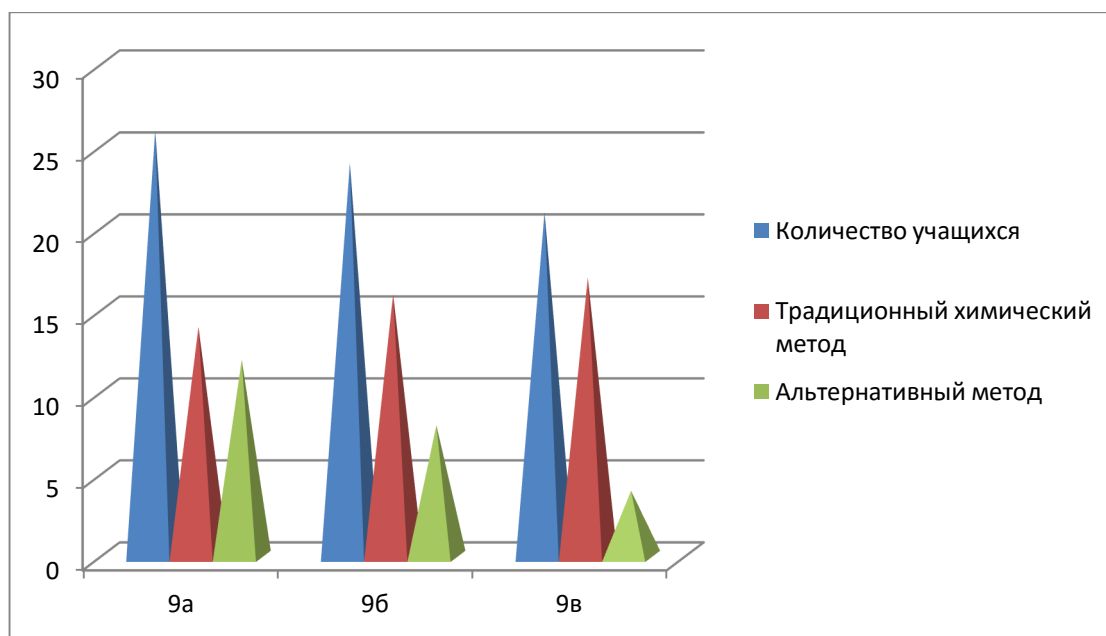


Рис. №2 Результаты анкетирования учащихся в 9класах

В 10-11 классах альтернативный метод освоили все ученики, но на практике чаще им пользуются учащиеся, которые решили связать свою дальнейшую профессию, медициной, фармакологией, экологией, географией, с химией (см таблицу №3)

Табл. №3 Результаты мониторинга в 10-11 классах

Классы	Количество учащихся	Традиционный химический метод	Альтернативный метод
10	24	14	10
11	24	16	8

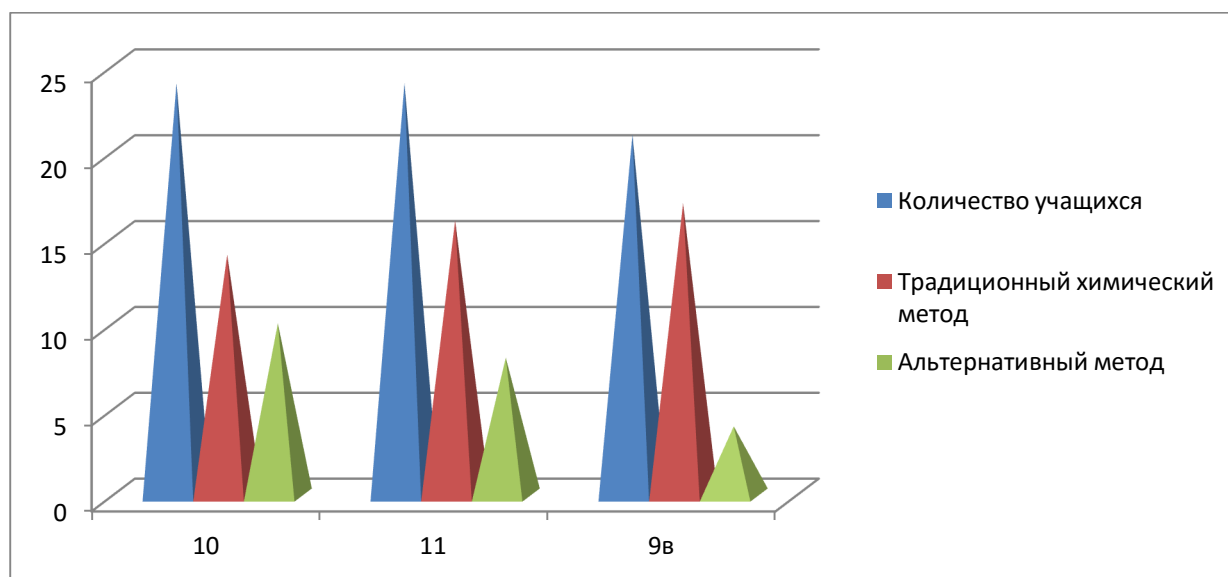


Рис. №3 Результаты анкетирования учащихся в 10-11 классах

В ходе нашего исследования мы пришли к следующим результатам. Что при составлении любой химической реакции можно использовать не только традиционные алгоритмы при расстановке коэффициентов, которые носили больше эвристический характер, но и математические методы, которые доступны для любого как 8-классника, так и учащихся выпускных классов.

Выводы

1. В ходе исследования была изучена методическая, научная, познавательная литература
2. По мнению учителей, данный метод заслуживает внимания и применения на уроках, факультативах, при подготовке к конкурсам олимпиадам, а так же к ГИА и ЕГЭ.
3. При решении химических уравнений на факультативных занятиях и во внеурочное время при составлении уравнений любой химической реакции можно использовать не только традиционные алгоритмы, но и математические методы.
4. Считаю, что работу необходимо продолжить, на факультативах и во время занятий в летнем лагере «Эндемик» со старшеклассниками, с целью, чтобы подготовить консультантов в помощь учителю.

Литература

1. *Габриелян О.С., Остроумов И.Г.* Химия. Пособие для школьников сътарших классов и поступающих в ВУЗы. М., Дрофа,2004.703с.
2. *ДзудцоваД.Д, Бестаева Л.Б.* Окислительно –восстановительные реакции. М.,Дрофа, 2007.318с
3. Живая математика . Журнал для молодёжи и юношества №5. Пермь ОО «Издательский дом Бывальцева.» 72с.
4. *Золотов Ю.А. Золотой фонд.* Школьная энциклопедия. Химия. М. Дрофа «Большая Российская энциклопедия», 2005. 871с.
5. *ЛидинР.А., Аликберова Л.Ю.* Химия. Справочник для старшеклассников.М., «АСТ-ПРЕСС школа».511
6. *Пискунов Н. С.* «Дифференциальное и интегральное исчисления. Учебное пособие, т.1 М: ИТЕГРАЛ-ПРЕСС.,2000. 416с.
7. Химическая энциклопедия под редакцией Кнунянц И.Л т2. М изд. «Советская энциклопедия,1990». 671с.
8. *Щипачёв В. С.* «Высшая математика 2000» Высшая школа 2000. 471с.

Приложение

Метод неопределенных коэффициентов в математике

$$1) \quad \frac{15x^2 - 4x - 81}{(x-3)(x+4)(x-1)} = \frac{A}{x-3} + \frac{B}{x+4} + \frac{D}{x-1} =$$

$$\frac{A(x+4)(x-1) + B(x-3)(x-1) + D(x-3)(x+4)}{(x-3)(x+4)(x-1)}$$

$$15x^2 - 4x - 81 = A(x^2 + 3x - 4) + B(x^2 - 4x + 3) + D(x^2 + x - 12)$$

$$15x^2 - 4x - 81 = Ax^2 + 3Ax - 4A + Bx^2 - 4Bx + 3B + Dx^2 + Dx - 12D$$

$$15x^2 - 4x - 81 = (A + B + D)x^2 + (3A - 4B + D)x + (-4A + 3B - 12D)$$

$$\begin{cases} A + B + D = 15 \\ 3A - 4B + D = -4 \\ -4A + 3B - 12D = -81 \end{cases}, \quad \begin{cases} A + B + D = 15 \\ -2A + 5B = 19 \\ 4A - 3B + 12D = 81 \end{cases}, \quad \begin{cases} D = 15 - A - B \\ -2A + 5B = 19 \\ 4A - 3B + 12(15 - A - B) = 81 \end{cases},$$

$$\begin{cases} D = 15 - A - B \\ -2A + 5B = 19 \\ -8A - 15B = -99 \end{cases}, \quad \begin{cases} D = 15 - A - B \\ -6A + 15B = 57 \\ -8A - 15B = -99 \end{cases}, \quad \begin{cases} D = 15 - A - B \\ B = (57 + 6A):15 \\ -14A = -42 \end{cases}, \quad \begin{cases} D = 7 \\ B = 5 \\ A = 3 \end{cases}.$$

$$\frac{15x^2 - 4x - 81}{(x-3)(x+4)(x-1)} = \frac{3}{x-3} + \frac{5}{x+4} + \frac{7}{x-1}$$

$$2) \quad \frac{x^3+1}{x^3-x^2} = \frac{x^3-x^2+x^2+1}{x^3-x^2} = \frac{x^3-x^2}{x^3-x^2} + \frac{x^2+1}{x^3-x^2} = 1 + \frac{x^2+1}{x^2(x-1)}$$

$$\frac{x^3+1}{x^2(x-1)} = \frac{A}{x} + \frac{B}{x^2} + \frac{C}{x-1} = \frac{Ax(x-1) + B(x-1) + Cx^2}{x^2(x-1)} = \frac{Ax^2 - Ax + Bx - B + Cx^2}{x^2(x-1)}$$

$$= \frac{(A+C)x^2 + (-A+B)x - B}{x^2(x-1)}$$

$$x^2 + 1 = (A+C)x^2 + (-A+B)x - B$$

$$\begin{cases} A + C = 1 \\ -A + B = 0 \\ -B = 1 \end{cases}, \quad \begin{cases} C = 2 \\ A = B = -1 \\ B = -1 \end{cases}, \quad \frac{x^3+1}{x^3-x^2} = 1 + \frac{-1}{x} + \frac{-1}{x^2} + \frac{2}{x-1}$$

$$\frac{3x^3 + 2x - 1}{x^3 - 1} = \frac{3x^2 + 2x - 1}{(x - 1)(x^2 + x + 1)} = \frac{A}{x - 1} + \frac{Bx + C}{x^2 + x + 1}$$

$$= \frac{A(x^2 + x + 1) + (Bx + C)(x - 1)}{(x - 1)(x^2 + x + 1)}$$

$$3x^2 + 2x - 1 = Ax^2 + Ax + A + Bx^2 - Bx + Cx - C$$

$$3x^2 + 2x - 1 = (A + B)x^2 + (A - B + C)x + A - C$$

$$\begin{cases} A + B = 3 \\ A - B + C = 2 \\ A - C = -1 \end{cases}, \quad \begin{cases} A + B = 3 \\ 2A - B = 1 \\ A - C = -1, \end{cases} \quad \begin{cases} A + B = 3 \\ 3A = 4 \\ A - C = -1, \end{cases} \quad \begin{cases} B = \frac{5}{3} \\ A = \frac{4}{3} \\ C = \frac{7}{3} \end{cases}$$

$$\frac{3x^3 + 7x - 1}{x^3 - 1} = \frac{\frac{4}{3}}{x - 1} + \frac{\frac{5}{3}x + \frac{7}{3}}{x^2 + x + 1}$$

$$3) \frac{x^3 + 1}{x^3 - x^2} = \frac{x^3 - x^2 + x^2 + 1}{x^3 - x^2} = \frac{x^3 - x^2}{x^3 - x^2} + \frac{x^2 + 1}{x^3 - x^2} = 1 + \frac{x^2 + 1}{x^3 - x^2}$$

$$\frac{x^2 + 1}{x^3 - x^2} = \frac{x^2 + 1}{x^2(x - 1)} = \frac{A}{x} + \frac{B}{x^2} + \frac{C}{x - 1} = \frac{Ax(x - 1) + B(x - 1) + Cx^2}{x^2(x - 1)}$$

$$x^2 + 1 = Ax(x - 1) + B(x - 1) + Cx^2$$

$$x^2 + 1 = Ax^2 - Ax + Bx - B + Cx^2$$

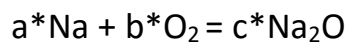
$$x^2 + 1 = (A + C)x^2 + (-A + B)x - B$$

$$\begin{cases} A + C = 1 \\ -A + B = 0 \\ -B = 1 \end{cases}, \quad \begin{cases} C = 2 \\ A = -1 \\ B = -1, \end{cases} \quad \frac{x^2 + 1}{x^3 - x^2} = \frac{-1}{x} + \frac{-1}{x^2} + \frac{2}{x - 1}$$

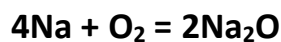
$$\frac{x^3 + 1}{x^3 - x^2} = 1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} + \frac{2}{x-1}$$

Математический метод неопределенных коэффициентов в химии

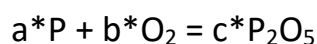
1. **Na + O₂ → Na₂O** - реакция соединения



$$\begin{cases} a = 2c \\ 2b = c, \end{cases} \text{ пусть } b=1 \quad \begin{cases} a = 4 \\ b = 1 \\ c = 2. \end{cases}$$

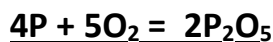


2. **P + O₂ → P₂O₅** - реакция соединения

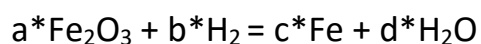


$$\begin{cases} a = 2c \\ 2b = 5c, \end{cases} \text{ пусть } c=1 \quad \begin{cases} a = 2 \\ b = 2,5 \\ c = 1, \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{коэффициенты должны} \\ \text{быть натуральными, значит} \\ \text{умножим на 2} \end{array}$$

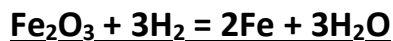
$$\begin{cases} a = 4 \\ b = 5 \\ c = 2. \end{cases}$$



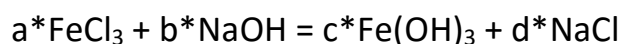
2. **Fe₂O₃ + H₂ → Fe + H₂O** - реакция замещения



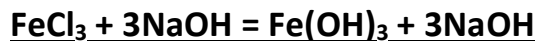
$$\begin{cases} 2a = c \\ 3a = d \\ 2b = 2d, \end{cases} \quad \begin{cases} c = 2a \\ d = 3a \\ b = d, \end{cases} \quad \text{ пусть } a=1 \quad \begin{cases} a = 1 \\ c = 2 \\ d = 3 \\ b = 3. \end{cases}$$



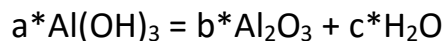
3. **FeCl₃ + NaOH → Fe(OH)₃ + NaCl** - реакция обмена



$$\begin{cases} a = c \\ 3a = d \\ b = d \\ b = 3c, \end{cases} \text{ пусть } a=1 \quad \begin{cases} a = 1 \\ d = 3 \\ b = 3 \\ c = 1. \end{cases}$$



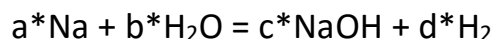
4. $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ - реакция разложения



$$\begin{cases} a = 2b \text{ (Al)} \\ 3a = 3b + c \text{ (O)} \\ 3a = 2c \text{ (H)}, \end{cases} \quad \text{пусть } b=1 \quad \begin{cases} b = 1 \\ a = 2 \\ c = 3. \end{cases}$$



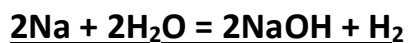
5. $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$ - реакция замещения



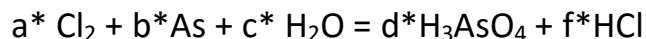
$$\begin{cases} a = c \text{ (Na)} \\ 2b = c + 2d \text{ (H)} \\ b = c \text{ (O)}, \end{cases} \quad \begin{cases} a = c \\ b = c \\ 2b = c + 2d, \end{cases} \quad \text{пусть } a = 1 \quad \begin{cases} a = 1 \\ b = 1 \\ c = 1 \\ d = \frac{1}{2} \end{cases}$$

коэффициенты это
натуральные числа,
то умножим на 2

$$\begin{cases} a = 2 \\ b = 2 \\ c = 2 \\ d = 1. \end{cases}$$

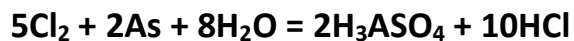


6. $\text{Cl}_2 + \text{As} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{HCl}$ - окислительно-восстановительная



$$\begin{cases} 2a = f \text{ (Cl)} \\ b = d \text{ (As)} \\ 2c = 3d + f \text{ (H)} \\ c = 4d \text{ (O)}, \end{cases} \quad \begin{cases} 2a = f \\ b = d \\ 2c = 3d + f \\ c = 4d, \end{cases} \quad \text{пусть } d=1 \quad \begin{cases} 2a = 5 \\ b = 1 \\ 8 = 3 + f \\ c = 4 \\ d = 1, \end{cases} \quad \begin{cases} a = 2,5 \\ b = 1 \\ f = 5 \\ c = 4 \\ d = 1, \end{cases}$$

$$\text{умножим на } 2 \left\{ \begin{array}{l} a = 5 \\ b = 2 \\ f = 10 \\ c = 8 \\ d = 2. \end{array} \right.$$



7. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_2 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$ - реакция разложения

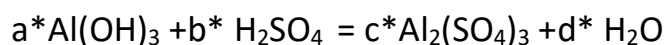


$$\left\{ \begin{array}{l} a = 2b \text{ (K)} \\ a = b + c \text{ (Mn)} \\ 4a = 2b + 2c + 2d \text{ (O}_2\text{)}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} a = 2b \\ a = b + c \\ 2a = b + c + d, \end{array} \right. \text{ пусть } b=1 \left\{ \begin{array}{l} b = 1 \\ a = 2 \\ c = 1 \\ 4 = 1 + 1 + d \end{array} \right.$$

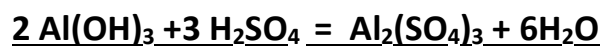
$$\left\{ \begin{array}{l} b = 1 \\ a = 2 \\ c = 1 \\ d = 2 \end{array} \right.$$



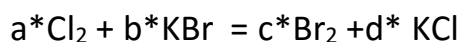
8. $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ - реакция обмена



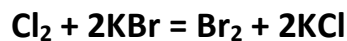
$$\left\{ \begin{array}{l} a = 2c \text{ (Al)} \\ 3a + 4b = 12c \text{ (O)} \\ 3a + 2b = 2d \text{ (H)} \\ b = 3c \text{ (S)}, \end{array} \right. \text{ пусть } c=1 \left\{ \begin{array}{l} a = 2 \\ b = 3 \\ 3 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 2d \\ c = 1, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} a = 2 \\ b = 3 \\ d = 6 \\ c = 1. \end{array} \right.$$



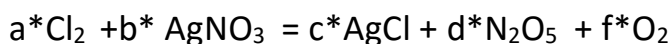
9. $\text{Cl}_2 + \text{KBr} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{KCl}$ - реакция замещения



$$\left\{ \begin{array}{l} 2a = d \text{ (Cl)} \\ b = d \text{ (K)} \\ b = 2c \text{ (Br)}, \end{array} \right. \text{ пусть } c=1 \left\{ \begin{array}{l} a = 1 \\ d = 2 \\ b = 2 \\ c = 1. \end{array} \right.$$



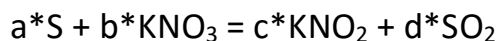
10. $\text{Cl}_2 + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{N}_2\text{O}_5 + \text{O}_2$ - окислительно-восстановительная



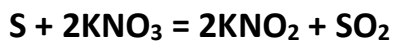
$$\begin{cases} 2a = c \text{ (Cl)} \\ b = c \text{ (Ag)} \\ b = 2d \text{ (N)} \\ 3b = 5d + 2f \text{ (O)}, \end{cases} \text{ пусть } a=1 \begin{cases} a = 1 \\ c = 2 \\ b = 2 \\ d = 1 \\ f = \frac{1}{2} \end{cases} \text{ умножим на 2 } \begin{cases} a = 2 \\ c = 4 \\ b = 4 \\ d = 2 \\ f = 1. \end{cases}$$



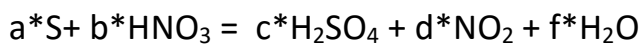
11. $\text{S} + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{SO}_2$ - окислительно-восстановительная



$$\begin{cases} a = d \text{ (S)} \\ b = c \text{ (K)} \\ b = c \text{ (N)} \\ 3b = 2c + 2d, \end{cases} \begin{cases} a = d \\ b = c \\ 3b = 2c + 2d, \end{cases} \text{ пусть } d=1 \begin{cases} a = 1 \\ b = c \\ 3b = 2b + 2d \\ d = 1, \end{cases} \begin{cases} a = 1 \\ c = 2 \\ b = 2 \\ d = 1. \end{cases}$$



12. $\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ - окислительно-восстановительная

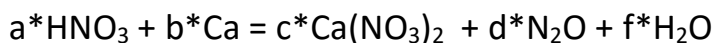


$$\begin{cases} a = c \text{ (S)} \\ b = 2c + 2f \text{ (H)} \\ b = d \text{ (N)} \\ 3b = 4c + 2d + f \text{ (O)}, \end{cases} \text{ пусть } c=1 \begin{cases} c = 1 \\ a = 1 \\ b = 2 + 2f \\ b = d \\ 3b = 4 + 2b + f, \end{cases} \begin{cases} c = 1 \\ a = 1 \\ b = 4 + f \\ b = 2 + 2f \\ b = d, \end{cases}$$

$$\begin{cases} c = 1 \\ a = 1 \\ f = 2 \\ b = 6 \\ d = 6. \end{cases}$$

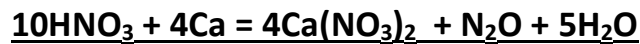


13. $\text{HNO}_3 + \text{Ca} \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ - окислительно-восстановительная



$$\begin{cases} a = 2f (H) \\ a = 2c + 2d (N) \\ 3a = 6c + d + f (O) \\ b = c (Ca), \end{cases} \text{ пусть } f=1 \quad \begin{cases} f = 1 \\ a = 2 \\ 2 = 2c + 2d \\ 6 = 6c + d + 1 \\ b = c, \end{cases} \quad \begin{cases} f = 1 \\ a = 2 \\ c + d = 1 \\ 6c + d = 5 \\ b = c, \end{cases}$$

$$\begin{cases} f = 1 \\ a = 2 \\ c = \frac{4}{5} \\ b = \frac{4}{5} \\ d = \frac{1}{5}, \end{cases} \text{ умножим на 5} \quad \begin{cases} f = 5 \\ a = 10 \\ c = 4 \\ b = 4 \\ d = 1. \end{cases}$$



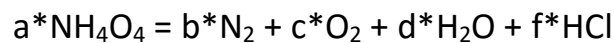
14. $\text{Cl}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{NOCl}$ - реакция соединения



$$\begin{cases} 2a = c (Cl) \\ b = c (N) \\ b = c (O), \end{cases} \quad \begin{cases} 2a = c \\ b = c \\ b = c, \end{cases} \text{ пусть } c=1 \quad \begin{cases} c = 1 \\ a = \frac{1}{2} \\ b = 1, \end{cases} \text{ умножим на 2} \quad \begin{cases} a = 1 \\ c = 2 \\ b = 2. \end{cases}$$



15. $\text{NH}_4\text{O}_4 \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl}$ - реакция разложения



$$\begin{cases} a = 2b (N) \\ 4a = 2d + f (H) \\ a = f (Cl) \\ 4a = 2c + d (O), \end{cases} \quad \begin{cases} a = 2b \\ 4a = 2d + f \\ a = f \\ 4a = 2c + d, \end{cases} \text{ пусть } b=1 \quad \begin{cases} b = 1 \\ a = 2 \\ f = 2 \\ 8 = 2d + 2 \\ 8 = 2c + d, \end{cases} \quad \begin{cases} b = 1 \\ a = 2 \\ f = 2 \\ d = 3 \\ c = 2,5 \end{cases}$$

$$\text{Умножим на 2} \quad \begin{cases} b = 2 \\ a = 4 \\ f = 4 \\ d = 6 \\ c = 5. \end{cases}$$



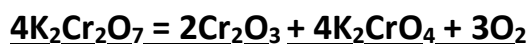
16. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{O}_2$ - реакция разложения

$$a \cdot \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = b \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + c \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 + d \cdot \text{O}_2$$

$$\begin{cases} 2a = 2c \text{ (K)} \\ 2a = 2b + c \text{ (Cr)} \\ 7a = 3b + 4c + 2d \text{ (O)} \end{cases} \quad \begin{cases} a = c \\ 2a = 2b + c \\ 7a = 3b + 4c + 2d, \end{cases} \quad \text{пусть } a=1$$

$$\begin{cases} a = 1 \\ c = 1 \\ 2 = 2b + 1 \\ 7 = 3b + 4 + 2d, \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = 1 \\ c = 1 \\ b = \frac{1}{2} \\ \frac{3}{2} + 2d = 3, \end{cases} \quad \begin{cases} a = 1 \\ c = 1 \\ b = \frac{1}{2} \\ d = \frac{3}{4}, \end{cases} \quad \text{умножим на 4} \quad \begin{cases} a = 4 \\ c = 4 \\ b = 2 \\ d = 3. \end{cases}$$

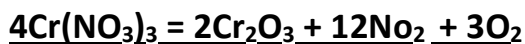


17. $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ - реакция разложения

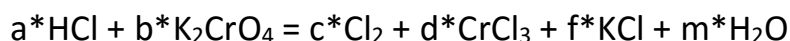
$$a \cdot \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 = b \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + c \cdot \text{NO}_2 + d \cdot \text{O}_2$$

$$\begin{cases} a = 2b \text{ (Cr)} \\ 3a = c \text{ (N)} \\ 9a = 3b + 2c + 2d \text{ (O)} \end{cases} \quad \begin{cases} a = 2b \\ 3a = c \\ 9a = 3b + 2c + 2d, \end{cases} \quad \text{пусть } b=1 \quad \begin{cases} b = 1 \\ a = 2 \\ c = 6 \\ d = \frac{3}{2}, \end{cases}$$

$$\text{Умножим на 2} \quad \begin{cases} b = 2 \\ a = 4 \\ c = 12 \\ d = 3. \end{cases}$$

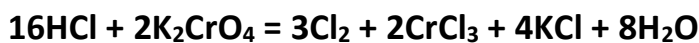


18. $\text{HCl}(36\%) + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ – о-в. реакция

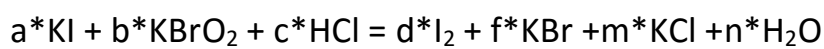


$$\left\{ \begin{array}{l} a = 2c + 3d + f \text{ (Cl)} \\ a = 2m \text{ (H)} \\ 2b = f \text{ (K)} \\ b = d \text{ (Cr)} \\ 4b = m \text{ (O)}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} a = 2c + 3d + f \\ a = 2m \\ 2b = f \\ b = d \\ 4b = m, \end{array} \right. \text{ пусть } d=1 \left\{ \begin{array}{l} d = 1 \\ b = 1 \\ f = 2 \\ m = 4 \\ a = 8 \\ 8 = 2c + 3 + 2, \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d = 1 \\ b = 1 \\ f = 2 \\ m = 4 \\ a = 8 \\ c = \frac{3}{2}, \end{array} \right. \text{ умножим на 2 } \left\{ \begin{array}{l} a = 16 \\ b = 2 \\ c = 3 \\ d = 2 \\ f = 4 \\ m = 8. \end{array} \right.$$



19. $\text{KI} + \text{KBrO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KBr} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ - о-в реакция



$$\left\{ \begin{array}{l} a + b = f + m \text{ (K)} \\ a = 2d \text{ (I)} \\ b = f \text{ (Br)} \\ 2b = n \text{ (O)} \\ c = 2n \text{ (H)} \\ c = m \text{ (Cl)}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} a + b = f + m \\ a = 2d \\ b = f \\ 2b = n \\ c = 2n \\ c = m, \end{array} \right. \text{ пусть } b=1 \left\{ \begin{array}{l} b = 1 \\ f = 1 \\ n = 2 \\ c = 4 \\ m = 4 \\ a + 1 = 1 + 4 \\ d = 2, \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 4 \\ b = 1 \\ c = 4 \\ d = 2 \\ f = 1 \\ m = 4 \\ n = 2. \end{array} \right.$$

