

УДК 574.51.54

**Ю.Е. Обжерин, профессор, д-р техн. наук**

**А.Ф. Хрусталеv, профессор, д-р физ.-мат. наук**

*Севастопольский национальный технический университет*

*ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Украина*

## **О ПРИЛОЖЕНИЯХ МАТЕМАТИКИ К ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ**

*Рассматриваются некоторые вопросы приложений математики к моделированию химических и экологических задач.*

**Ключевые слова:** химия, стехиометрические коэффициенты, экология, размерность величины.

**Введение.** Национальная доктрина развития образования Украины в XXI веке определяет в качестве приоритетной задачи его дальнейшее совершенствование.

В этой связи отметим, что 29 октября 2008 года в МОН Украины было посвящено Всеукраинское совещание работников высших учебных заведений, преподавателей физики и математики средних школ и институтов последиипломного образования, сотрудников научно-исследовательских и академических учреждений «Современное физико-математическое образование. Перспективы, проблемы». Рекомендации этого совещания, посвящённые совершенствованию научно-методических задач образования, нашли отражение в данной статье.

А в плане мероприятий МОН Украины по совершенствованию физико-математического образования указывается на важность полноценной реализации межпредметных связей математики и физики с другими дисциплинами.

Математика как учебная дисциплина выполняет одну из главных межпредметных функций в обучении, поскольку её понятия позволяют чётко формулировать законы и закономерности других наук, а её методы дают возможность принимать обоснованные решения.

Вопрос о корректном использовании математики в химии, экологии и других дисциплинах актуален хотя бы потому, что в соответствующей учебной литературе и публикациях статей неправильно применяются некоторые её понятия и методы в определениях, формулировках законов и решениях задач.

На конкретные недостатки в приложениях математики к другим дисциплинам обращено внимание и в материалах международной научно-методической конференции «Методы совершенствования фундаментального образования в школах и вузах», проводимой в СевНТУ в 2008 – 2011 гг.

### **Анализ последних исследований и публикаций.**

Практически во всех учебниках и публикациях по химии необоснованно применяется метод подбора коэффициентов в химических уравнениях, что не только может, но и приводит к ошибкам. Так, неверно подобраны коэффициенты в учебнике [1, с. 16]. Коэффициенты нужно не подбирать, а определять, вычислять!

В статье [2, с. 146] противоречиво уравнение  $(\text{NH}_4)_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{HSO}_3$ , и там же, с. 147–148, некорректно применяется знак суммы  $\sum$  в соответствующих экспертных оценках.

В работе [3, с. 165–167] ряд соотношений не удовлетворяет требованиям метода размерностей.

**Выделение нерешённых ранее частей проблемы.** Во многих публикациях неправильно используются понятия и методы математики в определениях нематематических объектов и решениях прикладных задач.

**Цель данной статьи** – дальнейшее совершенствование межпредметных связей математики, направленное на её практические приложения к задачам химии и экологии.

### **Изложение основного материала статьи.**

Как уже отмечалось, математика выполняет одну из главных межпредметных функций, поскольку её понятия позволяют чётко формулировать законы и закономерности других наук.

При этом математические понятия должны использоваться корректно.

А в статье [4, с. 37–40] приводятся определения, которые не имеют смысла: «Система называется равносильной, если она имеет одно и то же множество решений»; неверна формулировка «Решить систему – значит найти такую пару чисел, при подстановке которой каждое из уравнений системы обращается в тождество» и т.д.

В справочном пособии [5, с. 442] говорится: «Эмпирическая формула – химическая формула, указывающая число атомов каждого из элементов в соединении. Выражают при помощи целых чисел, не имеющих общего кратного».

Дело в том, что несколько натуральных чисел всегда имеют общее кратное, но оно не имеет никакого отношения к эмпирической (простейшей) формуле соединения, индексы при элементах которой выражаются натуральными числами, наибольший общий делитель которых равен 1.

С такими теоретико-числовыми понятиями как простое число, составное число, общий делитель, наибольший общий делитель, взаимно простые числа, общее кратное и наименьшее общее кратное учащиеся знакомятся на уроках математики в 6 классе и не обходимо их правильно применять в других приложениях.

В литературе по химии можно встретить следующую формулировку закона Гей-Люссака: «Объемы вступающих в реакцию газов при одинаковых условиях относятся друг к другу и к объемам образующихся газообразных соединений как простые целые числа». Однако, например, при сгорании одного объема бутана  $C_4H_{10}$  образуется четыре объема оксида углерода  $CO_2$ :  $C_4H_{10} \rightarrow 4CO_2$ , но ни одно из чисел, входящих в отношение 1:4, не является простым: 1 и 4 – это взаимно простые натуральные числа (напомним, что 1 – это и не простое и не составное число). Поэтому для правильной формулировки этого закона слова «простые целые» следует заменить на «взаимно простые», т.е. такие натуральные числа, наибольший общий делитель которых равен 1.

В различных химических изданиях закон кратных отношений формулируется в виде: «Если два элемента образуют между собой несколько соединений, то весовые количества одного элемента, соединяющиеся с одним и тем же весовым количеством другого, относятся между собой как небольшие целые числа». Но рассмотрим два углеводорода  $C_nH_{2n}$  и  $C_nH_{2n+2}$ , в которых натуральное число  $n$  может быть и большим, а тогда и члены отношений

$$\frac{2n}{2n+2} = \frac{n}{n+1}$$

будут большими. По этой причине и в формулировке закона кратных отношений слова «небольшие целые» следует заменить на «взаимно простые».

Отметим также, что простейшую формулу химического соединения можно определить как такую, индексы при элементах которой являются взаимно простыми числами.

Во многих учебниках химии подчеркивается, что при составлении химического уравнения «подбирают соответствующие коэффициенты перед формулами, чтобы число атомов каждого элемента в обеих частях уравнения было равным», а в книге [6, с. 90] приводится правило: «Чтобы превратить схему реакции в химическое уравнение, нужно подобрать коэффициенты для каждого вещества (в случае необходимости), записать их перед химическими формулами и заменить стрелку на знак равенства», которое нацеливает обучаемых не на вычисление стехиометрических коэффициентов, а на их подбор, а в учебнике [1, с. 16] подобраны коэффициенты и записано химическое уравнение:  $8Ag + 2O_3 = 4Ag_2O + O_2\uparrow$ , которое противоречит свойствам озона, описанным в этой же книге. Коэффициенты нужно не подбирать, а определять, вычислять! В этом уравнении они формально подобраны так, что количества атомов Ag и O в левой и правой частях равенства одинаковы, однако это условие является необходимым для составления правильного уравнения, но не достаточным.

Правильным будет уравнение:



Действительно, окислительные свойства озона обусловлены образованием атомарного кислорода в соответствии с уравнением:  $O_3 = O + O_2$ , а это означает, что в реальной реакции из одного моля озона  $O_3$  образуется один моль  $O_2$  кислорода, т.е. коэффициенты при  $O_3$  и  $O_2$  должны быть равны.

Так, для схемы, соответствующей записи (1) определим, сколько моль Ag реагирует с одним моль  $O_3$  и сколько моль  $Ag_2O$  и  $O_2$  при этом образуется, т.е. считая коэффициент при  $O_3$  равным 1, вычислим остальные. При этом коэффициент при  $O_2$ , как указано выше, равен коэффициенту при  $O_3$ , т.е. 1, а тогда на основе атомного баланса находим коэффициент при  $Ag_2O$ , который равен 1 и, наконец, вычисляем коэффициент при Ag и находим, что он равен 2. Таким образом, считая коэффициент при  $O_3$  равным 1, остальные найдены, на основе химизма реакции и атомного баланса, однозначно! Следовательно, химическое уравнение (1) составлено правильно!

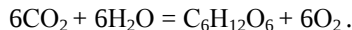
В итоге сформулируем следующий критерий истинности химических уравнений.

Если в химическом уравнении один (любой) из коэффициентов при формуле соединения, выбран равным 1 (или другому числу), а остальные при этом найдены (на основе закона сохранения массы при необходимости с учётом электронного баланса, механизма реакции или другой объективной информации) **ОДНОЗНАЧНО** во множестве вещественных чисел, то рассматриваемое уравнение составлено правильно. Часто коэффициенты химических уравнений правильно находят с помощью подбора только благодаря тому, что в таких уравнениях при фиксированном коэффициенте, не обязательно равном 1, при формуле одного вещества, остальные, в силу самой схемы химической реакции, определяются однозначно только на основе атомного баланса. Но ведь заранее неизвестно, определены ли в указанных условиях коэффициенты однозначно или нет. Вот почему **ОДНОЗНАЧНОСТЬ**, о которой идет речь, должна быть обоснована!

Однозначность коэффициентов химического уравнения в описанных выше условиях является надёжным критерием истинности и коэффициентов, и химического уравнения [7, с. 171].

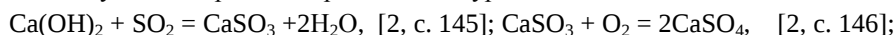
Поскольку в приведенном в учебнике экологии [8, с. 39] уравнении фотосинтеза

$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ , коэффициенты при  $\text{H}_2\text{O}$  могут быть увеличены на одно и то же число молей или уменьшены, но не более чем на 6 молей, то такая запись некорректна. Правильным и общепринятым будет уравнение



Конечно, очевидно утверждение: Если число всех атомов хотя бы одного элемента в левой части уравнения не равно числу всех атомов того же элемента в правой части, то химическое уравнение составлено не правильно.

Именно поэтому нельзя признать правильными уравнения



Укажем также на некорректные применения знака суммы  $\Sigma$  в экспертных оценках коэффициента  $K_m$ , [2, с. 147-148], где в записях сумм из пяти слагаемых в развернутом виде еще используется и знак  $\Sigma$  с указанием шести слагаемых?

Как уже отмечалось в работе [3, с. 165-167] ряд соотношений не удовлетворяет требованиям правила размерностей.

Действительно, если проверить результат решения рассмотренной для сульфанола пропорции [3, с. 166] подстановкой  $M_1 = 45,34 \text{ т}$  в выражение  $M_1 \text{ т}$  для углекислого газа, то получим  $45,34 \text{ т}^2$ , т.е. масса оказалась выраженной в квадратных тоннах? Кстати, если в таблице 1 тонна обозначена буквой  $\text{т}$ , то в тексте нет оснований замены  $\text{т}$  на  $\text{м}$ , поскольку на с. 165 сказано « $\text{т}$  – масса вещества», а запись « $V_m = 22,4 \text{ г/моль}$  – молярный объем газа при н.у.» – неправильная. Вместо  $22,4 \text{ г/моль}$  должно быть  $22,4 \text{ л/моль}$ .

Правила размерностей, да и равенства величин нарушены в последнем выражении на с. 165 и такого типа ошибки далее систематически повторяются.

В этой связи обратим внимание на необходимость строго соблюдать правило размерностей, вспомнив исторический анекдот, рассказанный много лет назад в журнале "Квант" (№ 3, 1970, с. 33).

"Однажды (дело происходило в начале 20 века) на заседании ученого совета университета выступил заведующий кафедрой богословия, который заявил, что студенты-физики очень несерьезно относятся к его предмету, невнимательны на лекциях и привел особенно возмутительный пример. Поднял я на лекции одного, который сам не слушал и другим не давал, и сказал ему:

"Молодой человек, я только что объяснил, что такое божественная сила. Повторите". "Божественная сила есть произведение божественной массы на божественное ускорение", сказал он. Разве это не возмутительно?

Следующим взял слово один из профессоров физики и сказал, что он, совершенно согласен с предыдущим оратором, что это действительно безобразие: студенты-физики обязаны знать, что при умножении божественной массы на божественное ускорение божественность войдет в произведение в квадрате. Следовательно, для получения божественной силы один лишь множитель должен быть божественным».

Этот анекдот, названный в журнале историческим, хорошо иллюстрирует известное правило: если при вычислениях или преобразованиях с именованными величинами размерности левой и правой частей равенства или неравенства различны или размерности слагаемых в алгебраической сумме не совпадают, то в решении допущена ошибка.

### Выводы

1. Обсуждая вопросы, связанные с решениями химических, экологических и других задач, подчеркнём, что выдача результатов связана с моральной, материальной или юридической ответственностью. Поэтому на всех этапах решения с целью предотвращения ошибок необходимо использовать все возможные методы контроля. И именно поэтому правильной проверке решений даже учебных задач должно уделяться большое внимание.

2. Рукописи статей по экологии и химии, использующих математический аппарат, целесообразно направлять для просмотра математикам. Это поможет избежать многих досадных ошибок отмеченного плана.

3. С целью повышения качества публикаций рекомендовать в конце статей указывать фамилии рецензентов.

**Библиографический список использованной литературы**

1. Буринская Н.Н. Химия, 10 кл. / Н.Н. Буринская, Л.П. Величко. — К.: ВТФ «Перун», 2005. — 192 с.
2. Жуковская М.В. Обоснование выбора метода термообработки бурового шлама / М.В. Жуковская, В.В. Севриков, А.В. Львов // Вісник СевНТУ. Сер. Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. — Севастополь, 2011. — Вип. 119. — С. 143–148.
3. Жуковская М.В. Выбор оптимального температурного режима утилизации бурового шлама / М.В. Жуковская // Вісник СевНТУ. Сер. Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. — Севастополь, 2011. — Вип. 119. — С. 164–168.
4. Смирнова В.В. Методы математики при изучении углеводородов / В.В. Смирнова, Л.Ю. Крюкова // Химия в школе. — М., 2001. — № 3.
5. Оганесян Э.Т. Руководство по химии поступающим в вузы: справ. пособие / Э.Т. Оганесян. — М: Высш. шк., 1991. — 464 с.
6. Попель, П.П. Химия: Учеб. для 9 кл. / П.П. Попель, Л.С. Крикля. — К.: Академия, 2009. — 248 с.
7. Хрустальов О.Ф. Необхідно внести ясність / О.Ф. Хрустальов // Вісник СевНТУ. Сер. Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. — Севастополь, 2011. — Вип. 119. — С. 169–174.
8. Криксунов Е.А. Экология. 9 класс: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. — М.: Дрофа, 1998. — 187 с.

*Поступила в редакцию 06.06.2012 г.*

**Обжерін Ю.Є., Хрустальов О.Ф. Про проблему додатків математики до хімії й екології**

Розглядаються деякі питання додатків математики до моделювання хімічних і екологічних завдань.

**Ключові слова:** хімія, стехіометричні коефіцієнти, екологія, розмірність величини.

**Obzherin Yu.E., Khrustalev A.F. The problem of application of mathematics to chemistry and ecology**

Some questions of applications of mathematics to modeling of chemical and environmental problems are considered.

**Keywords:** chemistry, stoichiometric coefficients, the environment, the dimension values.