

**И. В. Свитанько, В. В. Кисин, С. С. Чуранов**

# **Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач**

Учебное пособие для подготовки  
к олимпиадам школьников по химии



Химический факультет Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова  
Высший химический колледж Российской академии наук

Москва, 2016

И. В. Свитанько, В. В. Кисин, С. С. Чуранов

Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач.

– М., Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова;

– М., Высший химический колледж РАН;

**ISBN 978-5-600-00824-3**

Задачи по химии классифицированы по структуре условия и методам их решения – задачи с составлением одной пропорции, стехиометрические схемы, задачи на смеси и др. Приведены обобщенные алгоритмы решения каждого типа задач. Цель пособия – показать, что большинство расчетных задач по химии, в том числе олимпиадных, может быть решено с применением минимального количества стандартных математических операций. Для качественных задач по химии также сделана попытка отследить стандартные формулировки условий, а также закономерности алгоритмов их решений.

Учебно-методическим объединением по классическому университетскому образованию присвоен гриф «Учебное пособие».

ISBN 978-5-600-00824-3



**ISBN 978-5-600-00824-3**

© Составление: И.В.Свитанько, В.В.Кисин, С.С.Чуранов, 2016.

© Оформление и верстка: И.В.Свитанько, 2016.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### *Раздел I. Алгоритмы решения расчетных задач*

1. Расчеты без химических реакций	
1.1. Аддитивные смеси .....	6
1.2. Определение формулы химического соединения по явно заданным количественным параметрам .....	12
2. Расчеты с использованием уравнений химических реакций	
2.1. Определение формулы вещества по количественным данным о его превращениях .....	26
2.2. Расчет по одному уравнению реакции .....	86
2.2.1. Простая пропорция с явно заданными количественными параметрами .....	86
2.2.2. Избыток (недостаток) одного из реагентов .....	93
2.2.3. Неявно заданные количественные параметры .....	97
2.2.4. Расчеты с использованием разности масс реагентов и продуктов реакции .....	109
2.3. Расчеты по нескольким уравнениям химических реакций	
2.3.1. Сравнение количественных данных нескольких процессов .....	116
2.3.2. Последовательно протекающие реакции (составление «стехиометрических схем») .....	128
2.3.3. Расчеты по уравнениям одновременно протекающих реакций («задачи на смеси») .....	139

### *Раздел II. Алгоритмы решения качественных задач*

1. Ключи-подсказки к решению	
1.1. Рассуждения о «ключиках», или почему задачи называются «качественными» .....	189
1.2. Органолептические свойства, идентификация по цвету и запаху, аналитические качественные определения .....	170
1.3. Агрегатное состояние .....	216
1.4. Ключевое химическое свойство .....	225
1.5. Расчет как ключевой фактор в решении качественных задач .....	256
2.5. Уникальные физические свойства. Структурные, изотопные или спектральные особенности соединений как ключевой фактор логики решения задачи .....	305
2. Задачи, требующие эрудиции и/или сообразительности	
2.1. Статические задачи .....	315
2.2. Цепочки и методы синтеза .....	319
2.3. Динамические задачи .....	356

<i>Раздел III. Задачи-эссе (научные проблемы в задачах химических олимпиад) .....</i>	<i>375</i>
---	------------

*Посвящается другу и учителю Сергею Сергеевичу Чуранову,  
олицетворяющему эпоху, когда все только начиналось...*

*Игорь Свитанько, Вадим Кисин*

## **Предисловие**

Нас, авторов книги, объединяет искренняя любовь к химии и общее прошлое. Прошлое, связанное с Олимпиадами школьников по химии, вначале Московской, затем Всесоюзной и Менделеевской. Мы приобщились к олимпиадам еще в нашем далеком школьном прошлом и после, в студенческие годы, а потом и в годы зрелости, посвятили много лет этому чудесному состязанию талантов.

Мы ежегодно создавали интересные задания, собирались, горячо спорили, творчески «ниспровергали авторитетъ», общались со школьниками, ездили по стране, до изнурения проверяли конкурсные работы, вручали награды – и все это время учили, учили, учили – и учились сами. Иногда приходилось и воспитывать необузданных вундеркиндов, не без этого. Порой нам вспоминаются очень яркие события – и грустные, и веселые.

Сегодня, когда и общество, и Олимпиады школьников под влиянием времени изменились почти до неузнаваемости, мы хотим этим задачиком засвидетельствовать, какой – интересной, живой, интеллектуальной, творческой – мы застали Олимпиаду школьников второй половины 20 века.

Убеждать кого-либо в необходимости целенаправленного воспитания научной элиты будущих поколений не нужно. Это очевидно даже самым ярким поборникам унификации образования. То же самое относится и к изданию соответствующих книг. Предлагаемый вам задачник относится к их числу. Так что, помимо мемориальных намерений, мы надеемся и на практическую пользу нашей работы.

Ни при каких экономических обстоятельствах не переведутся в нашей стране энтузиасты-учителя, отдающие после тяжелого школьного дня остаток сил той малой части учеников, чьи имена когда-нибудь войдут в историю отечественной науки. Для того, чтобы помочь таким учителям не так часто изобретать велосипед, а ученикам – дать возможность поработать самостоятельно, мы сгруппировали задачи по типовым алгоритмам их решения.

Большинство задач, представленных в этой книге, использовались в заданиях разных этапов химических олимпиад 60-х – 90-х годов XX века, и существенная часть из них наши – «авторские». Остальные задачи сочинили наши досточтимые коллеги по методическим комиссиям и жюри. Справедливости ради, нужно сказать, что в процессе подготовки заданий все «авторские» задачи часто подвергались такой глубокой коллективной переработке, что их авторство становилось

весьма условным, именно поэтому слово «авторские» взято нами в кавычки. Формат предисловия не позволяет изъясниться в уважении и признательности каждому нашему коллеге отдельно. Мы выражаем глубокую симпатию и уважение всем нашим соратникам, как живым, так и ныне покойным. Работать рядом с вами было высочайшей честью для нас!

Для особо дотошных читателей назовем несколько имен: А.Ф.Платэ, В.С.Днепроvский, А.А.Потехин, Э.Г.Злотников, В.Н.Хвалюк, В.Г.Розанцев, В.Б.Голубев, М.Д.Решетова, Е.С.Ротина, В.В.Стецик, В.И.Дайнеко, Т.А.Адамович, Н.Н.Мищенко, Г.Б.Вольеров, В.В.Сорокин, В.В.Загорский, и еще многие энтузиасты советского химического образования.

Методической особенностью той Олимпиады, о которой мы сегодня свидетельствуем, был особенный класс задач – задачи «с изюминкой», требующие, помимо знания предмета, нестандартного логического подхода. Иногда это были «замаскированные» под задачи реальные научные проблемы, и часто за условием на целую страницу крылось решение в две строки и одно уравнение. Именно такие задачи составляют основу этого сборника.

Отважный читатель, который считает, что никакие химические проблемы ему не страшны, имеет возможность убедиться в этом, решав предложенные задачи самостоятельно. Но нет ничего постыдного в том, чтобы проследить логику «решателя», заглянув в подробное решение, приложенное практически к каждой задаче. Проследить, понять и научиться.

Для начала, разделите квадрат на пять частей равной площади, и приступайте к более сложным задачам!

*Авторы*

## Введение

Существующие в школьной или факультативной практике алгоритмы решения задач по химии, строго говоря, таковыми не являются – они показывают, как и в какой последовательности решать конкретную задачу или узко очерченный тип задач с варьирующимися данными, но не обобщают в один или несколько универсальных алгоритмов все имеющиеся задачи динамического типа. Динамическими мы называем задачи, использующие для расчетов уравнения химических реакций (в отличие от статических, в которых нет химических реакций).

В первой части книги проведена алгоритмизация (по методам решения) следующих типов задач по химии:

– установление формулы вещества по количественным данным о его составе или продуктах превращений;

– использование правила аддитивности:  $(c_1m_1+c_2m_2+\dots+c_km_k) = c_{(\text{общ})}(m_1+m_2+\dots+m_k)$ , где  $c_1\dots c_k$  – «свойства» компонентов смеси, например, концентрация, температура и др.,  $m_1\dots m_k$  – вклады этих компонентов в смесь;  $c_{(\text{общ})}$  – «свойство» смеси;  $m_1+m_2\dots m_k$  – масса смеси;

– задачи с расчетами по уравнениям последовательных реакций («стехиометрическим схемам»);

– задачи с расчетами по уравнениям параллельных реакций («на смеси»).

Первые два типа относятся к статическим, последние – к динамическим задачам. Такое деление несколько условно, но оно помогает «разложить по полочкам» иногда достаточно сумбурные условия и еще более сумбурные решения химических задач.

Материал первой части иллюстрирован задачами (как стандартными школьными, так и олимпиадными высокого уровня), которые можно решить, используя приведенные алгоритмы. Описываемые алгоритмы могут быть легко реализованы в простейших компьютерных программах.

Во второй части книги задачи сгруппированы по ключикам – намекам на решение. Внутри каждого раздела, как правило, сначала идут простые задачи, затем более сложные. Решения задач, казавшихся авторам проблемными или наиболее общими, даны подробно, остальных – схематично (т.е. решение фактически представляет собой расширенный ответ). Авторы попытались обобщить принципы, которые используются при составлении «качественных» задач (в которых совсем не обязательно отсутствуют расчеты – но если расчеты в них есть, то они не играют ключевой роли), а также методы их решения.