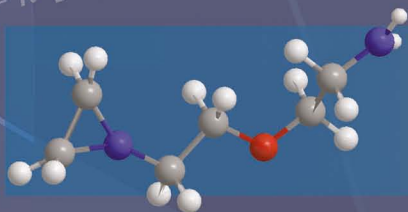
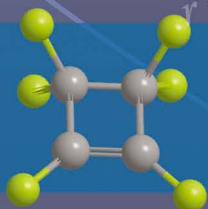
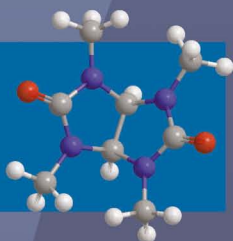


А. З. ЛИСИЦЫН, А. А. ЗЕЙФМАН

ОЧЕНЬ НЕСТАНДАРТНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ



А. Э. Лисицын, А. А. Зейфман

Очень нестандартные задачи по химии

*Под редакцией
В. В. Ерёмкина*

Москва
Издательство МЦНМО
2015

УДК 54
ББК 24.1
Л63

Лисицын А. З., Зейфман А. А.

Л63 Очень нестандартные задачи по химии / Под ред. В. В. Ерёмкина. — М.: МЦНМО, 2015. — 192 с.

ISBN 978-5-4439-0337-8

Сборник содержит более 500 нестандартных задач по неорганической, органической и физической химии. Задачи разделены на несколько уровней сложности, ко всем задачам даны ответы и/или указания. Сборник предназначен в первую очередь для подготовки к олимпиадам и для дополнительных занятий по химии в школе: элективных курсов, школьных кружков. Однако он будет интересен не только школьникам и учителям, но и студентам, преподавателям, научным работникам — всем, кто связан с химией и интересуется красивыми и необычными химическими структурами и превращениями.

ББК 24.1

ISBN 978-5-4439-0337-8

© Зейфман А. А., 2015
© МЦНМО, 2015

Оглавление

От редактора	4
Предисловие	6
Неорганическая химия, уровень 1	8
Задачи (8). Ответы и указания (18).	
Неорганическая химия, уровень 2	21
Задачи (21). Ответы и указания (45).	
Неорганическая химия, уровень 3	49
Задачи (49). Ответы и указания (62).	
Органическая химия, уровень 1	64
Задачи (64). Ответы и указания (69).	
Органическая химия, уровень 2	71
Задачи (71). Ответы и указания (97).	
Органическая химия, уровень 3	113
Задачи (113). Ответы и указания (135).	
Органическая химия, уровень 4	149
Задачи (149). Ответы и указания (159).	
Комбинированные задачи	165
Задачи (165). Ответы и указания (171).	
Физическая химия и расчётные задачи	173
Задачи (173). Ответы и указания (177).	
Решения избранных задач	179

От редактора

Перед вами — совершенно уникальная книга. На первый взгляд это обычный сборник задач, в котором к тому же нет ни примеров, ни подробных решений, а есть лишь условия и краткие ответы. Но как только вы начнёте решать эти задачи, вы поймёте, что всё очень необычно и вы попали в мир высокого химического интеллекта, созданный авторами. При решении задач вы испытаете множество сильных эмоций — бессилие и отчаяние в первые моменты, острое желание заглянуть в ответ и узнать, что же такое авторы задумали, затем — высокое интеллектуальное напряжение и, наконец (в удачном случае), — восторг от правильного решения. Эта книга гарантирует вам интеллектуальное удовольствие и массу впечатлений. Всё это от того, что она написана с любовью — любовью к химии и к интеллектуальному труду, и вы это почувствуете, работая с книгой.

Уникальность книги — в том, что в ней нет не только типовых задач, но и вообще нет двух задач, похожих друг на друга. Приёмы и идеи, найденные вами для одной задачи, не будут работать для другой. Каждый раз при решении вам надо будет придумывать что-то новое. Вам придётся очень крепко подумать и как следует поработать с источниками химической информации, но в результате вы узнаете очень много нового и интересного о химических структурах и превращениях, а иногда по-новому взглянете на то, что уже знаете. Работая с книгой, вы сильно вырастаете как химик — и не только в плане конкретных знаний, но и в умении применять общие законы и принципы химии. Условие только одно — придётся очень много трудиться: в этих задачах на поверхности не лежит ничего.

Несколько простых советов по работе с книгой (разумеется, вы не обязаны им следовать).

1. Старайтесь не заглядывать в ответы, разве что в самом крайнем случае, — иначе вы лишите себя большого удовольствия от самостоятельного решения.

2. Не старайтесь решать много задач сразу — трёх-четырёх в день более чем достаточно, иначе «вынос мозга» гарантирован, так как задачи интеллектуально очень насыщены.
3. Не закливайтесь на нерешённых задачах, их в любом случае будет довольно много. Не получается одна задача — переходите к другой, из другой темы, другого уровня. Нет глубокого смысла решать задачи подряд.
4. Не стесняйтесь и не расстраивайтесь, если некоторые задачи не решаются. Ведь они могут быть основаны на фактах или идеях, которых вы пока ещё не знаете. Если совсем не получается и зашли в полный тупик — пишите автору или редактору (vadim@educ.chem.msu.ru), мы постараемся помочь.
5. Если удалось решить задачу — запишите решение и сохраните его, иначе через какое-то время забудете и придётся решать по-новой. Желаю вам увлекательной и плодотворной работы.

В заключение хочу поблагодарить Алексея Зейфмана за возможность поработать с таким интересным текстом. Низкий поклон и светлая память Александру Зосимовичу Лисицыну, создавшему эти замечательные задачи!

*Вадим Ерёмин,
профессор химического факультета МГУ*

Предисловие

В этой книге собраны задачи, сочинённые моим учителем Александром Зосимовичем Лисицыным. Он воспитал не одно поколение лицеистов¹, многие из которых успешно выступали на российских и международных олимпиадах и, что не менее важно, выбрали химию в качестве своей профессии. Уже несколько лет Александра Зосимовича нет с нами, поэтому я посчитал своим долгом сделать всё, чтобы эта сторона его многогранной учительской деятельности не осталась забытой, а приносила пользу (и удовольствие) школьникам и всем тем, кто любит необычные задачи по химии.

Александр Зосимович был необыкновенным человеком; уникальны и эти задачи. Сначала при подготовке этой книги я пытался подробно описывать ход решения каждой задачи, но очень быстро понял, что почти во всех случаях решение неформализуемо и не может быть изложено шаг за шагом. В каждой задаче (даже в задачах первого уровня) есть изюминка (а в некоторых — даже не одна), не поняв которую решение не найти. Однако если вы поняли суть задачи, заглядывая в ответы скорее всего не придётся — решение само сложится в цельную картину, как пазл, и вы поймёте, что оно правильное.

Большинство задач в этом сборнике — так называемые «угадайки». Несмотря на обилие количественных данных в некоторых задачах, не нужно решать их простым перебором. Приведу пример — одну из задач (неорганическая химия, уровень 3, задача 20) мы решали наперегонки с коллегой, он написал специальную программу для автоматического перебора вариантов, а я искал решение из общехимических соображений. В результате я нашёл ответ достаточно быстро, а в его программу (на написание которой пришлось потратить немало времени) закралась ошибка, которая не позволила найти правильное решение. Поэтому перед тем, как браться за калькулятор,

¹ Учеников Вологодского государственного естественно-математического лицей, ВГЕМЛ, сейчас — ВМЛ.

попытайтесь понять химию задачи, построить гипотезу, качественно объясняющую все процессы, описанные в ней, и лишь затем переходите к расчётам.

Не сомневаюсь, что, решив все задачи из этого сборника, вы без труда справитесь с любой олимпиадной задачей по химии. Интересного и занимательного чтения!

Если у вас появятся замечания, предложения или вопросы по задачам — пишите по адресу: azeif@mail.ru.

*Алексей Зейфман,
ученик Александра Зосимовича,
двукратный абсолютный победитель
Международной химической олимпиады,
канд. хим. наук*

Благодарности

Я хочу выразить благодарность Артёму Жирнову и Игорю Новожилову за помощь в решении задач по физической химии, Вадиму Владимировичу Ерёмину — за решение задач по неорганической и физической химии и помощь в подготовке книги к печати.

Прочитайте перед решением!

Если в условиях задачи не сказано иное:

- атомные массы всех элементов округляйте до целых чисел, атомную массу хлора считайте равной 35,5²;
- считайте, что все реакции протекают количественно, все осадки выпадают полностью и не содержат остатков растворителя;
- объёмы всех газов даны при нормальных условиях (1 атм, 0 °С);
- содержание элементов дано в массовых процентах.

² Конечно, согласно правилам округления, если массовая доля в условии указана с четырьмя значащими цифрами, то атомные массы необходимо тоже использовать с четырьмя значащими цифрами; тем не менее, это неудобно, так как целые атомные массы помнят почти все, а два знака после запятой можно посмотреть только в таблице Менделеева; можно было бы округлить массовые доли в условии до двух значащих цифр, но это бы существенно усложнило решение задачи.

Неорганическая химия, уровень 1

Задачи

1. Две кислоты, реагируя между собой, образуют только газ с $M = 44$ г/моль и серную кислоту в мольном соотношении 1 : 2. Найдите эти кислоты и предложите способ их синтеза исходя из более простых соединений.

2. Действие нитрата бария на смесь двух растворимых в воде неорганических сульфатов массой 13,04 г в водном растворе даёт 22,37 г сульфата бария. Образовавшийся при этом раствор смеси двух нитратов упарили, остаток прокалили. Осталось 1,2 г серого порошка. Действие на исходный раствор смеси сульфатов NaOH не даёт осадка, но изменяет цвет раствора. Найдите качественный и количественный состав смеси.

3. К раствору нитрата металла добавляют сильно щелочной раствор. При этом в осадок выпадает бинарное соединение металла чёрного цвета с содержанием металла 97,77 %. Щелочной раствор может быть получен реакцией калия с жидким соединением X, причём реакция сопровождается выделением водорода. Найдите вещества и напишите уравнения реакций.

4. Имеются два кислородных соединения хлора A и B, оба содержат по 52,6 масс. % хлора. Вещество A — жёлто-зелёный газ, B — легкокипящая взрывоопасная жидкость. Оба окисляются озоном до соединений A1 и B1 соответственно, которые также содержат одинаковое количество хлора — по 42,5 масс. %. Вещество A1 — красная жидкость, B1 — бесцветные кристаллы. Определите структуру всех веществ. Как получить исходные вещества A и B?

5. Используемый на практике состав представляет собой двухкомпонентную стехиометрическую смесь, способную к самопроизвольной реакции в определённых условиях. Эта смесь массой 10 г при обработке щёлочью выделяет 2,95 л газа. После протекания самопроизвольной реакции продукты при обработке разбавленной соляной

кислотой выделяют 2,21 л того же газа. Объёмы газов измерены при нормальных условиях. Найдите состав смеси. Как она называется?

6. Фторид неизвестного металла обработали парами воды при температуре около 400 °С. Образовавшуюся газовую смесь пропустили при той же температуре через трубку над медным порошком. Известно, что если взять 6,00 г фторида, то после реакции останется 4,16 г чёрного остатка, а привес трубки составит 1,31 г. Найдите фторид.

7. Алюмотермия соединения **X** является способом получения металла **M** высокой чистоты. Известно, что при реакции с 25,00 г вещества **X** образуется 25,76 г оксида алюминия. Найдите металл.

8. Приведите пример соединения, в котором ацетат-ион выступал бы как бидентантный лиганд. Опишите структуру этого соединения и характер химической связи в нём.

9. 3,000 г соли **X** при нагревании разлагается на 1,318 г нелетучего металла, 0,241 г летучей соли **A**, 1,315 г летучей кислоты **K** и 101 мл (н. у.) газообразного простого вещества. Напишите уравнение реакции.

10. Отделение элемента **X** при выделении его из руд основано на том, что он, в отличие от примесных алюминия и железа, не осаждается из растворов карбонатом аммония, взятым в избытке на холоде. Однако при кипячении раствора он выпадает в осадок, но это осаждение не полно. Более полное осаждение достигается, если на этот раствор действовать хлоридом кобальта. Состав осадка: Со — 12,66 %, N — 18,03 %, С — 7,73 %, H — 6,22 %, X — 3,86 %, остальное — кислород. Найдите элемент **X** и напишите уравнения реакций.

11. Действие на раствор 8,00 г хлорида металла **M** избытка раствора ацетата натрия приводит к выпадению 10,15 г нерастворимого осадка. Этот осадок плавится и перегоняется под вакуумом без разложения. Данный метод может служить для глубокой очистки металла **M**. Разложение этого вещества проходит только при 600 °С в газовой фазе, при этом среди прочих продуктов образуется оксид металла **M** высокой чистоты. Найдите металл.

12. Спектр ЯМР ^{19}F пентафторида сурьмы при 0 °С состоит из трёх линий с соотношением 2 : 2 : 1, а при температуре 25 °С линии сливаются в один сигнал. Предположите структуру пентафторида сурьмы при пониженной температуре.

13. Металл **X** растворяется в концентрированной соляной кислоте с выделением водорода, однако это количество водорода меньше, чем при растворении такого же количества металла в разбавленной серной кислоте, на 5 %. Известно, что если безводный высший хлорид

металла **X** расплавить и в нём растворить 5% (мольных) металла **M**, то полученный расплав проводит электрический ток и, растворяясь в воде, выделяет водород. Известно, что молекулярные массы высшего и низшего хлоридов относятся как 5 : 8 при комнатной температуре и как 5 : 4 при 1000 °С. Найдите металл **X** и объясните поведение его соединений в растворах.

14. Две соли **X** и **Y** массой 8,00 г и 2,00 г соответственно реагируют между собой с образованием единственного продукта — труднорастворимой в воде соли **Z** массой 10,00 г. Если 8,00 г соли **X** подвергнуть разложению, то образуется только 7,507 г соли **Z** и кислород. Найдите соли, если известно, что соль **Y** является бинарным соединением.

15. Известно, что растворимость перхлоратов в воде падает от натрия к цезию. Однако если рассматривать растворимость этих солей в безводной хлорной кислоте, то растворимость падает в обратном направлении. Из этих растворов при охлаждении кристаллизуются вещества состава $MClO_4 \cdot nClO_4$. Каково строение этих веществ?

16. Раствор неизвестной соли объёмом 100 мл разделили на 10 равных частей по 10 мл. К каждой части добавили железный порошок массой 0,1 г, 0,2 г, 0,3 г и т. д. до 1 г. После того как реакция заканчивалась, осадок, образовавшийся в каждой части, отфильтровывали и взвешивали. Масса осадка в зависимости от массы порошка железа приведена в таблице.

$m(Fe)$, г	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$m(ос)$, г	0,514	1,029	1,543	1,897	1,611	1,325	1,04	0,908	1,008	1,108

Какая соль была в растворе и какова её масса? Атомные массы в расчётах округлите до целых чисел.

17. 2,24 л жёлто-зелёного газа при реакции с избытком озона даёт 8,35 г красного взрывчатого масла, которое при взрыве даёт 4,48 л смеси двух газов. Пропускание этой смеси через щёлочь приводит к уменьшению объёма до 3,36 л. Определите вещества. Все объёмы измерены при н. у.

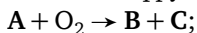
18. При взаимодействии концентрированных водных растворов аммиака и хлорида алюминия выпал осадок, прокаливание 1,00 г которого даёт 0,85 г остатка, нерастворимого в воде. Напишите уравнение проведённой реакции.

19. Растворение 4,000 г неизвестного металла в разбавленной азотной кислоте привело к образованию раствора, на титрование

которого потребовался раствор, содержащий 0,629 г KMnO_4 и серную кислоту. Определите металл.

20. Растворение 4,000 г неизвестного металла в разбавленной азотной кислоте привело к образованию раствора, на титрование которого потребовался раствор, содержащий 7,292 г KMnO_4 и серную кислоту. Определите металл.

21. Расшифруйте неорганические вещества **A**, **B** и **C**:



22. Металл **A** не реагирует с разбавленной соляной кислотой, металл **B** растворяется в соляной кислоте. Оксид металла **B** не растворяется в воде, но растворяется в соляной кислоте без выделения газа, а полученный при этом раствор реагирует с металлом **A**. В этой реакции также не выделяются газы и не образуется никакого осадка. О каких металлах идёт речь? Напишите уравнения проходящих реакций.

23. При взаимодействии 5,0 г оксида металла с соляной кислотой выделяется столько же хлора, сколько необходимо для превращения в хлорид 2,8 г этого металла, причём известно, что в обеих реакциях образуется один и тот же хлорид, в котором металл трёхвалентен. Определите металл и напишите уравнения реакций.

24. Некоторый оксид элемента **X** при сильном нагревании в вакууме теряет 63,43 % своей массы. Этот же оксид при нагревании на воздухе образует летучий оксид, масса которого в 1,11 раз больше массы исходного оксида. Определите формулы оксидов, о которых идёт речь, напишите уравнения реакций, а также уравнение реакции исходного оксида с концентрированной азотной кислотой.

25. При взаимодействии 2,00 г иода с неизвестным раствором выделяется 88,19 мл (н. у.) газа, причём образующийся раствор бесцветен и имеет pH больше 7. Предложите состав раствора.

26. Оксид **A** реагирует с серой в мольном соотношении 1 : 1, причём образуются сернистый газ и другой оксид **B**. Оксид **A** при реакции с хлористым тиоилом образует сернистый газ и оксохлорид **B**. При этом для получения того же количества сернистого газа, что и в первой реакции, требуется втрое меньшее количество **A**. Оксид **B** реагирует с хлором с образованием оксида **A** и оксохлорида **B**, причём отношение масс оксохлорида **B** и оксида **A** составляет 3,813. Определите формулы веществ **A**, **B**, **B**.

27. При разложении оксида неизвестного элемента образуется только смесь газов с плотностью 3,2 г/л при нормальных условиях. Какой это оксид?

28. Три элемента образуют два соединения состава A_3BC_3 (I) и A_3BC_4 (II). В первом соединении массовая доля элемента С — 24,36%. Какова массовая доля элемента С во втором соединении? Определите элементы А, В, С.

29. Три элемента А, В и С образуют между собой попарно три соединения, причём каждый элемент во всех трёх соединениях проявляет одну и ту же валентность. Известно, что массовая доля элемента А в соединении с В — 75%, а массовая доля элемента В в соединении с С — 7,8%. Определите массовую долю элемента С в соединении с А и найдите элементы.

30. Элемент А образует два оксида В и В. При разложении 100 г оксида Б образуется В и 24 г кислорода. С другой стороны, 100 г оксида Б при реакции с простым веществом А образует 152 г оксида В. Какой это элемент и какие оксиды?

31. При взаимодействии 1,6 г чёрного порошка с избытком концентрированной серной кислоты получили только 0,02 моль сульфата двухвалентного металла, 3,2 г сернистого газа (SO_2) и 1,08 г воды. Определите формулу чёрного порошка и напишите уравнение реакции.

32. Оксид металла М — вещество Х — реагирует при кипячении с разбавленной H_2SO_4 , в результате образуются металл М и раствор сульфата. Известно, что Х растворяется в концентрированной H_2SO_4 , при этом образуется раствор того же сульфата и выделяется сернистый газ. Металл М также растворяется в концентрированной H_2SO_4 при нагревании, и при этом тоже выделяется сернистый газ и образуется раствор того же сульфата. Массы серной кислоты, необходимые для реакций с равными массами оксида Х и металла М, по этим трём реакциям относятся как 2 : 6 : 9 соответственно. Определите формулу исходного оксида.

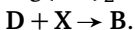
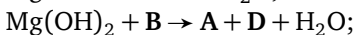
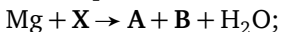
33. Объясните следующие экспериментальные факты.

1. Раствор, полученный при реакции цинка с разбавленной HNO_3 , обесцвечивает раствор $KMnO_4$.
2. При кипячении раствора $KMnO_4$ с избытком KOH цвет раствора постепенно меняется на зелёный, а при подкислении цвет восстанавливается и образуется бурый осадок.
3. Действие цинка на раствор сульфата кобальта приводит к выделению газа.
4. Взаимодействие алюминия с насыщенным раствором карбоната натрия при нагревании приводит к выделению газа.
5. Водород, полученный действием соляной кислоты на чугунную стружку, имеет неприятный запах.

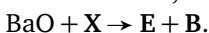
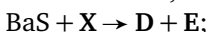
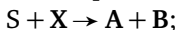
34. При взаимодействии 1,00 г сульфата неизвестного металла в растворе с перманганатом калия в осадок выпало: а) 0,191 г MnO_2 ; б) 0,96 г MnO_2 . Определите формулы каждого из сульфатов.

35. Взаимодействие раствора, содержащего 1,0 г нитрата ртути(II), с избытком неизвестного раствора приводит к выпадению 2,8 г индивидуального, содержащего ртуть бинарного соединения. Предложите состав раствора.

36. Определите неизвестные вещества:



37. Определите неизвестные вещества:



38. 6,00 г оксида металла **A** восстанавливаются 1,125 г угля до металла. При этом образуются газы, которые могут восстановить 36,00 г оксида **A** с образованием 34,80 г оксида **B**. Определите металл, оксиды и напишите уравнения реакций.

39. Прокаливание 1,0 г неорганического вещества в токе кислорода приводит к образованию 1,4 г остатка и выделению 448 мл (н. у.) азота. Определите вещество.

40. Газы **X** и **Y** не реагируют с кислородом. Смесь, состоящая из 50 объёмов газа **X** и 2 объёмов газа **Y**, может прореагировать с 24,5 объёмами кислорода с образованием 48 объёмов газообразного продукта и твёрдого осадка. О каких газах идёт речь? Найдите формулу твёрдого осадка. Все приведённые в задаче наблюдения относятся к температуре 60 °С.

41. При действии избытка сероводорода на раствор хлорида металла выпадает 0,77 г нерастворимого в соляной кислоте осадка. При действии на такое же количество того же раствора избытка сульфида натрия на холоде образуется 5,00 г осадка, частично растворимого в соляной кислоте с выделением 1,077 л (н. у.) сероводорода. Определите хлорид и напишите уравнения протекавших реакций.

42. Нерастворимая в воде бесцветная соль **X** обладает следующими свойствами:

- 1) реагирует с соляной кислотой, и при этом выпадает светло-жёлтый осадок;
- 2) обесцвечивает бромную воду, причём образуется осадок соли **Y**, не растворимый ни в воде, ни в кислотах;

- 3) при прокаливании на воздухе образует сернистый газ и соль Y;
 4) при сливании растворов, полученных в опытах 1 и 2 после фильтрования осадков, также выпадает осадок Y.

Приведите пример солей X и Y, отвечающих условиям задачи.

43. Была проведена серия опытов, в каждом из которых навеска кальция была нагрета с 224 мл (н. у.) неизвестного газообразного соединения. После окончания реакции вещества привели к нормальным условиям и измерили объём получившихся газов. Результаты опытов приведены в таблице.

$m(\text{Ca}), \text{ г}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	Избыток
$V_{\text{газ}}, \text{ мл}$	168	112	224	336	224	112	0	0

О каком газе идёт речь? В каких опытах твёрдые остатки после окончания реакций были индивидуальными веществами? Назовите эти вещества и напишите уравнения реакций.

44. Растворы двух неорганических веществ в воде слили, и при этом выпал осадок и выделился газ. Предложите три принципиально различных примера пар растворов, для которых масса выделившегося газа будет больше массы выпавшего осадка. Считайте, что очень хорошо растворимые в воде газы (аммиак, галогеноводороды) из растворов не выделяются.

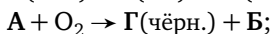
45. Два неорганических вещества растворили в воде (при растворении возможно протекание химической реакции). При сливании полученных растворов выпал осадок, масса которого оказалась больше суммы масс исходных неорганических веществ. Приведите три принципиально различных примера пар таких веществ.

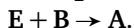
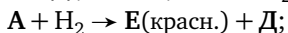
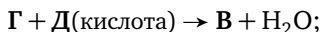
46. Оксид меди(II) обработали водным раствором. При этом оксид меди(II) полностью прореагировал и остался осадок, масса которого меньше массы исходного оксида меди(II). Предложите состав раствора.

47. Оксид кальция обработали водным раствором. При этом оксид кальция полностью прореагировал и остался осадок, масса которого меньше массы исходного оксида кальция, а раствор не содержит гидроксида кальция. Предложите состав раствора.

48. Хлор пропустили через водный раствор. При этом хлор полностью прореагировал и остался осадок, масса которого меньше массы исходного хлора. Предложите состав раствора.

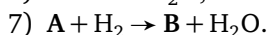
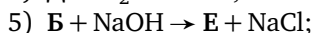
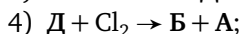
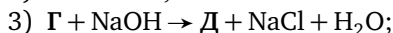
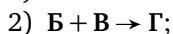
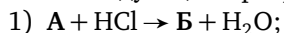
49. Определите неизвестные вещества:





50. К 10,0 г 20 %-ного раствора вещества А добавили 2,5 г нерастворимого в воде вещества Б. При этом получили 3,235 г осадка, 0,898 г газа без запаха и жидкость над осадком, которая по данным анализа оказалась практически чистой водой. Реакция между А и Б не является окислительно-восстановительной. Определите состав исходных веществ и полученного осадка. В расчётах полагайте, что в полученном осадке находятся только безводные соли.

51. Вещества А–Е содержат неизвестный элемент Х, причём имеют место следующие превращения:



Определите Х, напишите уравнения реакций.

52. Оксид металла, имеющий чёрный цвет, при нагревании переходит в вещество оранжевого цвета, при обработке которого разбавленной азотной кислотой в виде осадка вновь образуется оксид чёрного цвета. Во сколько раз уменьшается масса оксида после такой обработки? Напишите уравнения реакций.

53. Нитрат первого металла при нагревании разлагается только на оксид этого металла и оксид азота(IV). Нитрат второго металла при нагревании разлагается на оксид этого металла, оксид азота(IV) и оксид азота(II) в молярном соотношении 1 : 1. Какие это металлы?

54. В раствор, содержащий нитраты двух металлов, поместили 1,00 г кобальта. После окончания реакции осадок отфильтровали и получили 3,51 г осадка. К фильтрату добавили ещё 1,00 г кобальта. После окончания реакции и фильтрования получили 3,02 г осадка. К фильтрату снова добавили 1,00 г кобальта. После окончания реакции и фильтрования получили 2,01 г осадка. К фильтрату снова добавили 1,00 г кобальта и получили 1,51 г осадка, а фильтрат после этого содержал только нитрат кобальта. Определите, какие соли содержал раствор и какова их масса?

55. 100 г 37,8 %-ной азотной кислоты обработали избытком меди. Выделившуюся смесь оксидов азота(II) и (IV) пропустили через трубку

с избытком раскालённой меди. Привес трубки составил 4,2 г. Рассчитайте массовую долю нитрата меди в полученном растворе.

56. Равные массы сплава калия и кальция и сплава алюминия и бария выделяют равное количество водорода из воды. Известно, что массовая доля одного из металлов в первом сплаве равна массовой доле одного из металлов во втором сплаве. Рассчитайте составы сплавов.

57. Имеющегося в распоряжении раствора HCl хватит, чтобы растворить 10 г цинка, но не хватит, чтобы растворить 11 г железа. Полученного при реакции с железом водорода хватит, чтобы восстановить 36,8 г PbO. Такое же количество водорода может быть получено при обработке 15 г металла X водой. Определите количество HCl в исходном растворе.

58. Восстановление 6,000 г неизвестной соли избытком CO при нагревании даёт следующие продукты: 0,889 г CO₂, 4,180 г растворимой в воде соли X и 2,343 г твёрдого оксида Y, нерастворимого в воде. Определите неизвестные вещества, напишите уравнение реакции.

59. Обработка стружки белого чугуна разбавленной уксусной кислотой приводит к медленному его растворению с образованием раствора ацетата железа(II). При этом остаётся нерастворимое в разбавленной уксусной кислоте серое вещество X. Оно полностью растворимо в крепкой соляной кислоте с образованием хлорида железа(II) и сложной смеси газообразных продуктов, но независимо от состава этой смеси из 1,8 г вещества X можно получить 448 мл (н. у.) газов, а плотность смеси по водороду постоянна и равна 4,5. Объясните с химической точки зрения происходившие процессы и оцените приближённо состав смеси продуктов реакции с соляной кислотой, если в ней объёмная доля основного вещества равна 54 %.

60. При реакции неизвестного металла с азотной кислотой получили 17,85 г нитрата металла, 784 мл (н. у.) оксида азота(II) и воду. Определите металл.

61. 100 г раствора, содержащего соляную и серную кислоту, обработали 50 г карбоната бария. При этом выделилось 4,975 л (н. у.) углекислого газа и осталось 22,89 г нерастворившегося остатка. Рассчитайте массовые доли кислот в исходном растворе.

62. 1,00 г 30 %-ного раствора неизвестного вещества в этаноле при сгорании даёт 1,11 л (н. у.) углекислого газа и 0,994 г воды. Определите формулу вещества, которое находилось в растворе.

63. 10 л (н. у.) смеси аммиака и водорода нагрели при 400 °C с недостатком CuO. После окончания реакции оказалось, что объём газообразных при 400 °C продуктов реакции на 12 % больше объёма

исходных веществ, а плотность по водороду полученной смеси газов равна $64/7$. CuO прореагировал полностью. Сколько граммов CuO было взято для реакции?

64. В смеси оксида двухвалентного металла и его карбоната массовая доля углерода равна 2,89 %, а массовая доля кислорода равна 14,12 %. Определите металл.

65. В сосуд, содержащий 10 л (н. у.) хлороводорода, внесли металлический калий. После окончания реакции и приведения продуктов к нормальным условиям оказалось, что объём непрореагировавшего газа составил 2 л. Рассчитайте массу полученного в реакции твёрдого остатка.

66. В окислительно-восстановительных реакциях конфигурации валентных электронов двух элементов меняются следующим образом:

- а) $5d^9 6s^1 \rightarrow 5d^6 6s^0$ и $2s^0 2p^0 \rightarrow 2s^0 2p^3$;
- б) $4s^0 3d^{10} \rightarrow 4s^0 3d^9$ и $4s^0 3d^0 \rightarrow 4s^0 3d^5$;
- в) $4s^0 3d^2 \rightarrow 4s^0 3d^5$ и $2s^2 2p^6 \rightarrow 2s^2 2p^4$;
- г) $6s^0 4f^7 \rightarrow 6s^0 4f^8$ и $5s^2 5p^5 \rightarrow 5s^0 5p^2$.

Определите элементы и напишите уравнения реакций.

67. Простое вещество X сгорает во фторе, кислороде и хлоре. Во всех случаях образуются летучие продукты, плотности которых относятся как 1,197 : 1 : 1,167. Все эти соединения после обработки водой были восстановлены раствором FeCl_2 . Известно, что количества хлорида железа на восстановление хлорида и фторида относятся как 1 : 2, а на восстановление фторида и оксида как 3 : 4. Найдите вещества и напишите, как взаимодействуют растворы хлорида и оксида в воде между собой (хлорид взят в избытке).

68. 15,00 г брома осторожно внесли в избыток водного раствора вещества X . Полученный по окончании реакции бесцветный раствор упарили под вакуумом, и осталось 21,19 г бесцветного вещества. 1,00 г этого вещества растворили в 100 мл воды. 5,00 мл этого раствора оттитровали 8,85 мл кислого раствора перманганата калия с концентрацией 0,0500 моль/л. Найдите X и напишите уравнения реакций.

69. Недавно был предложен новый способ синтеза неорганической соли X , вырабатываемой в промышленных масштабах. От используемого в настоящее время в промышленности способа синтеза соли X он отличается простым аппаратным оформлением, меньшей пожаро- и взрывоопасностью, хотя несколько проигрывает в расходе сырья. Способ заключается во взаимодействии твёрдых соединений A и B , причём оба содержат элементы Э1 и Э2, массовые доли которых

*Александр Зосимович Лисицын
Алексей Александрович Зейфман*

Очень нестандартные задачи по химии

Подписано в печать 29.10.2014 г. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Печ. л. 12. Тираж 2000 экз. Заказ №

Издательство Московского центра
непрерывного математического образования
119002, Москва, Большой Власьевский пер., 11. Тел. (499) 241-74-83.

Отпечатано с электронных носителей издательства.
ОАО «Тверской полиграфический комбинат».
170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Тел. (4822) 44-42-15, (495) 748-04-67. Тел./факс (4822) 55-42-15.

Книги издательства МЦНМО можно приобрести в магазине «Математическая книга»,
Москва, Большой Власьевский пер., 11. Тел. (499) 241-72-85.

E-mail: biblio@mccme.ru, <http://biblio.mccme.ru>
