

ХИМИЯ



Олимпиады и конкурсные экзамены по ХИМИИ в МГУ



ХИМИЯ

Олимпиады и конкурсные экзамены по ХИМИИ в МГУ

Под редакцией
профессора **Н. Е. Кузьменко**



Москва
Лаборатория знаний

УДК 54 (076)
ББК 24я721
0-54

А в т о р ы:

Н. Е. Кузьменко, О. Н. Рыжова, В. И. Теренин,
Р. Л. Антипин, Е. Д. Демидова, В. В. Еремин, С. И. Каргов,
Е. В. Карпова, Е. А. Карпюк, Д. А. Пичугина

Олимпиады и конкурсные экзамены по химии
0-54 в МГУ / Н. Е. Кузьменко [и др.] ; под ред. Н. Е. Кузь-
менко. — М. : Лаборатория знаний, 2019. — 667 с. : ил.
ISBN 978-5-00101-050-0

Данное пособие отличается от большинства подобных изданий, предназначенных для абитуриентов, тем, что крупнейший отечественный вуз — Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова — представляет все варианты экзаменационных и олимпиадных заданий по химии, предлагавшихся на университетских олимпиадах и вступительных экзаменах на факультетах МГУ за шесть лет. Для каждого варианта приведены подробные решения заданий, указания к решению и ответы.

Для абитуриентов, поступающих в вузы на химические, медицинские и биологические специальности, а также для школьников старших классов и учителей химии.

УДК 54 (076)
ББК 24я721

Учебное издание

**Кузьменко Николай Егорович, Рыжова Оксана Николаевна,
Теренин Владимир Ильич, Антипин Роман Львович,
Демидова Елена Дмитриевна, Еремин Вадим Владимирович,
Каргов Сергей Игоревич, Карпова Елена Владимировна,
Карпюк Екатерина Анатольевна, Пичугина Дарья Александровна**
ОЛИМПИАДЫ И КОНКУРСНЫЕ ЭКЗАМЕНЫ ПО ХИМИИ В МГУ
Под редакцией Н. Е. Кузьменко

Ведущий редактор канд. хим. наук *Т. И. Почкаева*
Художник *В. А. Прокудин*. Технический редактор *Т. Ю. Федорова*
Компьютерная верстка: *В. И. Савеллев*

Подписано в печать 28.06.18. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 54,60. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3
Телефон: (499) 157-5272
e-mail: info@pilotLZ.ru, http://www.pilotLZ.ru

ISBN 978-5-00101-050-0

© Лаборатория знаний, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Уважаемый читатель!	3
Несколько полезных советов	5
Часть I. Задания	9
2011 год.	10
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	10
Заочный тур	10
Очный тур	11
Олимпиада «Ломоносов»	16
Заочный тур	16
Очный тур	17
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	20
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	27
Филиал химического факультета МГУ в Баку	28
2012 год.	29
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	29
Заочный тур	29
Очный тур	30
Олимпиада «Ломоносов»	38
Заочный тур	38
Очный тур	39
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	42
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	48
2013 год.	49
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	49
Заочный тур	49
Очный тур	51
Олимпиада «Ломоносов»	57
Заочный тур	57
Очный тур	59
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	62
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	68

2014 год	70
Олимпиада «Ломоносов»	70
Заочный тур	70
Очный тур	86
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	90
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	97
2015 год	101
Олимпиада «Ломоносов»	101
Заочный тур	101
Очный тур	113
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	117
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	125
2016 год	129
Олимпиада «Ломоносов»	129
Заочный тур	129
Очный тур	141
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	146
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	153
Часть II. Решения и ответы	157
2011 год	158
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	158
Заочный тур	158
Очный тур	164
Олимпиада «Ломоносов»	178
Заочный тур	178
Очный тур	186
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	197
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	227
Филиал химического факультета МГУ в Баку	229
2012 год	232
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	232
Заочный тур	232
Очный тур	243
Олимпиада «Ломоносов»	254
Заочный тур	254
Очный тур	262
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	271
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	280
2013 год	284
Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!»	284

Заочный тур	284
Очный тур	291
Олимпиада «Ломоносов»	305
Заочный тур	305
Очный тур	313
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	326
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	349
2014 год.	355
Олимпиада «Ломоносов»	355
Заочный тур	355
Очный тур	404
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	417
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	441
2015 год.	450
Олимпиада «Ломоносов»	450
Заочный тур	450
Очный тур	501
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	518
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	551
2016 год.	571
Олимпиада «Ломоносов»	571
Заочный тур	571
Очный тур	598
Вступительный (дополнительный) письменный экзамен	613
Заместительный экзамен (вместо ЕГЭ).	647
Программа вступительных экзаменов по химии для поступающих в Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова	657
Часть I. Основы теоретической химии	657
Часть II. Элементы и их соединения	659
Неорганическая химия	659
Органическая химия	661
Рекомендуемая литература	663

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Традиция проведения вступительных испытаний по химии в письменной форме существует в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова уже более четверти века — с 1990 года. И все это время коллектив сотрудников химического факультета МГУ, которые в течение многих лет занимаются организацией, проведением и проверкой работ участников вступительных письменных экзаменов и олимпиад по химии, ежегодно публикует все варианты заданий на соответствующих испытаниях (вступительных экзаменах и олимпиадах «Абитуриент МГУ» в 90-е годы, а затем «Покори Воробьёвы горы!» и «Ломоносов»). В этой серии¹, посвященной материалам вступительных экзаменов и олимпиад по химии, это уже четвертая книга; она содержит все задания за шесть лет, 2011–2016 гг.

Мы считаем, что эти пособия выполняют очень важную обучающую функцию. Школьники и абитуриенты получают возможность погрузиться в задания, которые предлагались на прошедших испытаниях, что ориентирует читателя на уровень сложности, круг возможных тем, типы задач, а также знакомит с компоновкой экзаменационного билета или олимпиадного задания. Любая конкурсная задача проживает две жизни. Во-первых, на экзамене или на олимпиаде, где реализуется главная цель проводимых испытаний — отбор самых достойных по уровню знаний. Во-вторых, будучи опубликованными с подробным решением, задачи служат обучению, подготовке и мотивации к изучению химии многих поколений старшеклассников.

В книге две части: I. Задания и II. Решения и ответы.

В первой части представлены задания, предлагаемые на вступительном (дополнительном) письменном экзамене в МГУ (так называемом «внутреннем» экзамене), а также на заместительном экзамене (вместо ЕГЭ), который пишут в стенах МГУ иностранные граждане, желающие стать студентами университета, но не имеющие оценок ЕГЭ. Кроме того, первая часть содержит задания заочных и очных туров университетских олимпиад по химии «Покори Воробьёвы горы!»

¹ Кузьменко Н. Е., Еремин В. В., Чуранов С. С. Сборник конкурсных задач по химии. — М.: Экзамен, 2001.

Кузьменко Н. Е., Теренин В. И., Рыжова О. Н. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах / Под ред. Н. Е. Кузьменко, В. И. Теренина. — М.: Изд-во МГУ: Наука, 2006.

Кузьменко Н. Е., Теренин В. И., Рыжова О. Н. и др. Вступительные экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета / Под ред. Н. Е. Кузьменко, О. Н. Рыжовой, В. И. Теренина. — М.: Изд-во МГУ: 2011, 2012, 2018.

и «Ломоносов». Задания сгруппированы по годам и приведены почти в том же виде (в форме экзаменационных билетов или олимпиадных комплектов), в каком они предлагались школьникам; внесены только редакционные изменения.

Вторая часть содержит развернутые решения и/или ответы (в том случае, если задание предлагалось в нескольких вариантах). Как правило, подробное решение приведено к одному варианту, к остальным вариантам даны ответы.

Это пособие адресовано школьникам старших классов — будущим абитуриентам. Но, конечно же, эту книгу могут с успехом использовать также школьные учителя и преподаватели, углубленно занимающиеся со школьниками, интересующимися химией, подготовкой для поступления в вузы и к участию в предметных олимпиадах или к сдаче ЕГЭ по химии.

Приглашаем попробовать свои силы на вступительном экзамене в МГУ или на олимпиаде по химии «Ломоносов»!

Искренне желаем успеха всем школьникам и абитуриентам!

НЕСКОЛЬКО ПОЛЕЗНЫХ СОВЕТОВ

Обсудим особенности письменных испытаний по химии в Московском университете. Речь пойдет о двух разных экзаменах и двух олимпиадах, в каждой олимпиаде два тура — заочный и очный.

Поговорим об экзаменах. Вступительный (дополнительный, или так называемый «внутренний») письменный экзамен по химии проводится в МГУ для абитуриентов химического факультета, а также факультетов фундаментальной медицины и физико-химической инженерии. Результаты этого экзамена суммируются с баллами ЕГЭ по четырем предметам, которые требуются при поступлении на выбранный факультет. Другой экзамен — заместительный (вместо ЕГЭ) — для абитуриентов-иностранцев, поступающих в МГУ в общем конкурсе, но не сдававших ЕГЭ по химии; экзаменационный билет включает 10 письменных заданий и по сложности соответствует требованиям ЕГЭ, а по структуре похож на вступительный (дополнительный) экзамен в МГУ. Абитуриенты сдают этот экзамен в ходе университетской приемной кампании. Кроме того, в книгу включены все материалы по олимпиадам (задания и решения с ответами). Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы!» последний раз проводилась в 2013 г. Олимпиада по химии «Ломоносов» — одна из самых массовых, в ее заочном туре участвуют порядка трех с половиной тысяч школьников. В олимпиаде могут участвовать даже младшие школьники (5–9 классы), для них на заочном и очном турах имеются специальные задания. Старшеклассникам (10–11 классы) предлагаются задания, похожие (по структуре и сложности) на задания вступительного (дополнительного) экзамена в МГУ, причем некоторые олимпиадные задачи требуют для решения развитой химической эрудиции.

Экзаменационный билет или задание олимпиады по химии «Ломоносов» для старшеклассников включает 10 заданий, среди которых расчетные и качественные задачи (последние не требуют проведения вычислений). К качественным задачам можно отнести, например, такие, где надо написать уравнение реакции, структурные формулы соединения или его изомеров. Более сложный вариант качественного задания — традиционные «цепочки превращений», включающие до шести реакций. Каждый билет komponуется так, чтобы охватить большинство разделов «Программы по химии для поступающих в МГУ» (приведена в конце этого пособия). В билетах, предлагаемых на экзамене или олимпиаде, указана максимальная оценка (в баллах) за каждый из 10 вопросов. Как и на ЕГЭ, на вступительном экзамене или олимпиаде по химии «Ломоносов» максимальная оценка в сумме

составляет 100 баллов, а минимальная положительная оценка определена в 36 баллов. Особенность олимпиад состоит в том, что на олимпиаде нет неудовлетворительных оценок, участник получает именно ту сумму баллов, которую он набрал (даже если этих баллов немного, к примеру, всего 10).

Предлагаемые в экзаменационных билетах вопросы и задачи оцениваются дифференцированно в зависимости от уровня сложности, то есть числа операций, необходимых для получения ответа. В каждом варианте задания расположены по возрастанию сложности, в этом же порядке увеличивается максимальная оценка.

Первое и второе задания требуют, как правило, просто воспроизвести материал школьного учебника. Это задание 4 балла.

Следующие три расчетные или качественные задачи типовые, с максимальной оценкой 6–10 баллов. По уровню сложности эти задачи такие же, как в школьном учебнике (после изложения определенной темы).

Шестая задача расчетная. Максимальная оценка 12 баллов. Для ее успешного решения требуется несколько логических операций.

В двух следующих заданиях (7 и 8), как правило, надо написать уравнения реакций для цепочки из шести превращений. Эти задания имеют такую же оценку, как шестая задача, — 12 баллов. Особенность качественных задач (чаще всего это относится именно к цепочкам превращений и задачам на распознавание веществ или разделение смесей) состоит в том, что решить их можно не одним, а несколькими различными (конечно же, правильными) способами. Экзаменационная комиссия ежегодно получает в работах абитуриентов неожиданные, но совершенно правильные варианты решений, и мы по возможности с удовольствием их публикуем.

Два последних задания (9 и 10) экзаменационного билета представлены комбинированными задачами по неорганической и органической химии, состоящими как бы из нескольких типовых задач. Максимальная оценка за эти задачи достигает 16 баллов.

Для успешного выполнения олимпиадных и экзаменационных заданий по химии необходима хорошая теоретическая база, получить которую можно, работая с учебными пособиями, энциклопедиями и справочниками по химии. Наши рекомендации по этому поводу приведены в конце книги.

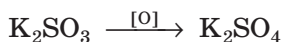
Одна из особенностей университетских вступительных экзаменов и олимпиад по химии — ощутимая насыщенность решений математикой. Знакомясь с материалами книги, вы можете сами убедиться, что половина (а иногда — и больше) задач в билете расчетные. Это неудивительно. Химия, как и другие современные естественные науки, неразрывно связана с математикой, поскольку при описании свойств веществ и химических реакций используются математиче-

ские модели и вычислительные методы. Поэтому наш совет школьникам: готовясь к экзаменам и олимпиадам по химии, *обязательно углубленно изучайте математику!* При решении химических задач вам может потребоваться решить систему линейных уравнений или квадратное уравнение, вычислить площадь фигуры или объем тела, использовать натуральные и десятичные логарифмы и показательные функции. Будьте всегда внимательны к единицам измерения величин и грамотно используйте правила округления!

Теперь несколько *практических советов*, непосредственно относящихся к выполнению (написанию) олимпиадной или экзаменационной работы.

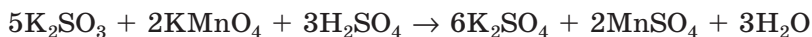
Вступительный экзамен в МГУ и университетские олимпиады по химии отличаются от испытаний по некоторым другим предметам и от ЕГЭ отсутствием тестовых заданий. И это очень важно. Ведь в итоге работы над тестовыми заданиями получают набор кратких ответов, а ход решения и расчеты остаются на черновиках. На письменном экзамене или олимпиаде ситуация совершенно иная. В экзаменационном билете по химии абитуриентам предлагают 10 заданий, качественных или расчетных, и в каждом задании надо привести развернутое решение — полностью весь ход решения со всеми промежуточными вычислениями. Экзаменационная комиссия или жюри олимпиады проверяет работы не по ответам (как в случае тестов), а внимательно разбирая весь ход решения. При этом положительно оцениваются все правильные действия даже в том случае, если абитуриент получил неправильный итоговый ответ. Это означает, что, к примеру, за 10-балльное задание можно получить 1, 2, 3 и т. д. балла, вплоть до 10 баллов, в зависимости от того, насколько вы продвинулись по правильному пути решения. Отсюда совет — оформляйте «чистовик» достаточно подробно, чтобы экзаменаторы могли проследить логику вашего решения. Оценка за работу, где в «чистовике» имеются одни лишь ответы (даже если они правильные), будет ниже.

Еще один важный совет относится к оформлению. Каждый из учебных предметов имеет свои особенности, а в химии много формул, химических и структурных, и уравнений реакций. Договоримся сразу с будущими абитуриентами и участниками олимпиад о том, что следует понимать под уравнением реакции. *В уравнении* должны быть указаны все реагенты и все продукты, а также поставлены правильные стехиометрические коэффициенты (*реакция должна быть уравнена*). Кроме того, надо указать условия проведения реакции (те специфические условия, без которых реакция не пойдет или протекает очень медленно). В противном случае это не уравнение реакции, а ее схема. Проиллюстрируем это на примере реакции окисления сульфита калия.



Здесь не указан конкретный окислитель и не приведены все продукты реакции, не говоря уже о стехиометрических коэффициентах. Это *схема реакции*.

Напишем теперь *уравнение реакции* окисления сульфита калия перманганатом калия в кислой среде:

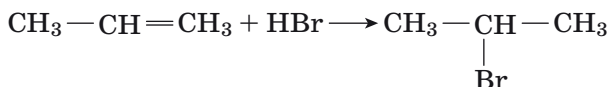


Именно такая запись представляет собой уравнение химической реакции, поскольку здесь приведены все реагенты и все продукты с правильными стехиометрическими коэффициентами.

В уравнениях реакций с участием органических соединений необходимо записывать структурные формулы веществ, однозначно отражающие порядок соединения атомов в молекуле. Например, реакцию присоединения бромоводорода к пропилену можно «ловко» записать, используя брутто-формулы веществ:



Вроде бы все правильно. Но здесь нет информации о том, какой именно изомер бромпропана получен (поэтому нет ясности, знаком ли школьник с правилом Марковникова). Правильная запись:



Последний совет школьникам: приступая к решению задач на экзамене или олимпиаде «Ломоносов», разумно оцените сложность задач и распределите время. На письменное испытание в университете отводится четыре астрономических часа (240 минут). Необходимо заранее предусмотреть не менее получаса на оформление «чистовика», то есть на перенесение решения задач из черновика. Советуем начать работу с простых задач, оставив наиболее трудные и емкие по времени напоследок. Если задача не получается «сходу», отложите ее и попробуйте решить другие. К отложенной задаче можно вернуться, если останется время, в противном случае вы рискуете потратить все четыре часа на решение одной задачи и не успеть решить другие, более доступные, потеряв на этом баллы.

Желаем успеха в познании химии всем нашим читателям!

ЧАСТЬ I. ЗАДАНИЯ

2011 ГОД

ОЛИМПИАДА «ПОКОРИ ВОРОБЬЁВЫ ГОРЫ!»

ЗАОЧНЫЙ ТУР

1. Приведите по два примера соединений разных классов, в которых атом селена имеет минимальную (а) и максимальную (б) степени окисления.

2. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого общее число s -электронов равно общему числу d -электронов.

3. Сколько граммов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ нужно добавить к 120 г 5,0%-го раствора сульфата меди, чтобы массовая доля соли в растворе увеличилась в 3 раза?

4. Рассчитайте pH раствора муравьиной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л. Константа диссоциации муравьиной кислоты $1,77 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

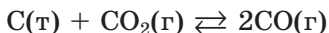
5. Даны эквимольные количества следующих солей: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4HCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NH_4NO_2 , NH_4NO_3 . Какая из этих солей при термическом разложении выделит самое большое количество воды?

6. Какой объем углекислого газа (н. у.) надо пропустить через 200 г 1,71%-го раствора гидроксида бария, чтобы масса выпавшего осадка составила 1,97 г, а раствор над осадком не давал окраски с фенолфталеином?

7. Константа равновесия реакции

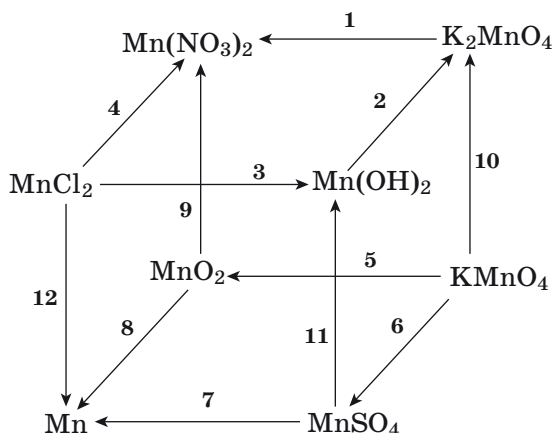


равна $3,9 \cdot 10^{-2}$ атм при 1000 К. Для реакции



при этой температуре константа равновесия равна 1,9 атм. Рассчитайте равновесные давления диоксида углерода и монооксида углерода над смесью углерода, карбоната кальция и оксида кальция при 1000 К.

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия протекания реакций.

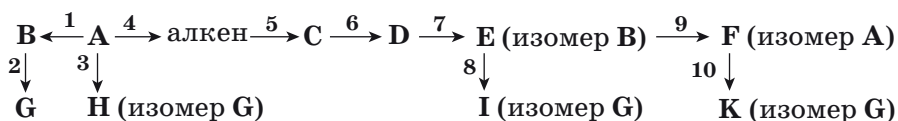


9. Принадлежность крови человека к одной из групп обусловлена наличием определенных олигосахаридов. Так, одним из олигосахаридов, определяющих принадлежность крови к группе В, является олигосахарид с относительной молекулярной массой 488. Какие моносахариды могут входить в состав этого олигосахарид?

10. В зависимости от условий проведения окисления вещества А кислородом воздуха образуются разные продукты: при прямом окислении — вещество В, при каталитическом окислении на одном катализаторе — вещество С, а на другом катализаторе — вещество D. Вещества В, С и D имеют одинаковую молярную массу. Определите вещества А, В, С и D. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

11. Соль X, полученную при растворении оксида магния в бромоводородной кислоте и выпаривании раствора, нагрели на воздухе и получили вещество Y. Определите формулы веществ и напишите уравнения реакций, если в X массовая доля брома 54,8%, в Y — 71,4%.

12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую схему превращений:



Укажите условия протекания реакций. Напишите структурные формулы всех веществ и назовите их.

ОЧНЫЙ ТУР

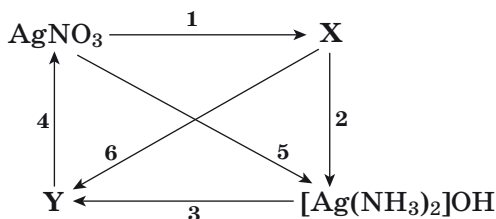
ВАРИАНТ 1

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого общее число d -электронов в 2 раза больше числа s -электронов.

2. В сосуде объемом 4,48 л при 0 °С смешали 18,25 г хлороводорода, 4 г водорода и 17 г аммиака. Определите давление газа в сосуде.

3. При концентрации раствора иодноватистой кислоты HIO 0,01 моль/л степень диссоциации кислоты 0,01%. Определите pH этого раствора.

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



Определите вещества X и Y.

5. Напишите структурную формулу изомера 3-аминобензойной кислоты, о котором известно следующее:

а) этот изомер не реагирует с раствором NaHCO_3 , но реагирует с разбавленным раствором NaOH ;

б) этот изомер не реагирует с бромной водой, но реагирует с разбавленным раствором HCl .

Напишите уравнения реакций.

6. После нагревания 22,12 г перманганата калия получили твердый остаток массой 21,16 г. Какой максимальный объем хлора (н. у.) можно получить при действии на полученную смесь 36,5%-й соляной кислоты (плотность 1,18 г/мл)? Какой объем кислоты при этом расходуется?

7. Для полного гидролиза смеси двух сложных эфиров массой 3,42 г потребовалось 20 г 10%-го раствора гидроксида натрия. При добавлении к такому же количеству смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 4,32 г осадка. Определите строение сложных эфиров и их молярные доли в исходной смеси.

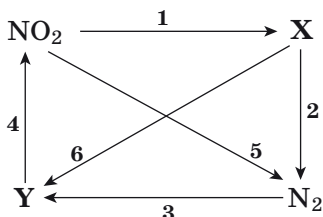
ВАРИАНТ 2

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого общее число p -электронов в 2 раза больше числа s -электронов.

2. В сосуде объемом 5,6 л при 0 °С смешали 36,5 г хлороводорода, 7,1 г хлора и 3,4 г аммиака. Определите давление в сосуде.

3. При концентрации раствора синильной кислоты HCN 0,2 моль/л степень диссоциации кислоты 0,005%. Определите pH этого раствора.

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



Определите вещества **X** и **Y**.

5. Напишите структурную формулу изомера 4-аминобензойной кислоты, о котором известно следующее:

- этот изомер не реагирует с бромной водой и с разбавленным раствором NaOH;
- этот изомер реагирует с бромной водой и с разбавленным раствором NaOH.

Напишите уравнения реакций.

6. Навеску нитрата марганца прокалили, выделившийся газ собрали. К твердому остатку добавили избыток концентрированной соляной кислоты. Выделившийся в этой реакции газ смешали с первым газом; объем этой газовой смеси 3,36 л (н. у.), плотность 2,426 г/л. Какова масса исходной навески нитрата марганца?

7. Соединение содержит 57,83% углерода, 3,62% водорода (по массе) и кислород. Образец этого вещества массой 3,32 г может без остатка прореагировать с 20 мл 2 М раствора гидроксида калия; при нагревании такого же образца до 200 °С его масса уменьшается до 2,96 г. Установите строение этого соединения.

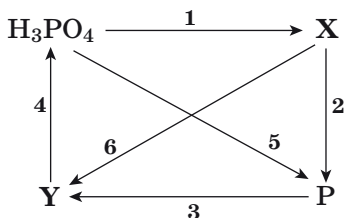
ВАРИАНТ 3

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого общее число *s*-электронов в 4 раза больше числа *d*-электронов.

2. В сосуде объемом 6,72 л при 0 °С смешали 8,1 г бромоводорода, 6 г этана и 9,3 г метиламина. Определите давление в сосуде.

3. При концентрации раствора хлорноватистой кислоты HClO 0,0034 моль/л степень диссоциации кислоты 0,294%. Определите pH этого раствора.

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и укажите условия их протекания:



Определите вещества **X** и **Y**.

5. Напишите структурную формулу изомера 4-аминобензойной кислоты, о котором известно следующее:

- этот изомер не реагирует с разбавленным раствором HCl и с разбавленным раствором NaOH ;
- этот изомер не содержит аминогруппу, но реагирует с разбавленным раствором NaOH и с разбавленным раствором HCl .

Напишите уравнения реакций.

6. Навеску дихромата калия прокалили, выделившийся газ собрали. К твердому остатку добавили избыток концентрированной соляной кислоты. Газ, полученный в этой реакции, смешали с первым газом; объем газовой смеси составил 10,08 л (н. у.), плотность 2,589 г/л. Какова масса исходной навески дихромата калия?

7. Соединение содержит 41,38% углерода, 3,45% водорода (по массе) и кислород. Образец массой 2,32 г может без остатка прореагировать с 20 мл 2 М раствора гидроксида натрия или с 160 г 2%-го раствора бромной воды; при нагревании такого же образца до 100 °С его масса уменьшается до 1,96 г. Установите строение соединения.

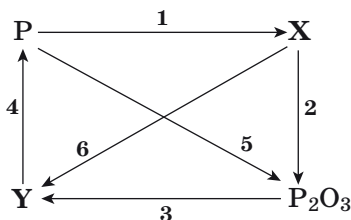
ВАРИАНТ 4

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого общее число p -электронов в 2 раза больше числа d -электронов.

2. В сосуде объемом 8,96 л при 0 °С смешали 16,2 г бромоводорода, 2 г водорода и 12,4 г метиламина. Определите давление в сосуде.

3. При концентрации раствора бромноватистой кислоты HBrO 0,05 моль/л степень диссоциации кислоты 0,02%. Определите pH этого раствора.

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и укажите условия их протекания.



Определите вещества X и Y.

5. Напишите структурную формулу изомера 2-аминобензойной кислоты, о котором известно следующее:

- этот изомер не реагирует с разбавленным раствором HCl , но реагирует с разбавленным раствором NaOH ;
- этот изомер не реагирует с разбавленным раствором NaOH , но реагирует с разбавленным раствором HCl .

Напишите уравнения реакций.

6. Навеску нитрата серебра прокалили, выделившийся газ собрали. К твердому остатку добавили избыток концентрированной азотной кислоты. Газ, полученный в этой реакции, смешали с первым газом; объем полученной газовой смеси составил 5,6 л (н. у.), плотность 1,929 г/л. Какова масса исходной навески?

7. Соединение содержит 40,68% углерода, 5,08% водорода (по массе) и кислород. Образец этого вещества массой 3,54 г может без остатка прореагировать с 30 мл 2 М раствора гидроксида натрия; при нагревании такого же образца до 250 °С его масса уменьшается до 3,00 г. Установите строение этого соединения.

ВАРИАНТ 5

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбужденном состоянии, у которого число *s*-электронов и *d*-электронов равно.

2. В сосуде объемом 13,44 л при 0 °С смешали 25,6 г иодоводорода, 6 г водорода и 15,5 г метиламина. Определите давление в сосуде.

3. Константа равновесия реакции $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ при некоторой температуре равна 2,0. Рассчитайте массу воды, которую нужно добавить в сосуд объемом 50 л, содержащий 70 г СО и 5 г H_2 , чтобы после установления равновесия степень превращения СО в CO_2 составила 60%.

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и укажите условия их протекания. Определите вещество X.



5. Напишите структурную формулу изомера 4-аминобензойной кислоты, о котором известно следующее:

а) этот изомер не реагирует с раствором NaHCO_3 , но реагирует с разбавленным раствором HCl ;

б) этот изомер не реагирует с разбавленным раствором H_2SO_4 , но реагирует с разбавленным раствором KOH .

Напишите уравнения реакций.

6. При прокаливании навески смеси дихромата калия и дихромата аммония выделился газ, плотность которого равна плотности воздуха (при 25 °С). При обработке такой же навески соляной кислотой, взятой в избытке, выделился газ объемом 488,9 мл (25 °С, 1 атм). Определите массу навески исходной смеси дихроматов и ее состав (в масс. %).

7. Для полного гидролиза 7,19 г смеси двух сложных эфиров потребовалось 80 г 7%-го раствора гидроксида калия. При добавлении к такому же количеству смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 3,24 г осадка. Определите строение сложных эфиров и их содержание в исходной смеси в мольных процентах.

ОЛИМПИАДА «ЛОМОНОСОВ»

ЗАОЧНЫЙ ТУР

1. Напишите формулы веществ, в которых атом кислорода имеет степень окисления: а) +2; б) +1; в) -1; г) $-\frac{1}{2}$; д) $-\frac{1}{3}$. Какое строение имеют эти вещества — молекулярное или немолекулярное?

2. В оксиде какого элемента самая большая массовая доля кислорода? Какой оксид находится на втором месте по этому показателю?

3. В природе известны два устойчивых изотопа водорода и три устойчивых изотопа кислорода. Сколько существует разных типов устойчивых молекул воды?

4. При растворении металла в избытке соляной кислоты выделилось 4,48 л газа (н. у.) и образовалось 17,8 г хлорида. Какой металл был взят?

5. Напишите структурные формулы шести веществ состава C_3H_6O , относящихся к разным классам органических соединений. Какие из них могут существовать в виде оптических изомеров?

6. Даны разбавленные растворы одинаковой молярной концентрации следующих веществ: $LiOH$, $(CuOH)_2CO_3$, $Na[Al(OH)_4]$, KOH , $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$. В каком растворе концентрация гидроксильных групп самая большая?

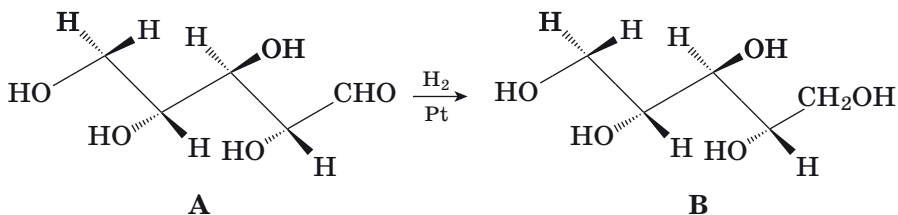
7. Какие вещества реагируют с $KMnO_4$: HCl , K_2SO_3 , CO_2 , KNO_3 , $CH_2=CH-CH_3$, $C_6H_5CH_3$? Напишите уравнения всех возможных реакций и укажите условия их протекания.

8. При растворении 62,4 г смеси оксида железа(II, III) и оксида железа(III) в 500 г 80%-й серной кислоты получили раствор массой 556 г. Определите массовую долю соли в этом растворе.

9. Смешали газообразные вещества A_2 и B_2 в молярном соотношении 2 : 1; после установления равновесия число гетероядерных молекул AB в смеси оказалось равным общему числу гомоядерных молекул. Рассчитайте константу равновесия реакции $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$. Если при тех же условиях вещества A_2 и B_2 смешать в равных количествах, во сколько раз гетероядерных молекул будет больше?

10. Для полного гидролиза 5,8 г сложного эфира потребовалось 40 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Раствор после гидролиза нагрели с избытком подкисленного раствора перманганата калия, при этом выделилось 4,48 л (н. у.) углекислого газа. Установите строение сложного эфира, напишите уравнения реакций гидролиза и окисления.

11. При гидрировании соединения A на платиновом катализаторе образуется соединение B . Сколько асимметрических центров в соединениях A и B ? Сколько стереоизомеров у этих соединений? Проявляют ли оптическую активность соединения A и B ? Ответы поясните.



12. Монослой графита — двумерную сетку правильных шестиугольников из атомов углерода — называют графеном. В 2004 г. А. Гейм и К. Новосёлов, работающие в Англии, смогли выделить такой слой из монокристалла графита и поместить эту тончайшую пленку на поверхность кремниевой подложки. В октябре 2010 г. это достижение было отмечено Нобелевской премией по физике.

- 1) Какова валентность углерода в графене?
- 2) Рассчитайте массу графенового квадрата размером 10×10 мм. Длину связи С—С в графите найдите в справочной литературе.
- 3) В графене углерод для насыщения своих свободных валентностей способен образовывать связи с газообразными веществами. Какое максимальное число атомов водорода может присоединить графеновый квадрат со стороной 10 мм?

ОЧНЫЙ ТУР

ВАРИАНТ 1

1. Предложите формулы двух соединений, в состав которых входят положительные ионы с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ и отрицательные ионы с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6$. Напишите уравнения реакций образования этих соединений из простых веществ.

2. Приведите примеры уравнений двух реакций, в результате которых из жидкого и твердого (при комнатной температуре) соединений можно получить соли.

3. Смесь цинка и нитрата цинка прокалили на воздухе, при этом масса смеси не изменилась. Определите массовые доли компонентов в исходной смеси.

4. Какой объем раствора азотной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/л необходимо прилить к 500 мл воды для получения раствора с pH 3 (25 °C)?

5. Имеется смесь Al, Fe и Cu. Как химическим путем выделить каждый из металлов в индивидуальном виде? Опишите ход проведения процесса и напишите уравнения реакций.

6. Установите строение трипептида, в котором число атомов углерода в 2,8 раза больше числа атомов азота и в 3,5 раза больше числа

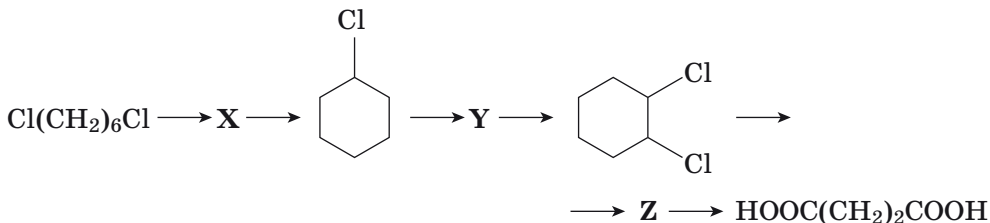
атомов кислорода. При частичном гидролизе этого трипептида образуются два изомерных дипептида; для полного гидролиза 1 моль трипептида требуется 3 моль гидроксида калия.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



Укажите условия их протекания. Определите вещества X и Y.

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Укажите структурные формулы всех веществ и условия протекания реакций. Определите вещества X, Y и Z.



9. В колбу с горячей 90%-й серной кислотой внесли смесь меди и оксида железа(II). После полного растворения смеси в кислоте масса раствора в колбе увеличилась на 12,0 г. Такую же навеску исходной смеси внесли в другую колбу с горячей 90%-й азотной кислотой. После полного растворения смеси масса раствора в колбе увеличилась на 5,0 г. Определите массу исходной смеси.

10. К образцу одноосновной карбоновой кислоты массой 15,6 г добавили водный раствор гидроксида кальция. Раствор упарили, осадок прокалили при 401 °С, при этом выделилась смесь газов (плотность 0,47 г/л) и остался твердый остаток массой 21,0 г. При добавлении к этому остатку избытка соляной кислоты выделилось 5,08 л газа (плотность 1,82 г/л при 22 °С). Определите карбоновую кислоту и рассчитайте количество газа, выделившегося при прокаливании осадка. Все процессы проводили при давлении 1 атм.

ВАРИАНТ 2

1. Предложите формулы двух соединений, в состав которых входят только ионы с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6$. Напишите уравнения реакций образования этих соединений из простых веществ.

2. Приведите примеры уравнений двух реакций, в результате которых из двух жидких (при комнатной температуре) соединений можно получить кислоты.

3. Смесь хрома и нитрата хрома(III) прокалили на воздухе, при этом масса смеси не изменилась. Определите массовые доли компонентов в исходной смеси.

4. Какой объем раствора гидроксида лития (молярная концентрация 1,2 моль/л) необходимо прилить к 750 мл воды для получения раствора с pH 13 (25 °C)?

5. Имеется смесь Fe, Zn и Cu. Как химическим путем выделить каждый металл в индивидуальном виде? Опишите ход проведения процесса. Напишите уравнения реакций.

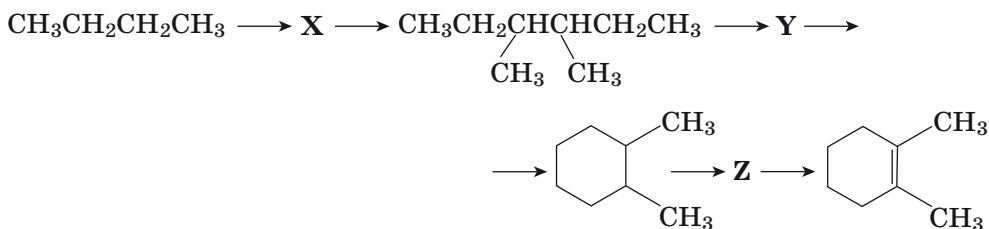
6. Установите строение трипептида, если известно, что число атомов углерода в нем в 3 раза больше числа атомов азота и в 1,8 раза больше числа атомов кислорода. При частичном гидролизе этого пептида образуются два изомерных дипептида; для полного гидролиза 1 моль этого трипептида требуется 3 моль гидроксида калия.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



Укажите условия их протекания. Определите вещества X и Y.

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



Укажите структурные формулы всех веществ и условия протекания реакций. Определите вещества X, Y и Z.

9. В колбу с горячей 85%-й серной кислотой внесли смесь гидроксида железа(II) и оксида меди(I). После полного растворения смеси в кислоте масса колбы с раствором увеличилась на 19,6 г. Точно такую же навеску исходной смеси внесли в другую колбу с горячей 85%-й азотной кислотой. После полного растворения смеси масса колбы с раствором увеличилась на 14 г. Определите массу навески исходной смеси.

10. К одноосновной карбоновой кислоте массой 96,0 г добавили водный раствор гидроксида бария. Раствор упарили, осадок прокалили при 380 °C, при этом выделилась смесь газов (плотность 0,56 г/л) и остался твердый остаток массой 236,4 г. При добавлении к этому остатку избытка соляной кислоты выделилось 29,04 л газа (плотность 1,82 г/л при 22 °C). Определите карбоновую кислоту и рассчитайте количество газа, выделившегося при прокаливании осадка. Все процессы проводили при давлении 1 атм.

ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ) ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ВАРИАНТ 1

1. Приведите формулы двух газообразных (при н. у.) веществ, плотность каждого из которых равна плотности пропана.

2. Сколько протонов и электронов содержит хлорат-ион ClO_3^- ? Напишите уравнение реакции, в которой этот ион — окислитель.

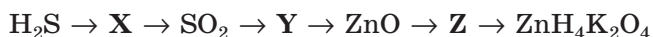
3. Напишите уравнения электролиза водного раствора: а) иодида стронция; б) сульфата лития.

4. Установите строение природной аминокислоты, в реакции которой с этиловым спиртом образуется соединение, молярная масса которого на 37,33% больше молярной массы исходной кислоты.

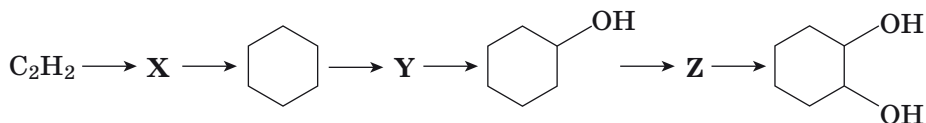
5. В реакционный сосуд объемом 1 л поместили 1,5 моль CO , 2,5 моль H_2O и 1 моль CO_2 . При некоторой температуре установилось равновесие $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$. Степень превращения CO в CO_2 составила 60%. Рассчитайте константу равновесия этой реакции при данной температуре.

6. Рассчитайте температурный коэффициент Вант-Гоффа химической реакции в температурном интервале 12–52 °С, если энергия активации этой реакции 96,5 кДж/моль.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



Укажите структурные формулы всех веществ и условия протекания реакций.

9. Сплав алюминия с цинком массой 4,57 г полностью растворили в 43,75 мл 70%-го раствора азотной кислоты (плотность 1,44 г/мл). В реакции выделилось 7,68 л газа (15 °С, 1 атм). К раствору добавили 35 г гидрокарбоната натрия. Рассчитайте молярные доли металлов в сплаве, массу осадка и объем газа (15 °С, 1 атм) после реакции с гидрокарбонатом натрия. Напишите уравнения реакций.

10. Смесь газов, образовавшихся при сжигании образца органического соединения X массой 2,96 г, пропущена последовательно че-

рез трубку с оксидом фосфора(V) и склянку с раствором гидроксида кальция. При этом масса трубки увеличилась на 3,6 г, в склянке образовался осадок массой 12,0 г, объем непоглощенного газа Y 984 мл (25 °С, 101,3 кПа). При добавлении к такому же образцу X избытка раствора азотистой кислоты образуется органическое соединение Z и выделяется вдвое больший объем газа Y (условия измерения те же). Установите состав X и Y. Напишите возможные структурные формулы этих соединений.

ВАРИАНТ 2

1. Приведите формулы двух газообразных (при н. у.) веществ, каждое из которых вдвое тяжелее аммиака.

2. Сколько протонов и электронов содержит бромат-ион BrO_3^- ? Напишите уравнение реакции, в которой этот ион — окислитель.

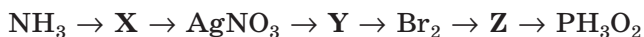
3. Напишите уравнения электролиза водных растворов: а) сульфата магния; б) хлорида меди(II).

4. Установите строение природной аминокислоты, в реакции которой с этиловым спиртом образуется соединение, молярная масса которого на 18,54% больше молярной массы исходной кислоты.

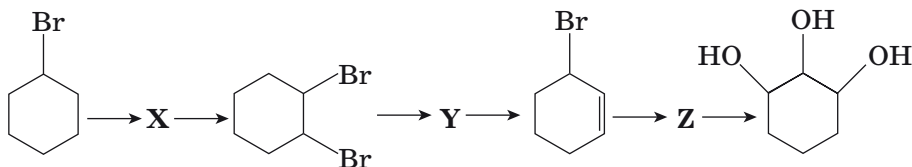
5. В реакционный сосуд объемом 1 л поместили 2 моль SO_2 , 3 моль CO_2 и 1,5 моль CO. При некоторой температуре установилось равновесие $\text{SO}_2(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{г}) + \text{CO}(\text{г})$. Степень превращения SO_2 в SO_3 составила 70%. Рассчитайте константу равновесия этой реакции при данной температуре.

6. Рассчитайте энергию активации химической реакции, если известно, что в интервале 12–52 °С температурный коэффициент Вант-Гоффа равен 3,5.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



Укажите структурные формулы всех веществ и условия протекания реакций.

9. Сплав хрома с серебром массой 3,44 г полностью растворили в 22,94 мл 60%-го раствора азотной кислоты (плотность 1,373 г/мл).

[. . .]



Это уникальное издание подготовлено авторским коллективом профессоров и преподавателей химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Все авторы входят в экзаменационную комиссию по химии и принимают самое непосредственное участие в проведении вступительных экзаменов и химических олимпиад.

В пособии две части. В первой части представлены все варианты заданий, использованных на вступительных экзаменах и федеральных химических олимпиадах, проводимых Московским университетом, за шесть лет. Во второй части для всех заданий приведены подробные решения, указания к решению и ответы.

Для учащихся старших классов общеобразовательных школ, лицеев и гимназий, студентов колледжей и слушателей подготовительных курсов, преподавателей химии.

Пособие можно рекомендовать поступающим в вузы для углубленной подготовки к ЕГЭ, вступительным экзаменам по химии, а также к участию в химических олимпиадах.