

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт химии

Авторы-составители:

Кожина Л.Ф., Черкасов Д.Г., Штремплер Г.И., Крылатова Я.Г.,
Косырева И.В., Аниськов А.А.

УЧИМСЯ УЧИТЬСЯ

Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады
школьников по химии 2014 года

Учебно-методическое пособие

Саратов

2015

УДК 372.8:54
К58

Авторы-составители:

Кожина Л.Ф., Черкасов Д.Г., Штремплер Г.И., Крылатова Я.Г., Косырева И.В., Аниськов А.А.

Учимся учиться. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии 2014 года. Учебно-методическое пособие.

Электронный ресурс. Саратов. – 2015. – 54 с.

Данное пособие содержит задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников 7-11 классов по химии 2014 года, составленные преподавателями ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского». Подробно представлены решения задач с комментариями, обсуждающими знания и умения, необходимые учащимся для успешного выполнения задания. Пособие будет полезно школьникам и учителям для подготовки к олимпиадам различного уровня и развития интереса к химическим наукам.

Содержание

От авторов.....	4
Глава 1. Задания с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии для учащихся 7 классов	7
Глава 2. Задания с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии для учащихся 8 классов	12
Глава 3. Задания с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии для учащихся 9 классов	20
Глава 4. Задания с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии для учащихся 10 классов	32
Глава 5. Задания с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии для учащихся 11 классов	43

Истинный химик должен уметь доказывать
познанное, т.е. давать ему объяснение....

М.В. Ломоносов

Природа говорит языком математики.
Буквы этого языка – круги, треугольники и
иные математические фигуры.

Галилео Галилей

ОТ АВТОРОВ

История развития движения химических олимпиад школьников имеет свое начало с 40-60-х годов 20 века. В течение последних лет, с 2007 года, проводятся четыре этапа химической олимпиады: школьный, муниципальный, региональный и заключительный Всероссийский этап. Первые два этапа являются наиболее массовыми. На этих этапах в основном принимают участие учащиеся, которые заинтересованы химией и желают развить свои познания в этой области. При проведении олимпиад такого уровня основным стремлением команды, которая организует и проводит олимпиады, является создание условий для развития, самореализации, самоутверждения учащихся и формирования у них чувства удовлетворения от своего участия. Уровень сложности задания должен учитывать принцип посильности и творческой самостоятельности учащихся. Содержание задач олимпиад должно быть шире и глубже школьного курса химии, содержать задачи разного типа, вызывать у школьников желание к получению новых знаний. Обязательно должна быть задача или разделы (вопросы) в каждой задаче «утешительного» типа. Уровень сложности таких заданий позволяет их выполнить большей части учащихся. Это необходимо для того, чтобы школьники не потеряли интерес к участию в олимпиадах и желание к дальнейшему изучению химии. Учащиеся должны понимать, что для достижения положительных результатов, они должны работать не только в

школе на уроках химии, но и самостоятельно. Кроме того, участники олимпиады должны понимать, что им необходимы также и знания по физике, математике и другим смежным дисциплинам. Немецкий учёный и публицист Георг Лихтенберг сказал: «Кто не понимает ничего, кроме химии, тот и ее понимает недостаточно». Эти слова, как нельзя лучше, отражают современное место химии среди других наук, – сегодня она находится в центре наук. Сложное переплетение, проникновение химии практически во все отрасли промышленности – отличительный признак современной химической науки.

Независимо от результатов участия в олимпиаде, школьникам необходимы встречи со своими сверстниками-любителями химии. Для обучения и воспитания участников будущих олимпиад полезно знакомство с условиями и решениями задач прошедших олимпиад. Именно этим и вызвано желание команды преподавателей университета, которая принимала участие в организации и проведении муниципального этапа олимпиады школьников по химии 2014 г по Саратовской области, составить комбинированные задачи, содержание которых базируется на школьных программах химии. Команда придерживалась основного постулата Всероссийской химической олимпиады: олимпиадная задача должна быть развивающей, обучающей и воспитывающей.

Настоящее пособие составлено на основе муниципального этапа олимпиады школьников по химии 2014 г по г. Саратову и Саратовской области. Оно содержит задачи, которые предлагались учащимся 7-х, 8-х, 9-х, 10-х и 11-х классов. Тексты задач приводятся почти в том же виде, в каком были предложены на олимпиаде. Решения задач изложены так, чтобы они были доступными для понимания и убедительными для школьников с любым уровнем подготовки.

Авторы-составители надеются, что данное пособие окажется полезным как школьникам, так и преподавателям химии, которые работают в школах, лицеях и гимназиях.

Принятые обозначения и размерности величин

Обозначение	Название	Размерность
n	количество вещества	моль
M	молярная масса	г/моль
ω	массовая доля	безразмерная величина
ρ	плотность	г/мл; г/см ³ ; кг/дм ³ ; кг/л
m	масса	г; кг; т
V	объем	мл; см ³ ; дм ³ , л; м ³
V_m	молярный объем газа	л/моль
N_A	число Авогадро	моль ⁻¹
φ	объемная доля	безразмерная величина
P	давление	атм; мм рт.ст; Па; кПа
T	температура	К
t	температура	°С

**ГЛАВА 1. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 7 КЛАССОВ**

Задание 7-1

Для пайки металлических деталей и предметов применяют сплав, содержащий 2 части свинца и 5 частей олова. Какую массу свинца, и какую массу олова содержит образец сплава, в котором свинца на 150 г меньше, чем олова? Решите задачу двумя способами. (4 балла).

Решение

Способ 1. Пусть масса свинца в сплаве x г; тогда масса олова составит:

$$\frac{x}{2} \cdot 5 \text{ г.}$$

Составим и решим уравнение:

$$\frac{x}{2} \cdot 5 - x = 150; 5x - 2x = 300.$$

Отсюда x (то есть масса свинца в образце сплава) равен 100 г, масса олова – 250 г.

Ответ: 100 г; 250 г.

(2 балла)

Способ 2. 1. Определим, на сколько частей (по массе) свинца в сплаве меньше, чем олова:

$$5 - 2 = 3.$$

2. Определим массу свинца в сплаве.

$$\frac{150}{3} \cdot 2 = 100 \text{ (г)}.$$

3. Определим массу олова в образце сплава.

$$100 + 150 = 250 \text{ (г)}.$$

Ответ: 100 г; 250 г.

(2 балла)

Задание 7-2

Логогрифы, это два или несколько слов, которые образуются из исходного слова (имя существительное) путем добавления или выбрасывания слогов или букв из этого слова так, чтобы получилось новое слово (также имя существительное). Например, задумано слово **УРАН**. Подставив к этому

слову букву **Б**, получим слово **БУРАН**. Отбросив от слова **МЫШЬЯК** две буквы **Я** и **К**, получим слово **МЫШЬ**. Пары слов: **УРАН – БУРАН; МЫШЬЯК - МЫШЬ** образуют логогрифы.

Ваша задача составить 10 логогрифов. При этом исходным словом обязательно должно быть название химического элемента. (Максимально – 10 баллов).

Решение

Золото – лото; Серебро – ребро; Бор – забор; Медь – камедь; Кобальт – альт; Платина – тина; Фтор – тор; Селен – селение; Сера – сфера; Ксенон – сено.

Задание 7-3

Начертите и заполните таблицу.

Название кислоты	Формула кислоты	Молярная масса кислоты, г/моль	Массовая доля водорода в кислот, %
Серная кислота			
Азотная кислота			
Соляная кислота			
Фосфорная кислота			

(Максимальная оценка – 6 баллов).

Решение

Название кислоты	Формула кислоты	Молярная масса кислоты, г/моль	Массовая доля водорода в кислоте, %
Серная кислота	H_2SO_4	98	2,0
Азотная кислота	HNO_3	63	1,6
Соляная кислота	HCl	36,5	2,7
Фосфорная кислота	H_3PO_4	98	3,1

(6 баллов)

Задание 7-4

Решите головоломку «СЕМЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ»



Для решения этой головоломки впишите по горизонтали названия четырех металлов и название одного неметалла таким образом, чтобы по диагонали можно было прочесть названия еще двух металлов. При этом названия всех семи химических элементов должны оканчиваться на **–ИЙ**.

Ответ запишите в виде записи слов по горизонтали и диагоналям. (Оценивается только полностью правильный ответ – 10 баллов).

Решение

По горизонтали: ЦЕЗИЙ, ГЕЛИЙ, БАРИЙ, РОДИЙ, ТУЛИЙ. По диагоналям: ЦЕРИЙ, ТОРИЙ. **(10 баллов)**

Задание 7-5

В одной из школ Саратова 70% выпускников решили сдавать ЕГЭ по истории, 75% - по биологии, 80% - по иностранному языку и 85% выпускников выбрали химию. Сколько учеников (определите минимальное значение в процентах) решили сдавать ЕГЭ по всем четырем предметам? Приведите подробное обоснование вашего рассуждения. (10 баллов).

Решение

Допустим, что ученики решили сдавать только два экзамена: историю и биологию. Тогда минимальная доля учеников, решивших сдавать оба экзамена, будет равна $70\% + 75\% - 100\% = 45\%$. Аналогично, минимальное число учеников, решивших сдавать историю, биологию и иностранный язык будет составлять $45\% + 80\% - 100\% = 25\%$. Соответственно, минимальная доля учеников, которые решились на сдачу всех четырех предметов, определится выражением $25\% + 85\% - 100\% = 10\%$.

Ответ: 10%

Возьмите на заметку!

В олимпиаде данного этапа принимают участие учащиеся 7-х классов. Они еще не владеют в нужной степени химическими знаниями.

Задание 7-1 направлено на связь с математикой и умение логически мыслить и четко выражать свои мысли.

Задание 7-2 относится к логическим химическим заданиям, развивающим межпредметные связи и формирующим интерес у учащихся к дальнейшему изучению химии, запоминанию названий и символов химических элементов. Работая с таблицей химических элементов Д.И.Менделеева, учащиеся осваивают знания о расположении и размещении элементов в таблице.

Задание 7-3 содержит вопросы как качественного, так и расчетного характера. Поставленные перед учащимися вопросы предусматривают знание формул наиболее распространенных неорганических кислот, а также алгоритма расчета молярных масс вещества и массовой доли элементов в соединении. Для подсказки у учащихся имеется таблица растворимости с указанием формул катионов и анионов, а так же периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева. Владея элементарными знаниями по химии и математики, учащиеся должны достаточно легко справиться с предложенным заданием.

Задание 7-4 предложено в форме увлекательной головоломки. «Изюминкой» этого задания является необходимость выбрать и расставить элементы таким образом, чтобы по диагонали можно было прочесть названия еще двух металлов. Для решения этого задания учащиеся должны иметь знания о классификации элементов на металлы и неметаллы. В помощь учащимся предлагается периодическая таблица химических элементов Д.И.Менделеева.

Задание 7-5 является чисто математическим и основано на владении основными арифметическими действиями, на логическом мышлении и смекалке.

Предложенные задания являются развивающими, обучающими и воспитывающими учащихся в области химических знаний.

ГЛАВА 2. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 8 КЛАССОВ

Задание 8-1

Опишите 4 химических реакций (процессов), которые регулярно используют в быту, и один химический опыт, который вы проделали самостоятельно своими руками. Ответ оформите в виде таблицы (5 баллов).

Название реакции (опыта)	Исходные вещества	Продукты реакции	Признаки реакции	Значение реакции	Правила техники безопасности
1.					
2.					
3.					
4.					
5 (Опыт)					

Решение

Варианты всех пяти ответов у участников могут быть различными. В один балл оценивается только правильный и полный ответ, без приведения уравнений реакций.

Например: Первая реакция: а) гашение соды уксусом; б) сода и уксус; в) образуется углекислый газ; г) наблюдается вспенивание смеси; д) реакция применяется в кулинарии; е) нельзя проливать уксус на тело или на стол, не пробовать вещества на вкус.

(всего не более **5 баллов**)

Задание 8-2

Проверяя свои знания по химии, ученик 8 класса написал по памяти химические знаки и формулы простых и сложных веществ общим числом 21. В этом перечне меньше всего оказалось СОЛЕЙ; в большинстве также не

оказались формулы ОСНОВАНИЙ и знаки НЕМЕТАЛЛОВ. Число знаков МЕТАЛЛОВ оказалось на 2 больше, чем формул СОЛЕЙ, и на 2 меньше, чем формул ОСНОВАНИЙ. По численности формулы КИСЛОТ превосходили число формул ОКСИДОВ, которых было меньше, чем химических знаков НЕМЕТАЛЛОВ.

Вопрос 1. Определите, сколько химических знаков МЕТАЛЛОВ и НЕМЕТАЛЛОВ и формул КИСЛОТ, СОЛЕЙ, ОСНОВАНИЙ и ОКСИДОВ вспомнил ученик. (5 баллов).

Вопрос 2. «Вспомните и вы соответствующее число химических знаков МЕТАЛЛОВ и НЕМЕТАЛЛОВ и формул КИСЛОТ, СОЛЕЙ, ОСНОВАНИЙ и ОКСИДОВ; запишите в столбик их формулы и названия. (10 баллов).

Вопрос 3. Запишите 5 уравнений возможных реакций (по вашему выбору) между любыми двумя веществами из вашего перечня. (5 баллов).

Решение

Вопрос 1. Из текста задания следует, что число солей - наименьшее, пусть оно равно 1; тогда число металлов – 3, оснований – 5. Исходя из общего числа химических знаков, формул и других данных по условию задачи: кислот – 6; неметаллов – 4; оксидов – 2 (всего - 21).

Примечание. Только за полный правильный ответ на первый вопрос начисляется **5 баллов**. В противном случае баллы не начисляются, и вопросы 2, 3 не проверяются. Участник получает 0 баллов.

Вопрос 2. Участник может по своему усмотрению составить перечень знаков, формул и названий любых (21) веществ; за полное правильное написание символов элементов и формул соединений с указанием названий начисляется **10 баллов**.

Вопрос 3. Участник может записать по своему усмотрению уравнения 5 реакций между любыми веществами из составленного списка. За правильное написание каждого уравнения начисляется **один балл**, но не более **5 баллов**.

Задание 8-3

Для проведения реакции восстановления водородом меди из оксида меди (II) было взято 3,2 г оксида. Масса полученного металла оказалась равной 2,4 г. О чем можно судить по результатам этого эксперимента? (8 баллов).

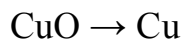
Решение

1. Определим массовые отношения оксида меди и меди по условию задачи и по уравнению реакции.

а) По условию задачи:

$$m(\text{CuO}):m(\text{Cu}) = 3,2:2,4 = 1,33:1,00 \quad (1 \text{ балл})$$

б) По уравнению:



$$80 \quad 64$$

$$m(\text{CuO}):m(\text{Cu}) = 80:64 = 1,25:1,00 \quad (1 \text{ балл})$$

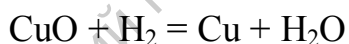
2. Массовое отношение оксида меди и меди по уравнению реакции меньше, чем по данным условия задачи.

$$1,25:1,00 < 1,33:1,00 \quad (2 \text{ балла})$$

3. Отсюда можно сделать предположения, что либо оксид меди, взятый для эксперимента, содержал примеси, либо не вся медь из взятой навески оксида подвергалась восстановлению, или же при получении продукта реакции часть его была потеряна (4 балла).

Другой вариант решения

Запишем уравнение химической реакции:



Зная массу оксида меди и полученной меди, рассчитаем количество вещества оксида меди и полученной меди:

$$n = m(\text{CuO})/M(\text{CuO}) = 3,2 \text{ г} / 80 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ моль}$$

$$n = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 2,4 \text{ г} / 64 \text{ г/моль} = 0,0375 \text{ моль}$$

По уравнению реакции количество вещества оксида меди должно быть равно количеству вещества меди, образовавшейся в ходе химической реакции, т.е. $n(\text{CuO}) = n(\text{Cu})$. Сравнивая полученные расчетные данные, можно сделать

предположения, что либо оксид меди, взятый для эксперимента, содержал примеси, либо не вся медь из взятой навески оксида подвергалась восстановлению, или же при получении продукта реакции часть его была потеряна.

Задание 8-4

Юный химик готовился к занятиям кружка и обнаружил, что некоторые вопросы, заданные преподавателем для самостоятельной работы, вызывают у него затруднения. А как вы ответили бы на эти вопросы? (10 баллов).

Вопрос 1. Путем химического анализа установлен состав соли: $\text{H}_9\text{O}_4\text{N}_2\text{P}$. Как видоизменить эту формулу, чтобы было видно, что это соль? Составьте название этой соли, напишите уравнение диссоциации и предложите качественные реакции для обнаружения ионов в растворе.

Вопрос 2. Одну из двух одинаковых склянок, емкостью 0,5 л заполнили концентрированной серной кислотой, а другую – соляной кислотой. При этом допустили небрежность, заранее не наклеили этикетки на склянки. Как можно выяснить, какой кислотой заполнена каждая склянка, не проводя химических реакций и не открывая склянки?

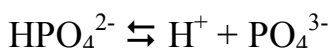
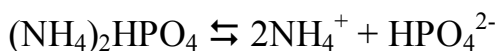
Вопрос 3. Дайте химическое объяснение, почему вещество NaHCO_3 в быту называют чайной содой, используют для полоскания горла?

Вопрос 4. Почему при добавлении лимона в чай наблюдается уменьшение интенсивности окраски раствора?

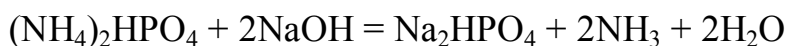
Решение

Вопрос 1. Предлагаемую формулу $\text{H}_9\text{O}_4\text{N}_2\text{P}$ можно представить $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ как кислую соль фосфорной кислоты: гидроортофосфат аммония.

Диссоциация соли происходит в две стадии:

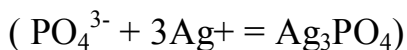


Качественной реакцией для обнаружения катиона аммония является взаимодействие с раствором щелочи:



Признак реакции – выделение аммиака (запах или фенолфталеин)

Качественной реакцией для обнаружения фосфат-ионов является взаимодействие с нитратом серебра:



Признак реакции – осадок желтого цвета фосфата серебра Ag_3PO_4 . (4 балла)

Вопрос 2. Плотность концентрированного раствора серной кислоты – 1,96 г/мл. Масса раствора – 500 мл x 1,96 г/мл = 980 г.

Плотность раствора концентрированной соляной кислоты – 1,19 г/мл.

Масса раствора – 500 мл x 1,19 г/мл = 595 г.

Для выяснения какой кислотой заполнена каждая склянка, не проводя химических реакций и не открывая склянки, нужно взять в руки склянки, и в более тяжелой склянке будет находиться серная кислота. (3 балла)

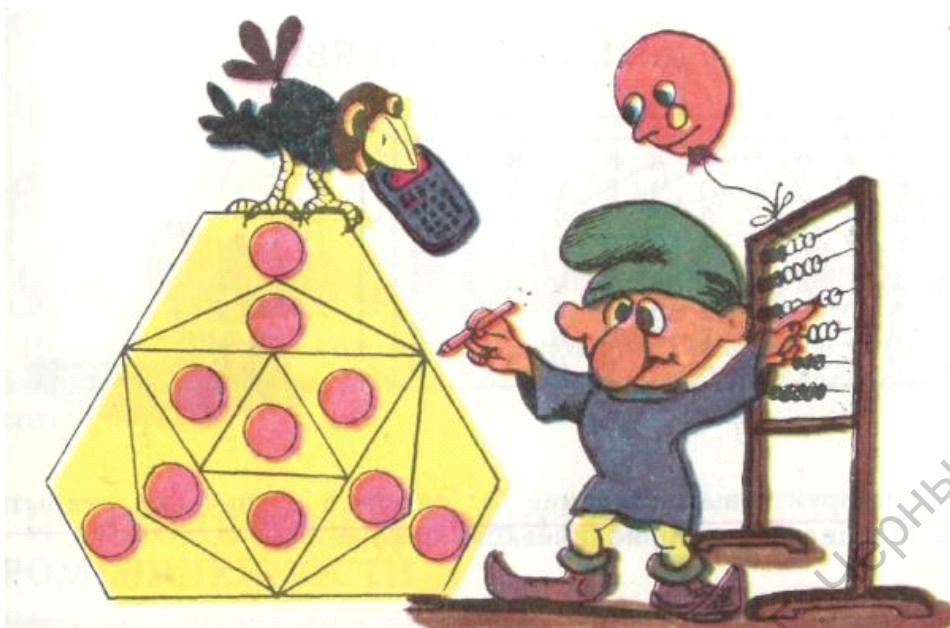
Вопрос 3. NaHCO_3 – образует слабо щелочную среду за счет процесса гидролиза:

$\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ не вызывает ожога слизистой оболочки рта и гортани. При добавлении в раствор чая способствует более интенсивной окраски раствора. Этой свойство и использовали при заварке чайного напитка, т.к. чай стоил дорого. (1,5 балла)

Вопрос 4. При добавлении к чаю лимона наблюдается обесцвечивание раствора, это обусловлено тем, что чай является природным индикатором, который меняет окраску в зависимости от среды раствора. (1,5 балла)

Задание 8-5

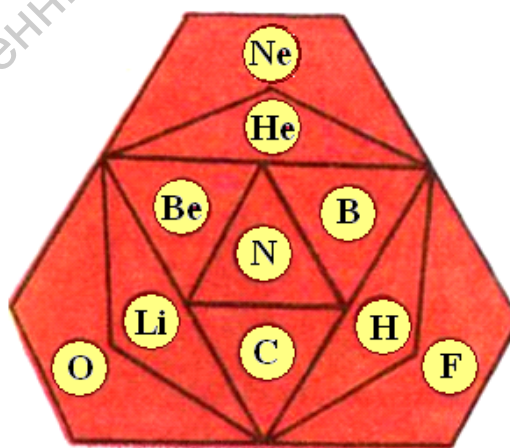
Головоломка «Химия + математика»



Расположите в кружки, на рисунке, химические знаки элементов первых двух периодов периодической системы так, чтобы суммы порядковых номеров этих элементов в четырех шестиугольниках были равны (10 баллов).

Решения

Сумма порядковых номеров химических элементов в каждом из четырех шестиугольников равна 28.



Первый шестиугольник - He, Be, N, C, Li, H, B ($2+4+7+6+3+1+5=28$)

Второй шестиугольник - O, Li, Be, N, C ($8+3+4+7+6=28$)

Третий шестиугольник - F, H, B, N, C ($9+1+5+7+6=28$)

Четвертый шестиугольник - Ne, He, Be, N, B ($10+2+4+7+5=28$)

(10 баллов)

Возьмите на заметку!

Задание 8-1 предусматривает знание химических явлений, с которыми учащиеся сталкиваются в повседневной жизни. Они должны уметь различать физические и химические явления, отмечать признаки химических реакций. Это способствует развитию наблюдательности, умению сравнивать различные процессы. Такие задания развивают химическое мышление, интуицию и желание проделать химические превращения с различными веществами, имеющимися в быту и лаборатории.

Задание 8-2 является качественным заданием и основано на знаниях, полученных учащимися при изучении основных классов неорганических соединений. При решении этой задачи школьники должны проявить умение логически мыслить и четко выражать свои мысли. Значительную помощь им окажут таблица химических элементов Д.И.Менделеева и таблица растворимости кислот, оснований и солей, которые им выдадут при выполнении заданий олимпиады. При этом развиваются навыки работы со справочным материалом, что помогает составлению формул кислот, оснований и солей, простейших уравнений химических реакций, а в целом, углублению и сознательному усвоению химических знаний.

Задание 8-3 основано на применении первичных химических знаний к решению расчетных задач. Как и в любой химической задаче, условие задачи содержит подсказку. По условию задачи оксид меди взаимодействует с водородом с образованием металла. Это дает возможность составить уравнение химической реакции и рассчитать количества вещества оксида меди и образующейся металлической меди. Таким образом, предлагается использовать стандартный подход к решению расчетных задач. Приведены два варианта решения, причем второй из них (через количество вещества) является более рациональным.

Задание 8-4 является комбинированной задачей, содержит несколько вопросов. Для ответа на первый вопрос учащиеся должны использовать таблицу растворимости. Указана брутто-формула соли $\text{H}_9\text{O}_4\text{N}_2\text{P}$. Как известно, любая соль содержит в своем составе катион и анион. В составе указанной соли катион металла отсутствует. Следовательно, при помощи таблицы растворимости, можно предположить, что это катион аммония $(\text{NH}_4)^+$. Тогда анион должен соответствовать фосфорной кислоте $(\text{PO}_4)^{3-}$.

Учитывая, что в составе исходного вещества содержится 2 атома азота, можно записать: $(\text{NH}_4)_2^+(\text{PO}_4)^{3-}$. Однако, не соблюдается принцип электронейтральности: число положительных зарядов не равно числу отрицательных зарядов; и не совпадает число атомов водорода с формулой исходного вещества. Поэтому необходимо записать формулу соли следующим образом: $(\text{NH}_4)_2\text{H}^+(\text{PO}_4)^{3-} = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Кроме того, в современных таблицах растворимости приводятся формулы гидроанионов. Для составления уравнения диссоциации исходной соли и качественной реакции, учащиеся могли воспользоваться подсказкой в виде таблицы растворимости. Для ответа на второй вопрос учащиеся могли воспользоваться бытовыми знаниями, что равные объемы разных веществ имеют разные массы. Понятие плотности вещества известно учащимся из курса физики. Ответ на третий и четвертый вопрос этого задания основан на наблюдательности учащихся и их бытовых знаниях. Даже если учащиеся не составят соответствующие уравнения реакций, они могут частично ответить на поставленные вопросы, используя логическое мышление, свою наблюдательность, смекалку и первоначальные химические знания, полученные на уроках химии.

Задание 8-5 представлено в форме увлекательной головоломки. Чтобы решить это задание учащиеся должны владеть информацией о порядковых номерах химических элементов первых двух периодов таблицы Д.И.Менделеева. Для решения задачи необходима смекалка, логическое мышление и владение основными арифметическими действиями.

ГЛАВА 3. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССОВ

Задание 9-1

Жесткая вода содержит $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ($\omega = 0,015 \%$) и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ($\omega = 0,005 \%$). Какую массу $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нужно добавить к 10 л воды для устранения жесткости. $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ кг/л}$?

Вопросы

1. Как называется жесткость воды, которая обусловлена присутствием в ней солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$? Назовите указанные вещества.
2. Какой способ удаления этого вида жесткости воды можно использовать в быту?
3. Будет ли влиять наличие в воде хлоридов и сульфатов указанных металлов на жесткость воды? (10 баллов).

Решение

$$1) m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 10 \text{ л} \cdot 1 \text{ кг/л} = 10 \text{ кг} = 10^4 \text{ г}$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 10^4 \cdot 0,00015 = 1,5 \text{ г}$$

$$m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 10^4 \cdot 0,00005 = 0,5 \text{ г}$$

$$2) n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 1,5 \text{ г} : 162 \text{ г/моль} = 9,26 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 0,5 \text{ г} : 146 \text{ г/моль} = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$



$$1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$



$$1 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$4) n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) + 2 \cdot n(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 9,26 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 3,42 \cdot 10^{-3} = 1,61 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$5) m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = M \cdot n = 74 \text{ г/моль} \cdot 1,61 \cdot 10^{-2} \text{ моль} = 1,19 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: чтобы избавиться от временной жесткости воды на 10 л необходимо взять 1,19 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

6) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ - гидрокарбонат кальция; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – гидрокарбонат магния.

(1 балл)

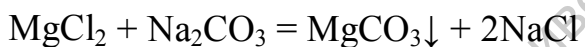
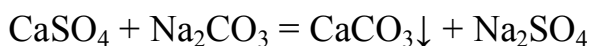
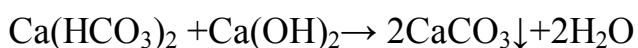
Присутствие этих солей воде обеспечивает временную (карбонатную)

жесткость воды, которая удаляется при кипячении воды:



(2 балла)

7) Наличие в воде хлоридов и сульфатов указанных металлов обуславливает некарбонатную (постоянную) жесткость воды. Общая жесткость воды определяется суммой временной и постоянной жесткости. Общая жесткость воды устраняется химическим способом: одновременное применение гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и соды Na_2CO_3 переводит гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды кальция и магния в нерастворимые соединения:



(3 балла)

Задание 9-2

В 2014 году исполнилось 100 лет с начала Первой мировой войны. В Первую мировую впервые стали применяться отравляющие вещества, поэтому ее также иногда называли «войной химиков». Первым смертоносным газом, примененным немецкими войсками, был хлор. 22 апреля 1915 года немецкая армия выпустила 168 тонн хлора около реки Ипр на позиции французских войск. Фильтрующий угольный противогаз был изобретен в Российской Империи русским ученым Николаем Дмитриевичем Зелинским в 1915 году. Однако противогаз был принят на вооружение русской армией только в 1916 году. После первой газовой атаки солдатам стали выдавать марлевые повязки, пропитанные водным раствором некоего вещества (его называли «антихлор»), которые использовали для защиты органов дыхания от хлора.

Вопросы

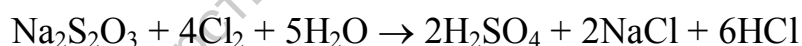
1. Предложите формулу вещества «антихлор».
2. Напишите уравнение реакции взаимодействия этого вещества с хлором в растворе.
3. Предложите два способа получения этого вещества.
4. Может ли «антихлор» также эффективно взаимодействовать с иодом?
Ответ подтвердите написанием уравнения реакции.
5. Какие еще области применения антихлора вам известны? (12 баллов).

Решение

1) В качестве вещества «антихлор» могут быть предложены следующие вещества, которые способны поглощать хлор: тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, гидроксид натрия NaOH , карбонат натрия Na_2CO_3 , гидрокарбонат натрия NaHCO_3 и другие. Растворы трех последних веществ обладают щелочной реакцией (соли – вследствие гидролиза) и будут сильно раздражать кожу лица при соприкосновении с марлевой повязкой. Раствор тиосульфата натрия имеет нейтральную реакцию (тиосерная кислота относится к сильным кислотам), поэтому его безопаснее использовать, и это вещество было названо «антихлор».

(За формулу 3 балла)

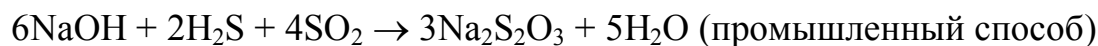
2) Возможные реакции тиосульфата натрия с хлором в водном растворе:



(по 1 баллу за уравнение, максимально 2 балла)

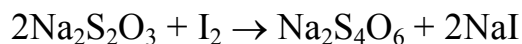
3) Способы получения тиосульфата натрия

$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (кипячение серы в растворе сульфита натрия, лабораторный способ получения).



(по 1 баллу за уравнение, максимально 2 балла)

4) Реакция с иодом протекает не менее эффективно, чем с хлором



(за уравнение реакции с объяснением – 1 балл)

5) Тиосульфат натрия еще известен под названием фиксаж (закрепитель), поскольку его используют **в фотографии** для растворения невосстановленных галогенидов серебра. Его применяют **в медицине** как противоядие при отравлении тяжелыми металлами и при лечении чесотки, противовоспалительное и противоожоговое средство, **в пищевой промышленности** как пищевая добавка (E539), как реактив в иодометрии, **в строительстве** как добавка к цементу при получении бетона (максимально 4 балла).

Задание 9-3

В 18-19 веках художниками широко использовалась белая краска, в состав которой входило вещество А. Со временем картины, выполненные художниками с применением такой краски, темнели. Реставраторы для возвращения первоначального вида картин обрабатывали их веществом Б.

Вопросы

1. Какова химическая формула вещества А?
2. Какие процессы происходили с веществом А на воздухе?
3. Какие процессы происходят при обработке картин веществом Б?
4. Предложите лабораторный способ получения основного компонента белой краски – вещества А.

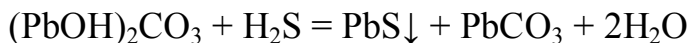
Однажды с такой краской произошел курьезный случай. Один из художников заказал для своей работы такую краску. Однако на корабле, который перевозил эту краску, вспыхнул пожар. Когда пожар погасили, заказ доставили художнику и он обнаружил, что ему привезли не белую, а оранжево-красную краску. Художник пытался выяснить причину этого и обвинял торговца красками в ошибке. Но торговец уверял, что он загружал на корабль белую краску и не смог объяснить факт изменения цвета краски.

5. Как можно с химической точки зрения объяснить возникшее противоречие? (10 баллов).

Решение

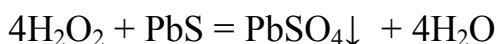
1) В качестве белой краски художники использовали свинцовые белила, состав которых можно выразить формулой $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3$ – А (2 балла)

2) На воздухе с веществом А происходит процесс взаимодействия с сероводородом, который в качестве примеси присутствует в воздухе:



PbS – вещество черного цвета. (1 балл)

3) Потемневшие со временем картины обрабатывают раствором пероксида водорода H_2O_2 (вещество Б):



$\text{S}^{2-} - 8\text{e} = \text{S}^{+6}$ | 1 восстановитель, окисление

$2\text{O}^{-1} + 2\text{e} = 2\text{O}^{-2}$ | 4 окислитель, восстановление (1 балл)

4) Для получения вещества А можно использовать несколько способов:

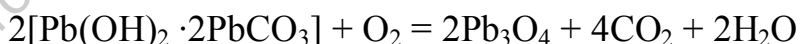
$\text{Pb} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ (реакция протекает во времени, свинец в порошке) (1 балл)

$2\text{Pb}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (через суспензию свежеполученного гидроксида свинца пропускают углекислый газ) (1 балл)

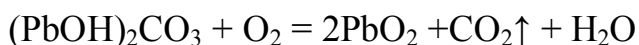
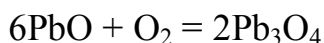


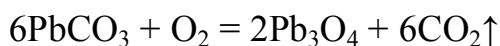
(раствор нитрата свинца за счет процесса гидролиза имеет кислотную среду, а раствор карбоната натрия – щелочную; при взаимодействии растворов солей с противоположным типом гидролиза происходит усиление процесса гидролиза, образование осадка основного карбоната обусловлено меньшей его растворимостью по сравнению с карбонатом и гидроксидом). (1 балл)

5) При нагревании в присутствии кислорода основной карбонат свинца разлагается с выделением CO_2 и окисляется до сурика:



При нагревании одновременно происходит еще несколько химических процессов:





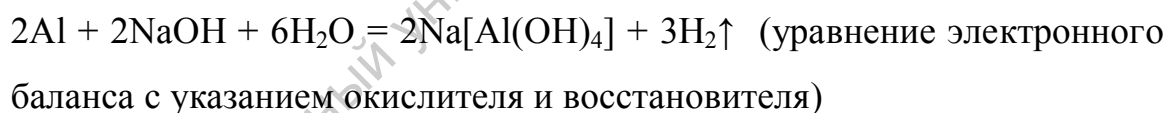
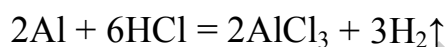
$2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2 = \text{Pb}_3\text{O}_4$ – смешанный оксид оранжево-красного цвета. **3 балла**

Задание 9-4

На чашках весов размещены химические стаканы одинаковой массы. В каждый стакан поместили по 0,1 г металлического алюминия. Как изменится равновесие весов, если в один стакан налить 5%-ный раствор соляной кислоты массой 10 г, а в другой стакан 5%-ный раствор гидроксида натрия той же массы? Ответ подтвердите расчетом, используя уравнения протекающих реакций. Укажите признаки протекающих химических реакций. (8 баллов)

Решение

1) Запишем уравнение реакции взаимодействия алюминия с раствором кислоты и щелочи:



Признаки реакций – выделение бесцветного газа. **(2 балла)**

2) Количество вещества алюминия: $n(\text{Al}) = m/M = 0,1/27 = 3,7 \cdot 10^{-3}$ моль (0,0037). Масса вещества соляной кислоты: $m(\text{HCl}) = w(\text{HCl}) \times m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 0,05 \cdot 10 = 0,5$ г. Количество вещества $\text{HCl} = m/M = 0,5 / 36,5 = 0,0137$ моль. Сравнивая количество вещества алюминия и соляной кислоты, определяем, что кислота находится в избытке. Следовательно, алюминий полностью растворится в соляной кислоте. **(2 балла)**

3) Масса вещества гидроксида натрия: $m(\text{NaOH}) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,05 \cdot 10 = 0,5$ г. Количество вещества $\text{NaOH} = 0,5/40 = 0,0125$ моль. Количество вещества щелочи в избытке: $n(\text{NaOH})$ значительно больше $n(\text{HCl})$. Алюминий полностью растворится в растворе щелочи. **(2 балла)**

4) Количество вещества алюминия, вступающее в обоих реакцию одинаково. Поэтому и количество вещества водорода, выделяющегося в результате реакций будет одинаковым. Масса веществ, вступивших в реакцию также одинакова по условию задачи. Следовательно, равновесие весов не изменится после растворения алюминия. (2 балла)

Задание 9-5

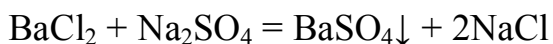
В стакан поместили белый порошок массой 85,55 г и обработали избытком раствора соляной кислоты. При этом выделился газ объемом 13,44 л (н.у.), не поддерживающий горения, относительная плотность которого по гелию равна 11. Полученный при этом прозрачный раствор обработали раствором сульфата натрия, продуктом реакции явился белый осадок массой 46,68 г, нерастворимый в воде и кислотах. Если этот осадок прокалить с углем, то образуется вещество белого цвета, при взаимодействии которого с соляной кислотой, выделяется газ с неприятным запахом тухлых яиц объемом 4,48 л (н.у.). Относительная плотность этого газа по воздуху 1,17. Если исходный белый порошок промыть водой, то его масса уменьшается на 31,80 г. Нерастворившийся остаток при взаимодействии с соляной кислотой выделяет 6,72 л (н.у.) первого газа. Определите качественный и количественный состав исходного белого порошка. (15 баллов).

Решение

1) Зная объем выделившегося газа, можно найти количество вещества газа = $23,44 \text{ л} / 22,4 \text{ л·моль}^{-1} = 0,6 \text{ моль}$. Логично предположить, что газ – CO_2 . Используем условие задачи, что относительная плотность газа по гелию равна 11. Учитывая это, $M(\text{CO}_2) = D_{(\text{He})} M_{(\text{He})} = 11 \cdot 4 \text{ г/моль} = 44 \text{ г/моль}$. Газ не поддерживает горение. Все вместе взятое, позволяет сделать вывод, что выделяющийся газ - CO_2 . Количество вещества газа $n(\text{CO}_2)_{\text{общ}} = n(\text{CO}_3^{2-}) = 0,6 \text{ моль}$. А исходная смесь – карбонаты. (2 балла)

2) Образование белого осадка, нерастворимого в воде и кислотах, при добавлении сульфата натрия, указывает на содержание в исходной смеси

карбоната бария, который при взаимодействии с соляной кислотой превратился в хлорид бария:



Зная массу осадка BaSO_4 , найдем количество вещества $n(\text{BaSO}_4)$:

$$m/M = 46,38 \text{ г} / 233 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1} = 0,2 \text{ моль}.$$

Из этого следует, что $n(\text{BaSO}_4) = n(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,2 \text{ моль}$.

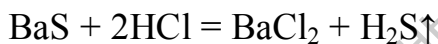
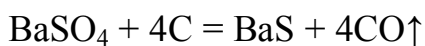
Следовательно, исходная смесь содержит карбонат бария BaCO_3 , масса которого равна $n(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaCO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 197 \text{ г/моль} = 39,4 \text{ г}$.

Записываем уравнение реакции:



3) По условию задачи: *если осадок BaSO_4 прокалить с углем, то образуется вещество белого цвета, при взаимодействии которого с соляной кислотой, выделяется газ с неприятным запахом тухлых яиц объемом 4,48 л (н.у.). Относительная плотность этого газа по воздуху 1,17.*

Запишем уравнения происходящих превращений:



Подтверждением того, что выделившийся газ - H_2S , является расчет $M_{(\text{H}_2\text{S})}$ через значение относительной плотности: $1,17 \cdot 29 \text{ г/моль} = 34 \text{ г/моль}$, что соответствует $M_{(\text{H}_2\text{S})}$. Зная объем газа H_2S , рассчитаем $n(\text{H}_2\text{S}) = V / V_m = 4,48 \text{ л} / 22,4 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1} = 0,2 \text{ моль}$. Это подтверждает, что $n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{Ba}^{2+})$.

(2 балла)

4) Нерастворимая в воде часть исходной смеси имеет массу: масса исходной смеси – масса растворимой части = $85,55 - 31,8 = 53,75 \text{ г}$. Компонентом этой нерастворимой в воде части смеси является карбонат бария, массой 39,4 г. Эта величина значительно меньше 53,75 г и из этого следует, что нерастворимая в воде часть смеси содержит еще один компонент массой $53,75 \text{ г} - 39,4 \text{ г} = 14,35 \text{ г}$.

(1 балл)

При действии на эту смесь соляной кислоты выделяется 6,72 л CO₂, что составляет 0,3 моль. Из этого количества 0,2 моль приходится на реакцию взаимодействия с карбонатом бария:

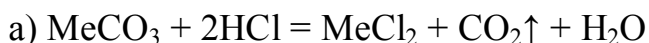


0,2 моль

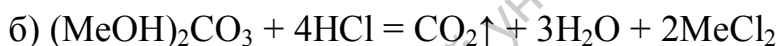
0,2 моль

Тогда, по реакции взаимодействия неизвестного карбоната, нерастворимого в воде, с соляной кислотой выделяется 0,1 моль CO₂. **(1 балл)**

Можно предположить, что неизвестным нерастворимым в воде карбонатом, может быть карбонат или гидрокарбонат двухвалентного металла, т.к. известно, что основные карбонаты являются менее растворимыми, чем средние карбонаты. Взаимодействие неизвестного карбоната с соляной кислотой можно представить в виде уравнений:



$n(\text{CO}_2) = n(\text{MeCO}_3) = 0,1$ моль. $M(\text{MeCO}_3) = m / n = 14,35\text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 143,5$ г/моль. $143,5 = x + 60$; $x = 83,5$ г/моль. В таблице Менделеева нет металла с такой атомной массой. **(1,5 балла)**



$n(\text{CO}_2) = n[(\text{MeOH})_2\text{CO}_3] = 0,1$ моль. $M[(\text{MeOH})_2\text{CO}_3] = m / n = 14,35\text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 143,5$ г/моль. $143,5 = 2x + 34 + 60$. $2x = 49,5$; $x = 24,75$ г/моль. По таблице Менделеева это соответствует магнию Mg. Формула неизвестного основного карбоната $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$. **(1,5 балла)**

Всего - 5 баллов

5) По условию задачи: *если исходное вещество промыть водой, то его масса уменьшается на 31,80 г.* Этот факт указывает на содержание в исходной смеси растворимого карбоната. Таким карбонатом может быть, в соответствии с таблицей растворимости, карбонат щелочного металла или карбонат аммония.

Следовательно, при взаимодействии растворимого карбоната с соляной кислотой выделяется 0,3 моль CO₂: $n(\text{CO}_2)_{\text{общ}} - 0,3 = 0,3$ моль.



0,3 моль

0,3 моль

Зная массу карбоната растворимого в воде, рассчитаем его $M = m/n = 31,8 \text{ г}/0,3 \text{ моль} = 106 \text{ г/моль}$. $2x + 12 + 48 = 106$; $2x = 46$; $x = 23 \text{ г/моль}$. Это соответствует Na по таблице Менделеева. **(3 балла)**

б) Таким образом, состав исходной смеси:

Карбонат бария BaCO_3 – 39,4 г

Карбонат натрия Na_2CO_3 – 31,8 г

Гидрокарбонат магния $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ – 14,35 г.

(1 балл)

Возьмите на заметку!

Задание 9-1 соответствует школьной программе по химии. Металлы второй группы главной подгруппы и их соединения являются предметом изучения на уроках химии в 9 классе. Расчеты, заложенные в решение этой задачи, являются типовыми и основаны на применении формул для определения количеств реагирующих веществ; массы вещества, содержащегося в растворе, использовании взаимосвязи массы раствора, объема и плотности раствора. Формулы реагирующих веществ указаны в условии задачи и являются подсказкой для составления уравнений химических реакций. «Изюминкой» является взаимодействие гидрокарбоната магния с гидроксидом кальция с образованием гидроксида магния, последний является менее растворимым по сравнению с карбонатом магния. Все остальные уравнения химических превращений являются реакциями, хорошо известными учащимся. Вопросы о жесткости воды и способах ее устранения широко обсуждаются как при изучении химии, так и экологии, а так же в средствах массовой информации.

Задание 9-2 оригинально сформулировано, познавательно, будит любопытство учащихся. В задании содержится исторический материал по применению отравляющих веществ и методах защиты от них. Для решения этого задания необходимы более глубокие знания о химических свойствах хлора и других галогенов. Зная способность хлора к

диспропорционированию, учащиеся должны обсудить взаимодействие его с растворами щелочей (это свойство изучается на уроках химии в соответствии со школьной программой) и частично ответить на поставленные в задании вопросы. Существенную помощь при решении этого задания окажет общая эрудиция учащихся.

Задание 9-3 рассчитано на широкий кругозор учащихся. Для решения этого задания в качестве подсказки можно использовать фразы «белая краска...», «со временем картины, выполненные с применением такой краски, темнели». Известно, что в качестве красок использовали цинковые и свинцовые белила. Основным компонентом белил являются основные карбонаты цинка и свинца. В воздухе всегда присутствуют в качестве примесей сероводород и другие сернистые соединения, которые образуют труднорастворимые сульфиды. Сульфид свинца имеет коричнево-черную окраску и его образование приводит к изменению цвета картин. При изучении химии и, в частности, окислительно-восстановительных реакций, преподаватели всегда обращают внимание учащихся на реакцию взаимодействия пероксида водорода и сульфида свинца. Именно эти реакции приставлены в данном задании. Способов получения основных солей может быть несколько. Основные соли – продукты неполного замещения гидроксогрупп в составе основания на кислотный остаток. Главным условием их образования является наличие многокислотного основания, т.е. содержащего в своем составе несколько гидроксильных групп. «Изюминкой» задания является реакция разложения основного карбоната свинца и одновременного окисления кислородом воздуха с образованием сурика ($2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2 = \text{Pb}_3\text{O}_4$ – смешанный оксид оранжево-красного цвета).

Задание 9-4 соответствует программе школьного курса данной возрастной параллели. Задача является познавательной, количественной и качественной одновременно. Она основана на знании свойств амфотерного металла (алюминия) и расчетах по уравнениям химических реакций. Предложенная задача не должна вызывать затруднений у участников олимпиады.

Задание 9-5 является наиболее трудоемким по исполнению и направлено на изучение свойств смеси, компоненты которой проявляют различные свойства. Учащиеся должны проявить свои знания по свойствам химических соединений (карбонатов и сульфатов), умение логически мыслить и использовать расчеты по уравнениям химических реакций для установления состава смеси.

ГЛАВА 4. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10 КЛАССОВ

Задание 10-1

Концентрация азотистой кислоты в растворе 0,1 моль/л, степень ее диссоциации 0,083. Рассчитайте константу диссоциации азотистой кислоты. Вычислите общее число частиц (молекул и ионов) в 100 мл такого раствора. Рассчитайте pH этого раствора.

Соли азотистой кислоты проявляют окислительно-восстановительную двойственность. Напишите уравнения взаимодействия натриевой соли азотистой кислоты с подкисленными серной кислотой растворами а) перманганата калия, б) иодида калия. Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты и укажите признаки химических реакций. (15 баллов).

Решение

1) Диссоциация азотистой кислоты:



2) Концентрация катионов H^+ : произведение концентрации кислоты и степени диссоциации = $0,083 \cdot 0,1 = 0,0083$ моль/л ($8,3 \cdot 10^{-3}$); $n(\text{H}^+) = 0,0083$ моль; концентрация в растворе нитрит-ионов = 0,0083 моль/л в соответствии с уравнением диссоциации кислоты; $n(\text{NO}_2^-) = 0,0083$ моль. (2 балла)

3) Не диссоциируют: $0,1 - 0,0083 = 0,0917$ моль HNO_2 (1 балл)

4) Зная концентрации частиц в растворе, можно рассчитать константу равновесия процесса диссоциации (константу диссоциации кислоты):

$$K = [\text{H}^+] [\text{NO}_2^-] / [\text{HNO}_2] = (0,0083)^2 / 0,1 = 6,9 \cdot 10^{-4} \quad (2 \text{ балла})$$

5) Число моль частиц в растворе: $n(\text{HNO}_2) + n(\text{H}^+) + n(\text{NO}_2^-) = 0,0917 + 0,0083 + 0,0083 = 0,1083$ моль в 1 литре раствора; в 100 мл раствора число моль частиц, присутствующих в растворе в 10 раз меньше: $0,01083$ моль = $1,083 \cdot 10^{-2}$ моль (2 балла)

6) Учитывая число Авогадро, можно рассчитать число частиц в раствор объемом 100 мл: $N = n \cdot N_A = 1,083 \cdot 10^{-2} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,714 \cdot 10^{21}$ (1 балл)

7) pH раствора = $-\lg[\text{H}^+] = -\lg(0,0083) = 2,08$ (2 балла)

8) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{NaNO}_2 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{NaNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

(уравнение электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя).

Признак реакции – фиолетово-малиновая окраска раствора, обусловленная перманганатом калия, меняется на бесцветную. (2 балла)

$2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaNO}_2 = \text{I}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(уравнение электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя).

Признак реакции – бесцветный раствор приобретает бурую, вплоть до черной, окраску за счет образования свободного иода. 2 балла

Задание 10-2

Имеется образец неизвестного металла.

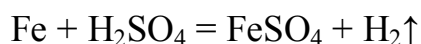
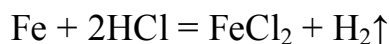
- 1) Если этот металл растворить в разбавленных растворах соляной, серной или очень разбавленной азотной кислот, то образуется соль, катион которой можно обнаружить с помощью красной кровяной соли.
- 2) При растворении этого металла в концентрированной серной или азотной кислоте образуется соль, которая не взаимодействует с красной кровяной солью.
- 3) При сжигании порции металла в кислороде образуется оксид массой 9.24 г. На его полное восстановление необходимо 3,584 л (н.у.) оксида углерода (II). Определите формулу оксида.
- 4) Полученный оксид встречается в природе в свободном в виде или в составе болотной руды. Укажите название минерала.
- 5) При растворении этого оксида в соляной кислоте образуется смесь двух солей, а при растворении в крепкой азотной кислоте одна соль. Как можно доказать наличие солей в растворах?

Для всех химических превращений составить уравнения реакций и указать признаки реакций. (15 баллов).

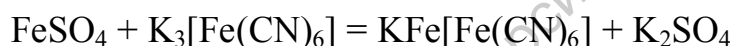
Решение

1) Подсказкой для решения этой задачи является упоминание о красной кровяной соли. Как известно, этот реагент используется для качественного определения катионов железа (II). Следовательно, неизвестный металл – железо. (1 балл)

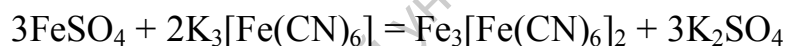
2) Запишем уравнения реакций растворения железа в разбавленных растворах соляной, серной или очень разбавленной азотной кислот:



(уравнение электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя)



Растворимая форма $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$



Нерастворимая форма $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$

Признак реакции – синий цвет раствора (осадка) (2 балла)

3) Запишем уравнения реакции взаимодействия железа с концентрированными растворами серной и азотной кислоты (при нагревании):



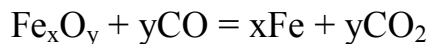
уравнение электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя



уравнение электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя



4) Восстановление неизвестного оксида железа протекает по уравнению:



$$n(\text{CO}_2) = V/V_m = 3,584 / 22,4 = 0,16 \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции составим пропорцию:

$$1 \text{ моль } \text{Fe}_x\text{O}_y \quad \text{-----} \quad y \text{ моль } \text{CO}$$

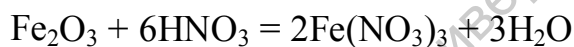
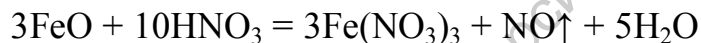
$$9,24/56x + 16y \quad \text{-----} \quad 0,16 \text{ моль}$$

Отсюда $x/y = 1/1,33$. Следовательно, $\text{Fe}_x\text{O}_y = \text{Fe}_3\text{O}_4$ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ – смешанный оксид) **(3 балла)**

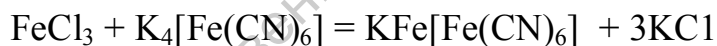
5) магнитный железняк, магнетит. **(0,5 балла)**



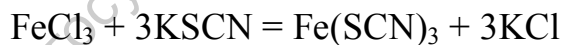
При этом одновременно протекает два процесса, обусловленные взаимодействием оксида железа FeO с азотной кислотой по типу ОВР и кислотно-основное растворение Fe_2O_3 :



7) Образование солей можно доказать, используя качественные реакции:



Признак реакции и в одном, и в другом случае – синяя окраска раствора, ионы железа не мешают друг другу, реакции избирательные.



Признак реакции – кирпично-красная окраска раствора. **(1,5 балла)**

Задание 10-3

К смеси пропана с пропиленом объемом 6 л добавили водород объемом 5 л. Смесь газов пропустили над нагретым платиновым катализатором. После приведения продуктов реакции к исходным условиям объем смеси стал равен 7 л. Определите объемные доли пропана и пропилена в исходной смеси газов. С помощью каких реакций можно различить пропан и пропилен?

Напишите уравнения реакций. Назовите вещества-продукты проведенных реакций. Укажите возможные области применения пропилена. (Все измерения проведены в одинаковых условиях). (10 баллов).

Решение



Уменьшение объема газовой смеси произошло за счет взаимодействия равных объемов водорода и пропилена: (1 балл)

$$V'(\text{H}_2) = V'(\text{C}_3\text{H}_6) = V_1 + V(\text{H}_2) - V_2 = 6 + 5 - 7 = 4 \text{ л}$$

Следовательно, водород взят в избытке, и весь пропилен, содержащийся в смеси, вступил в реакцию с водородом, т.е.

$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = V'(\text{C}_3\text{H}_6) = 4 \text{ л} \quad (1 \text{ балл})$$

Объем пропана в исходной смеси его с пропиленом:

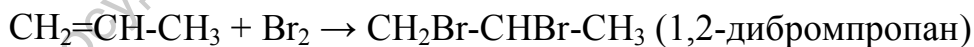
$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = V_1 - V(\text{C}_3\text{H}_6) = (6 - 4) \text{ л} = 2 \text{ л} \quad (1 \text{ балл})$$

Объемные доли пропана и пропилена в исходной смеси этих газов:

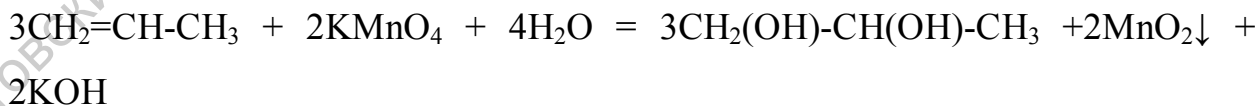
$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{C}_3\text{H}_8)/V_1 = 2/6 = 0,333 \text{ (33,3\%)}$$

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = V(\text{C}_3\text{H}_6)/V_1 = 4/6 = 0,667 \text{ (66,7\%)} \quad (1 \text{ балл})$$

Различить пропан и пропилен можно, если использовать качественные реакции на углеводороды, имеющие в составе кратные связи: взаимодействие с их бромной водой и раствором перманганата калия:



Признак реакции – обесцвечивание раствора бромной воды. (1 балл)



$$\text{C}^{-2} - 1\text{e} = \text{C}^{-1}$$

$$\text{C}^{-1} - 1\text{e} = \text{C}^0 \quad | \quad 3 \text{ восстановители}$$

$$\text{Mn}^{+7} + 3\text{e} = \text{Mn}^{+4} \quad | \quad 2 \text{ окислитель}$$

Признак реакции – изменение окраски раствора перманганата калия – фиолетово-малиновая окраска меняется на бурую, т.к. реакция протекает в

нейтральной среде и осаждается оксид марганца (IV). Один из продуктов реакции – пропанол-1,2. (2 балла)

Области применения пропилена: для производства оксида пропилена, получения изопропилового спирта и ацетона, для синтеза альдегидов, для получения акриловой кислоты и акрилонитрила, полипропилена, пластмасс, каучуков, моющих средств, компонентов моторных топлив, растворителей (Желательно написать уравнения реакций). (2 балла)

Задание 10-4

Некоторый углеводород X при действии избытка бромной воды образует дибромпроизводное, содержащее 65,57% брома по массе. Установите состав и строение исходного углеводорода, если известно, что в результате реакции восстановительного озонлиза с последующим гидролизом образовалась смесь ацетальдегида и метилэтилкетона. Напишите уравнения химических реакций и приведите формулы и названия продуктов реакции. Составьте формулы изомерных алкенов и назовите их. (10 баллов).

Решение

Логично предположить, что исходное вещество алкен C_nH_{2n} , т.к. при действии избытка бромной воды образуется дибромпроизводное $C_nH_{2n}Br_2$ (желательно написать уравнение реакции).

(1 балл)

Определим молярную массу производного $C_nH_{2n}Br_2$: $80 \cdot 2 / 0,6557 = 244$ г/моль.

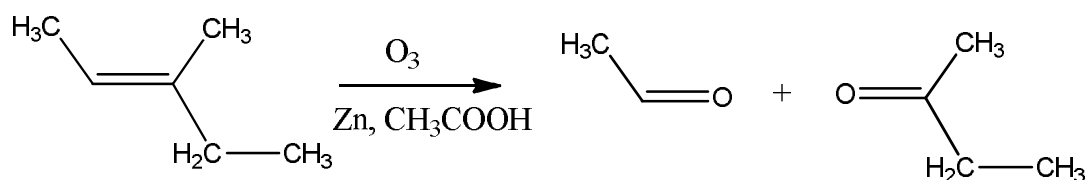
(1 балл)

$12n + 2n + 160 = 244$ г/моль. Решая уравнение, находим что $n=6$ и таким образом формула неизвестного углеводорода X - C_6H_{12} .

(1 балл)

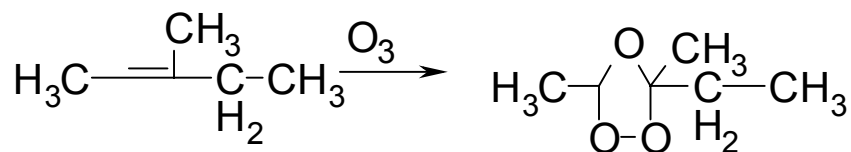
По реакции восстановительного озонирования определим строение исходного углеводорода:

(4 балла)

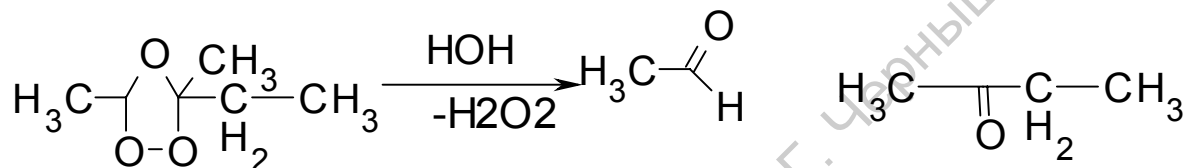


возможно прохождение реакции через промежуточные стадии:

1 стадия – образование озонида



2 стадия – разложение озонида под действием воды

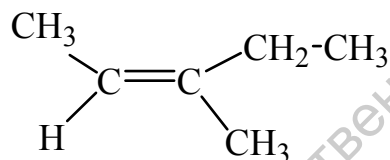


(За написание изомеров максимально **3 балла**)

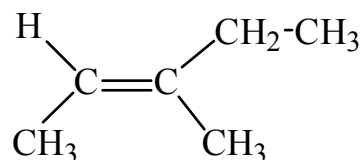
Ответ: 3-метилпентен-2

Изомеры

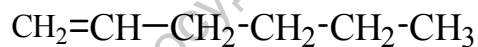
1) цис-3-метилпентен-2



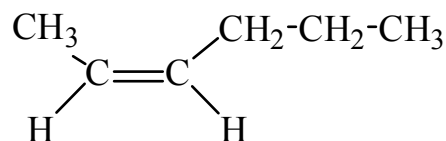
2) транс-3-метилпентен-2



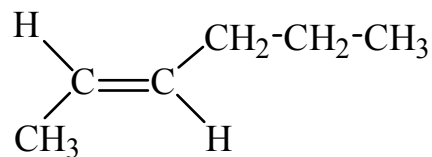
3) гексен-1



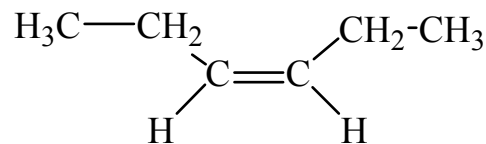
4) цис-гексен-2



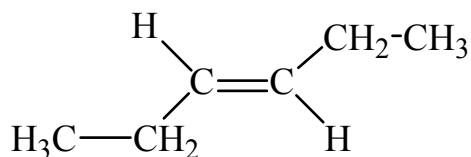
5) транс-гексен-2



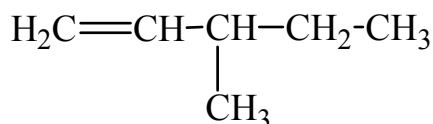
6) цис-гексен-3



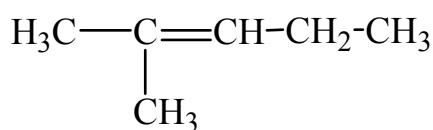
7) транс-гексен-3



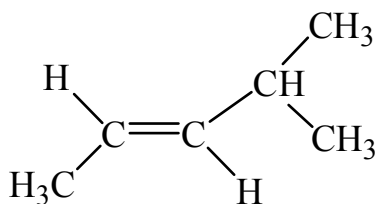
9) 3-метилпентен-1



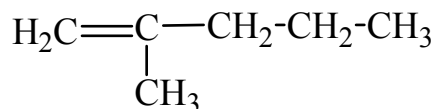
11) 2-метилпентен-2



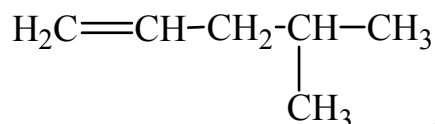
13) транс-4-метилпентен-2



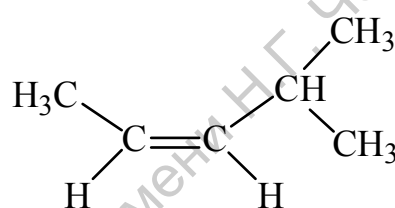
8) 2-метилпентен-1



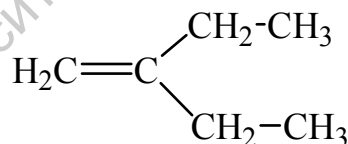
10) 4-метилпентен-1



12) цис-4-метилпентен-2



14) 2-этилбутен-1



Задание 10-5

Серебристо-белый металл **A** массой 5 г нагревают на воздухе. После его полного окисления образуется порошок **B** зеленовато-серого цвета массой 8,713 г. Порошок поместили в колбу с газоотводной трубкой и начали по каплям приливать воду. Выделился газ **C** объемом 5191 мл, измеренный при температуре 35°C и давлении 740 мм рт.ст. Каплю оставшегося после реакции раствора внесли в пламя горелки, которое окрасилось в карминно-красный цвет.

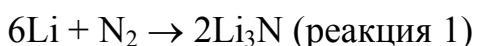
Запишите уравнения протекающих реакций. Укажите вещества **A**, **B**, **C**, качественный и количественный состав порошка **B**, название газа **C**. Что представляет собой оставшийся в колбе раствор? (15 баллов).

Решение

Известно, что некоторые металлы (литий, магний, титан и др.) при нагревании на воздухе могут окисляться одновременно кислородом и азотом с образование смеси веществ – оксида и нитрида металла. Установить какой из металлов приведен в задаче легко по качественной реакции – соединения лития окрашивают пламя в карминово-красный цвет.

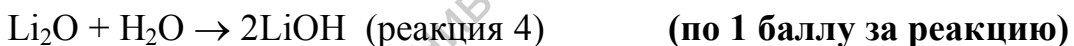
Вещество **А** – литий. За установление названия металла по качественной реакции – **(2 балла)**

Реакции, которые протекают при окислении лития на воздухе



Во влажном воздухе литий окисляется в основном до нитрида, который окрашен в зеленовато-черный цвет, но вследствие наличия примеси белого оксида лития окраска продукта окисления зеленовато-серая.

Разложение продукта окисления водой:



По объединенному газовому закону ($PV/T = P_0V_0/T_0$) определяем, что при нормальных условиях (273К и 760 мм.рт.ст) объем выделившегося аммиака равен 4,480 л. Используя молярный объем газа (22,4 л/моль) находим, что количество вещества выделившегося аммиака в реакции 3 равно $4,48 / 22,4 = 0,200$ моль. По реакции 3 находим, что образовалось 0,200 моль нитрида лития и его массу ($0,200 \text{ моль} \cdot 35 \text{ г/моль} = 7,000 \text{ г}$). По реакции 1 устанавливаем количество вещества лития ($0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ моль}$) и массу лития, вступившего в реакцию с азотом ($0,6 \text{ моль} \cdot 7 \text{ г/моль} = 4,2 \text{ г}$). Соответственно, масса лития, вступившего в реакцию с кислородом по реакции 2 равна $5 - 4,2 = 0,8 \text{ г}$. Количество вещества лития, вступившего в реакцию с кислородом по реакции 2 равна $0,8 \text{ г} / 7 \text{ г/моль} = 0,114 \text{ моль}$. По реакции 2 определяем количество вещества оксида лития ($0,114 \text{ моль} / 2 = 0,0517 \text{ моль}$) и его массу ($0,0517 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 1,714 \text{ г}$). Масса продукта окисления (порошок **В**)

7,000 г + 1,714 г = 8,714 г. Соответственно, порошок **В** содержит 80% нитрида лития и 20% оксида лития.

Газ **С** – аммиак NH_3

(1 балла)

Определение качественного и количественного состава

порошка **В** –

(8 баллов)

Возьмите на заметку!

Задание 10-1 является комбинированной: включает вопросы как качественного, так количественного характера. Для успешного решения данной задачи учащимся необходимо показать знания основных понятий и законов неорганической химии, номенклатуры неорганических соединений, умение составлять уравнения химических реакций, владеть навыками расстановки коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций с помощью метода электронного баланса.

Задание 10-2 является комбинированным, содержит значительное число различных вопросов и подсказок для ответов на них. Упоминание о красной кровяной соли является подсказкой, что неизвестный металл – железо. Взаимодействие металлического железа и его оксидов с кислотами различных концентраций требует от учащихся знаний о возможности образования разных продуктов. Здесь же проверяются навыки учащихся по составлению уравнений окислительно-восстановительных реакций с применением метода электронного баланса. Глубокое и сознательное владение химическими знаниями является гарантией успешного выполнения предложенного задания.

Задание 10-3 соответствует школьной программе по изучению органической химии в 10 классе – изучение свойств алканов и алкенов; номенклатура и качественные реакции на углеводороды с π -связью. На наш взгляд, это задание как раз и является типовой задачей для учащихся этой параллели и не должно было вызвать затруднений у участников олимпиады.

Незначительные проблемы могли возникнуть при составлении уравнения реакции взаимодействия пропилена с водным раствором перманганата калия с использованием метода электронного баланса. Однако, учащиеся могут записать схему этого взаимодействия, которая является обязательным элементом школьной программы.

Задание 10-4 основано на свойствах органических соединений (более глубоких, чем предусмотрено базовой школьной программой). Однако, первая часть этого задания содержит типовой подход определения состава вещества через массовую долю элемента. Вторая часть задания требует логического мышления, хотя в тексте задания имеется подсказка в указании смеси продуктов гидролиза. Написание формул изомеров не должно вызывать затруднений, т.к. является обязательным элементом школьной программы в 10 классе по органической химии.

Задание 10-5 направлено на логическое мышление учащихся при установлении качественного и количественного состава неизвестного неорганического соединения. Задача требует объяснения экспериментальных фактов и умения проводить расчеты с использованием объединенного газового закона. Подсказкой для определения неизвестного металла является карминно-красный цвет пламени горелки. Именно катионы лития придают такую окраску пламени. Изменение окраски пламени является качественной реакцией для катионов щелочных и щелочноземельных элементов. Учитывая, что окисление металла проводилось на воздухе, можно предсказать образование как оксида, так и нитрида лития. Выделение газообразного аммиака происходит при взаимодействии нитрида лития с водой. Далее, используя объединенный газовый закон и расчеты по уравнению реакций, учащиеся должны установить состав смеси продуктов окисления лития на воздухе.

**ГЛАВА 5. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 11 КЛАССОВ**

Задание 11-1

Предложите неорганические вещества, описываемые брутто-формулой A_4B_4 . Укажите способы получения этих соединений, условия их проведения. Напишите уравнения реакции, в которые могут вступать эти вещества. (20 баллов).

Решение

Возможные вещества: сульфид фосфора P_4S_4 , азид аммония NH_4N_3 , нитрид серы S_4N_4 .

(Максимально 10 баллов)

Способы получения:

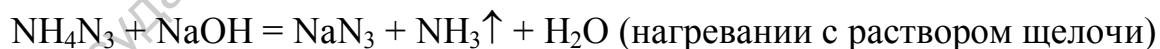
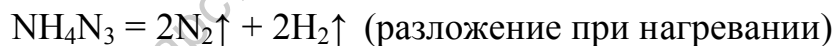


$4P(\text{красн}) + 4S = P_4S_4$ (условия: нагревание $250^\circ C$ в атмосфере углекислого газа)



(Максимально 6 баллов)

Наиболее простые реакции, в которые могут вступать эти вещества:



$P_4S_4 + 9O_2 = P_4O_{10} + 4SO_2\uparrow$ (окисление при нагревании в избытке кислорода, $100-300^\circ C$)

$P_4S_4 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + H_3PO_3 + H_3PO_2 + H_2S\uparrow$ (гидролиз горячей водой с образование смеси фосфорных кислот и сероводорода).



$S_4N_4 + 6H_2O = S + 4NH_3\uparrow + 3SO_2\uparrow$ (окислительно-восстановительный гидролиз горячей водой)

Возможно, будут приведены и другие реакции.

(Максимально 4 балла).

Задание 11-2

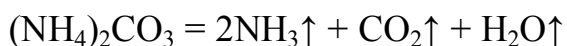
Известно, что в хлебопечении в качестве разрыхлителя используется карбонат аммония. На чем основано его применение? Напишите уравнение реакции. Влияет ли добавка карбоната аммония на вкусовые качества хлебных изделий?

Приведите не менее 10 примеров реакций разложения солей аммония с образованием только газообразных веществ.

Влияет ли природа аниона на продукты разложения солей аммония? (10 баллов).

Решение

1) Соли аммония являются термически неустойчивыми соединениями. Применение карбоната аммония в качестве разрыхлителя теста основано на том, что его разложению при нагревании образуются только газообразные вещества и тесто получается пушистым:



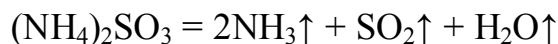
Добавка карбоната аммония не влияет на вкусовые ощущения при потреблении хлеба; количество вводимого разрыхлителя незначительное, все продукты разложения при нагревании удаляются из продуктов хлебопечения. В этих же целях можно использовать и гидрокарбонат аммония:



балла)

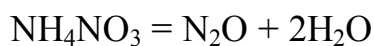
2) Разложение солей аммония зависит от природы аниона, образующего соль. Если анион соли не способен проявлять окислительные свойства, то разложение протекает по кислотно-основному типу, с образованием аммиака и кислоты (или кислотного оксида):



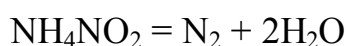
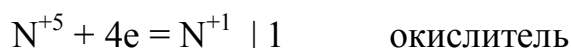


(Всего 2 балла)

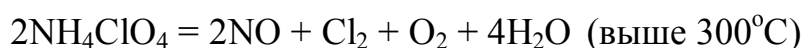
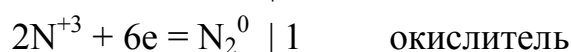
Если анион кислоты проявляет окислительные свойства, то разложение соли протекает как окислительно-восстановительный процесс:



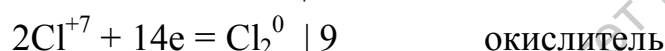
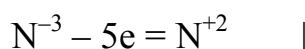
(1 балл)



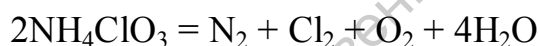
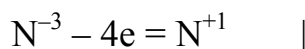
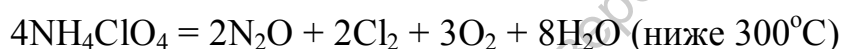
(1 балл)



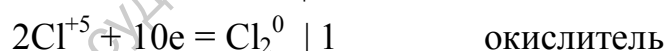
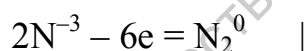
(2 балла)



или



(2 балла)



Задание 11-3

Пара-аминобензойная кислота является одним из витаминов группы В. При ее отсутствии наблюдается ряд нарушений обмена веществ в организме, в частности депигментация волос. Некоторые производные пара-аминобензойной кислоты применяются в медицине в качестве обезболивающих средств (новокаин).

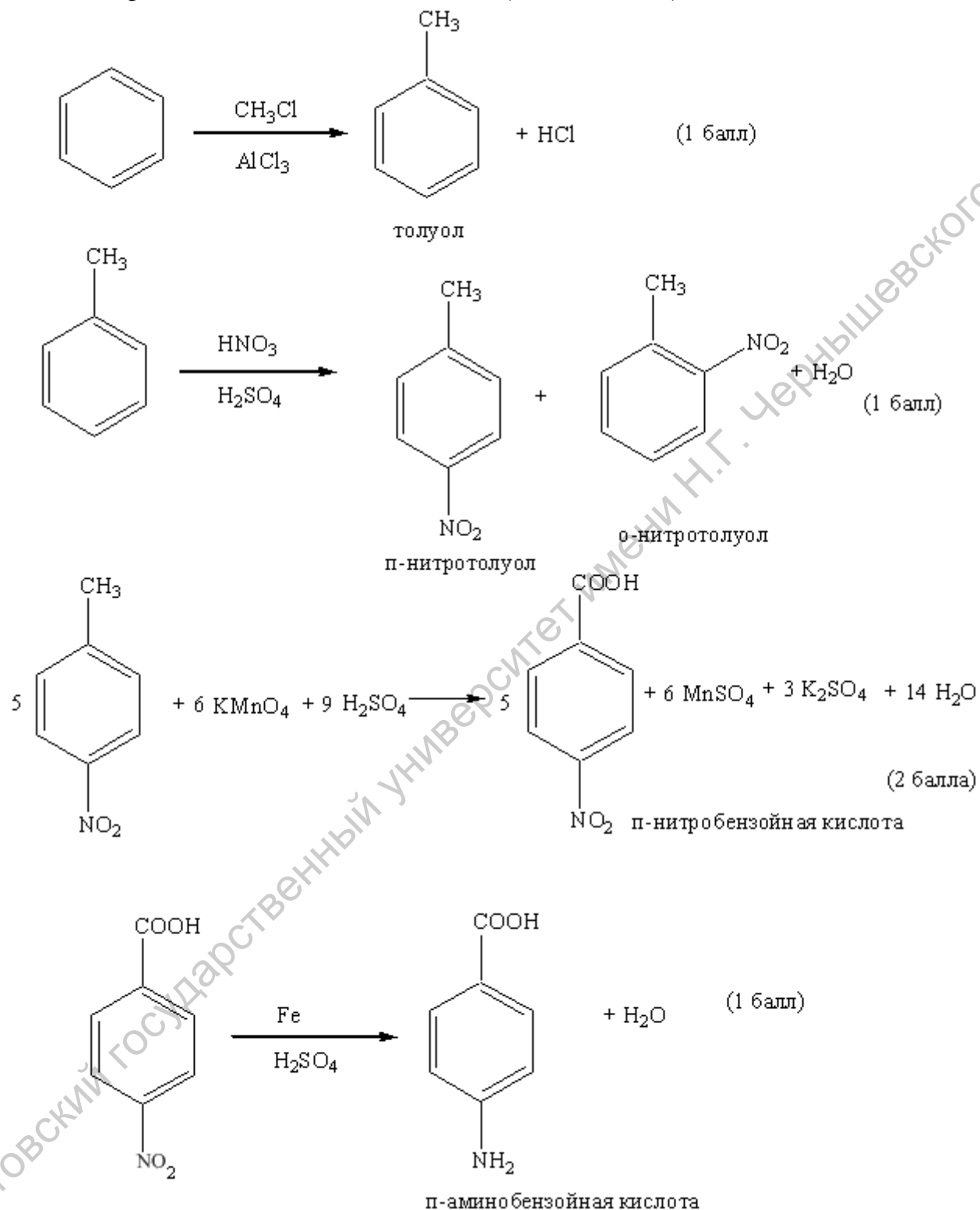
На основании знаний о свойствах бензола и его производных напишите уравнения реакций, с помощью которых можно наиболее коротким путем получить из бензола пара-аминобензойную кислоту.

В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций. Дайте названия исходного, промежуточных и конечного органических продуктов. (10 баллов).

Решение

За пять правильно названных соединений – 5 баллов.

Синтез *para*-аминобензойной кислоты (витамин B10):



Задание 11-4

Некоторый углеводород X при действии избытка бромной воды образует тетрабромпроизводное, содержащее 72,1% брома по массе, а при кипячении с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образует две одноосновные карбоновые кислоты. Установите молекулярную

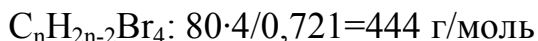
и структурную формулу углеводорода **X**, если известно, что одна из кислот используется как консервант, и впервые описана в 1844 г. Напишите уравнения проведенных реакций. (10 баллов).

Решение

Логично предположить, что это алкин, т.к. образуется тетрабромпроизводное, т.к. диеновые углеводороды при окислении в жестких условиях не могут дать две одноосновные карбоновые кислоты.

(1 балл)

Запишем уравнение реакции присоединения брома:



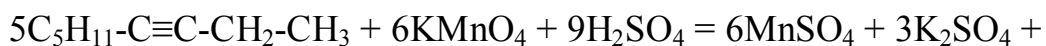
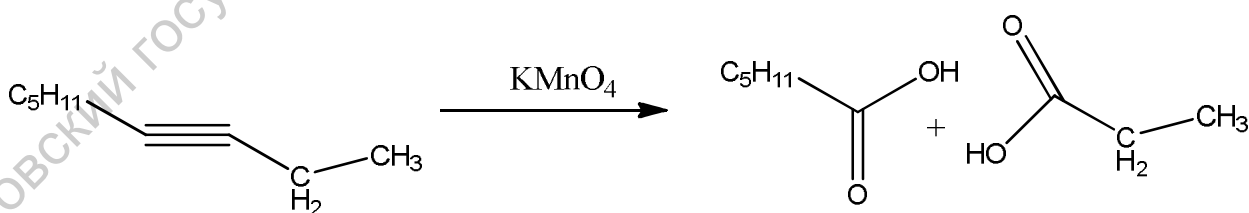
(1 балл)

Тогда $(12n + 2n - 2) = 444 - 320 = 124$ и, решая уравнение, находим, что при $n=9$ и таким образом формула неизвестного углеводорода **X** - C_9H_{16} - нонин.

(1 балл)

При кипячении нонина в кислом растворе перманганата калия происходит его окисление с разрывом тройной связи. В условии указано, что одна из кислот используется как консервант и открыта в 1844 г. Поскольку уксусная кислота известна с древности, то образовавшаяся кислота – пропионовая (она также используется как консервант). Поэтому тройная связь находится у третьего атома углерода:

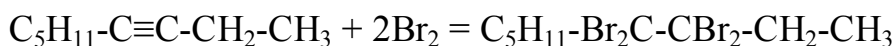
(2 балла)



(2 балла)

Гексановая кислота пропановая (пропионовая) кислота

Запишем уравнение реакции присоединения брома:



3,3,4,4-тетрабромнонан

(1 балл)

Ответ: 3-нонин (за названия веществ максимально 2 балла)

Задание 11-5

При нагревании 28,44 г перманганата калия образовалось 27,16 г твердой смеси. Установите качественный и количественный состав этой смеси. Какой максимальный объем газа (н.у.) можно получить при действии на образовавшуюся смесь 36,5%-ной соляной кислоты (плотность 1,18 г/мл) при нагревании? Какой объем кислоты при этом будет израсходован? Напишите уравнения всех химических превращений.

- Какие меры по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении описанного эксперимента?
- Приведите уравнения двух химических реакций, в которых один из компонентов твердой смеси используется в качестве катализатора. Дайте определение понятия катализатор.
- Укажите области применения газа, полученного при взаимодействии смеси с соляной кислотой.
- Приведите промышленный способ получения этого газа.

Ответ подтвердите необходимыми уравнениями реакций. (15 баллов)

Решение

1) $2\text{KMnO}_4 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$ (уравнение электронного баланса, с указанием окислителя и восстановителя) (1 балл)

2) Изменение массы исходного вещества обусловлено образованием кислорода. Следовательно, масса O_2 равна $28,44 - 27,16 = 1,28$ г.

Количество вещества O_2 $n(\text{O}_2) = m/M = 1,28/32 = 0,04$ моль (0,5 балла)

3) По массе исходного перманганата калия можно определить количество вещества: $n(\text{KMnO}_4)_{\text{общ}} = m/M = 28,44 / 156 = 0,18$ моль (0,5 балла)

4) По уравнению реакции можно определить количество вещества перманганата калия, которое подверглось разложению при нагревании:

$$n(\text{KMnO}_4)_{\text{разл}} = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

5) Количество вещества перманганата калия, которое не подверглось разложению можно рассчитать: $n(\text{KMnO}_4)_{\text{общ}} - n(\text{KMnO}_4)_{\text{разл}} = 0,18 - 0,08 = 0,1 \text{ моль}$ (0,5 балла)

6) Количество манганата калия, образовавшегося при разложении перманганата калия можно рассчитать, используя уравнение реакции:

$$n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = n(\text{O}_2) = 0,04 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

7) Количество вещества диоксида марганца, образовавшегося при разложении перманганата калия: $n(\text{MnO}_2) = n(\text{O}_2) = 0,04 \text{ моль}$ (0,5 балла)

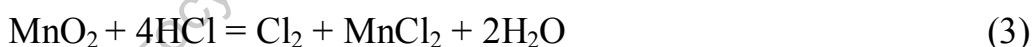
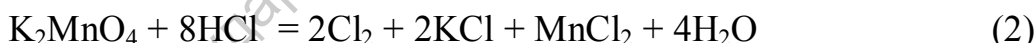
8) Состав твердой смеси, образовавшейся после частичного разложения перманганата калия:

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{MnO}_2) = 0,04 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

9) Составим уравнения реакции взаимодействия компонентов смеси с соляной кислотой (уравнения электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя):



(3 балла)

10) Количества вещества хлора и соляной кислоты, вступивших в реакции:

$$\text{Для реакции (1): } n(\text{Cl}_2) = 2,5n(\text{KMnO}_4) = 2,5 \cdot 0,1 = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 8n(\text{KMnO}_4) = 8 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ моль}$$

$$\text{Для реакции (2): } n(\text{Cl}_2) = 2n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 8n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 8 \cdot 0,04 = 0,32 \text{ моль}$$

$$\text{Для реакции (3): } n(\text{Cl}_2) = n(\text{MnO}_2) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 4n(\text{MnO}_2) = 4 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ моль} \quad (1,5 \text{ балла})$$

11) $n(\text{Cl}_2)_{\text{общ}} = 0,25 + 0,08 + 0,04 = 0,37 \text{ моль}$

Объем хлора, выделившийся в ходе реакции: $n(\text{Cl}_2)_{\text{общ}} \cdot V_{\text{м}} = 0,37 \cdot 22,4 = 8,288 \text{ (8,3 л)}$

$n(\text{HCl})_{\text{общ}} = 0,8 + 0,32 + 0,16 = 1,28 \text{ моль}$ **(0,5 балла)**

12) Масса вещества соляной кислоты: $n(\text{HCl})_{\text{общ}} \times M(\text{HCl}) = 1,28 \cdot 36,5 = 46,72 \text{ г.}$

Масса раствора соляной кислоты: $m_{\text{в-ва}}(\text{HCl}) / w(\text{HCl}) = 46,5 / 0,365 = 128 \text{ г.}$

Объем раствора соляной кислоты: масса раствора / плотность раствора = $128 / 1,18 = 108,5 \text{ мл.}$ **(0,5 балла)**

13) Техника безопасности при выполнении эксперимента – работа в шкафу с принудительной вентиляцией. **(0,5 балла)**

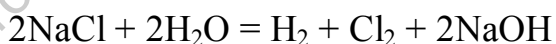
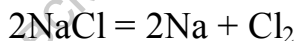
14) MnO_2 – катализатор в процессах разложения бертолетовой соли и пероксида водорода:

$2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ (уравнения электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя) **(1 балл)**

$2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (уравнения электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя) **(1 балл)**

15) Катализатор – вещество, изменяющее скорость реакции за счет участия в промежуточном химическом взаимодействии с реагентами и продуктами реакции, но восстанавливающее свой химический состав после каждого цикла промежуточного взаимодействия. **(1 балл)**

16) Промышленным способом получения хлора является электролиз расплавов и растворов хлоридов металлов:



$\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2$ (электролиз как расплава, так и раствора) **(1 балл)**

17) Применение:

1) Хлор применяют для хлорирования воды при водоподготовке. Однако это часто приводит к образованию токсичных хлорорганических соединений; поэтому хлора заменяют на более безопасное вещество – озон.

2) В органическом синтезе хлор используют для получения галогенпроизводных ароматических и алифатических углеводородов.

(0,5 балла)

Возьмите на заметку!

Задание 11-1 направлено на углубление базовых школьных знаний по неорганической химии. Оно является оригинальным по содержанию, нестандартно по форме и способствует развитию интереса к неорганической химии. Ученик, попытавшийся решить такое задание, в будущем при изучении химической учебно-научной литературы будет больше обращать внимания на необычные неорганические соединения и их свойства.

Задание 11-2 носит прикладной характер, основная часть этого задания является обязательным фрагментом школьной базовой программы по химии. Термическая устойчивость солей аммония и зависимость продуктов разложения от природы аниона, образующего соль, составляют обязательный элемент заданий ЕГЭ. Содержание задания 11-1 не должно вызывать затруднения у участников химической олимпиады. Вызвать трудности может составление уравнений реакции разложений хлоратов и перхлоратов аммония и расстановка коэффициентов методом электронного баланса, поскольку эти соли практически не встречаются в школьной программе.

Задание 11-3 предусматривает знание учащимися номенклатуры органических соединений, химических свойств ароматических соединений, влияние заместителей 1 рода на последующие реакции замещения, умение составлять окислительно-восстановительные реакции с участием органических соединений и применение к ним метода электронного баланса. Содержание данной задачи основано на требованиях школьной программы по химии и многие ее элементы являются составной частью ЕГЭ.

Задание 11-4 соответствует программе школьного курса химии. Оно предусматривает установление структурной формулы углеводорода на основе качественных реакций на непредельные углеводороды и массовой доли элемента брома. Это типовой подход к решению задач такого типа. «Изюминкой» задания является установление положения кратной связи в исходном веществе. Подсказкой является знание истории открытия органических соединений.

Задание 11-5 относится к разделу неорганической химии и является комбинированной задачей, содержащей расчетные и качественные вопросы. Работа над заданием требует достаточно глубоких знаний по общей химии (окислительно-восстановительные реакции, катализ) и неорганической химии (свойства и способы получения веществ, техника безопасности при работе в лаборатории). Дополнительные вопросы связаны с практическим применением обсуждаемых соединений в быту и производстве. Химические уравнения реакции получения хлора при взаимодействии соляной кислоты с различными окислителями – обязательный элемент школьного курса химии и достаточно часто имеют место в различных заданиях ЕГЭ. Расчет по уравнениям химических реакций является основой решения любых химических расчетных задач и не должен вызывать затруднения у учащихся.



Желаем, чтобы слова гениального российского химика Н.Д.Зелинского: *«я уверен, что ни один из тех, кто заинтересуется химией не пожалеет о том, что выберет эту науку в качестве своей специальностью»* стали путеводной звездой для юных химиков. Основной целью при разработке заданий муниципального этапа олимпиады школьников по химии было стремление к развитию у учащихся желания *учиться*. Решив хотя бы частично некоторые задания, учащийся должен получить положительные эмоции от участия в олимпиаде и в то же время осознать, что полученных в школе знаний недостаточно и нужно *учиться работать самостоятельно* для достижения лучших результатов. Важнейшие открытия великие химиками чаще всего сделали в возрасте около 30-ти лет. Так Ф. Велер осуществил первый в истории синтез органического вещества из неорганического в двадцать восемь лет, А.Е. Арбузов открыл свою знаменитую перегруппировку в двадцать девять, А.Е. Фаворский обнаружил первую реакцию, названную его именем – в двадцать семь, А.М. Бутлеров – в тридцать три. Авторы-составители желают молодым химикам много работать, пока длится молодость. Держайте! Творите! Учитесь учиться!

Авторы-составители надеются, что данное пособие окажется полезным при подготовке учащихся к следующим олимпиадам по химии.

Желаем успехов!