

А. Пользуясь имеющимися на столе оборудованием и растворами реагентов, определите состав раствора в каждой колбе. Решение подберите уравнениями химических реакций.

Б. Определите концентрацию (моль/л) и массу (г) каждого компонента в колбе со смесью хлорида и иодида калия.

Оборудование: центрифуга с центрифужными пробирками, иономер или рН-метр (милливольтметр с индикаторным электродом и электродом сравнения), бюретка и пипетка ($V = 2$ мл), стаканы для титрования.

Реагенты: 0,1М растворы $BaCl_2$, $AgNO_3$, HNO_3 , $NH_3 \cdot H_2O$, $Na_2C_2O_4$, $Na_2S_2O_3$, $CuSO_4$, H_2SO_4 ; 0,02М титрованный раствор $AgNO_3$.

Решение

А. Один из вариантов решения заключается в осаждении хлоридов и иодидов серебра с последующим растворением хлоридов в аммиачной воде. Последовательность действия реагентов можно представить в виде таблицы.

Реагент	Исследуемый раствор				
	KCl + KI	KI	Na_2SO_4	KCl + $CaCl_2$	Na_2SO_4 + KCl
$AgNO_3$	↓Желто-белый	↓Желтый	—	↓Белый	↓Белый
На осадок $NH_3 \cdot H_2O$	↓	↓	—	Растворение	Растворение
$BaCl_2$	—	—	↓	—	↓
$Na_2C_2O_4$	—	—	—	↓	—

Сульфат натрия определяют по отсутствию осадка с $AgNO_3$.

Смеси $KCl + CaCl_2$ и $Na_2SO_4 + KCl$ дают белые осадки с $AgNO_3$, растворимые в аммиаке; различаются тем, что последний дает белый осадок с $BaCl_2$.

Смесь $KCl + KI$ и индивидуальное вещество KI дают желтоватые осадки с $AgNO_3$, нерастворимые в аммиаке; различить их можно, растворив смесь осадков $AgCl + AgI$ в аммиаке и отделив раствор от осадка в центрифуге. При добавлении к раствору нескольких капель HNO_3 выпадает осадок $AgCl$.

Б. Из колбы со смесью растворов KCl и KI отбирают аликвоту ($V_0 = 2$ мл) в стакан для титрования, добавляют дистиллированную воду и погружают электроды. Включают магнитную мешалку и титруют 0,02М раствором $AgNO_3$, прибавляя титрант по 0,5 мл. При этом фиксируют и записывают значения потенциалов. По полученным данным строят кривую титрования (E от V (титранта)), определяя по скачкам потенциалов эквивалентные объемы титранта. Первый скачок на кривой (V_1) соответствует оттитрованию иодидов, второй ($V_2 - V_1$) — хлоридов.

Расчет:

$$c(KI) = \frac{c(AgNO_3) \cdot V_1}{V_0}; \quad c(KCl) = \frac{c(AgNO_3) \cdot (V_2 - V_1)}{V_0}$$

$$m(KCl) = c(KCl) \cdot M(KCl) \cdot V;$$

$$m(KCl) = c(KCl) \cdot 74,5 \cdot 0,1;$$

$$m(KI) = c(KI) \cdot M(KI) \cdot V;$$

$$m(KI) = c(KI) \cdot 166 \cdot 0,1.$$

Задачи районного тура Московской химической олимпиады

Д.М. Жилин, А.С. Кольчугин
МГУ им. М.В. Ломоносова

VIII класс

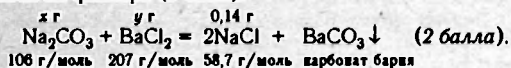
В декабре 1994 г. под эгидой департамента образования Московской области при участии Высшего химического колледжа РАН и химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова был проведен районный тур Московской областной химической олимпиады. Учащимся каждого класса было предложено по пять относительно несложных задач (авторы Д.М. Жилин, В.В. Загорский, В.К. Николаенко, З.В. Свитанько, Д.М. Ройтерштейн). Ниже приведены наиболее, на наш взгляд, интересные задачи, их решения и обсуждаются типичные ошибки, которые допускали школьники. Прежде чем провести анализ ошибок, мы рассмотрели примерно триста работ, выполненных учащимися двух районов Московской области. Чтобы можно было судить о трудности задачи для учащихся, после номера задачи мы приводим средний балл, а при изложении решения указываем оценку каждого этапа.

3. (2,5 из 5.) Крокодил Гена взял в столовой стакан чая. Пока ходил за чайной ложкой, старуха Шапокляк подсыпала в чай хлорид бария $BaCl_2$. Она не знала, что повара для придания плохому чаю хорошего цвета добавляют в него соду Na_2CO_3 . Вернувшись, Гена помешал чай и заметил в нем странную муть. Почуввав неладное, Гена отнес чай к знакомому химику. Знакомый химик, отфильтровав муть, обнаружил в чае лишь хлорид натрия массой 0,14 г.

Объясните, что произошло с другими частями исходных веществ. Определите массу соды, которая была в стакане с чаем. Рассчитайте массу хлорида бария, который подсыпала старуха.

Решение

Вероятно, эти частицы соединились между собой и образовали то нерастворимое вещество, которое осталось на фильтре (1 балл):



Поскольку после фильтрации в стакане с чаем осталось только хлорид натрия, исходные вещества прореагировали полностью (1 балл).

По уравнению реакции можем рассчитать массы карбоната натрия и хлорида бария:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{106 \cdot 0,14}{2 \cdot 58,5} = 0,13 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла}).$$

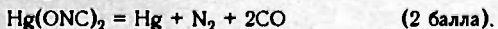
$$m(\text{BaCl}_2) = \frac{207 \cdot 0,14}{2 \cdot 58,5} = 0,25 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла}).$$

Анализ работ. Несмотря на то что пока школьники не знают ионообменных реакций, условие включало достаточно подсказок, чтобы они все же смогли написать соответствующее уравнение реакции. Уравнение реакции написали практически все, при этом многие делали ошибки при расстановке коэффициентов. Рассчитать массы исходных веществ смогли лишь немногие. А вот на первый вопрос задачи, задуманный как утешительный, не ответил практически никто. Основной вариант сводился к тому, что оставшиеся частицы прошли сквозь фильтр, поэтому в чае их не обнаружили. Это говорит о том, что школьники плохо представляют себе процесс фильтрации, хотя ко времени проведения олимпиады должны были его изучить.

5. (3 из 7.) В капсулях винтовочных патронов в качестве детонатора используют гремучую ртуть $\text{Hg}(\text{ONC})_2$, которая при выстреле разлагается, и продукты ее разложения полностью оказываются в воздухе. Сколько раз нужно выстрелить из мелкокалиберной винтовки в непроветриваемом тире размером $50 \times 20 \times 3$ м, чтобы концентрация ртути в воздухе превысила предельно допустимую (значение этой величины в пересчете на чистую ртуть Hg составляет $0,3 \cdot 10^{-5}$ мг/м³), если в каждом патроне содержится 5 мг гремучей ртути?

Решение

По условию задачи вся ртуть, содержащаяся в патронах, оказывается в воздухе. Напишем уравнение реакции разложения гремучей ртути:



Но даже без этого уравнения реакции можно считать, сколько ртути содержится в одном капсуле:

$$m(\text{гг}) = \frac{m(\text{Hg}(\text{ONC})_2) \cdot M_r(\text{Hg})}{M_r(\text{Hg}(\text{ONC})_2)};$$

$$m(\text{гг}) = \frac{5 \text{ мг} \cdot 202}{286} = 3,5 \text{ мг} \quad (2 \text{ балла}).$$

Вычислили объем тира: $V = 50 \cdot 20 \cdot 3 = 3000 \text{ м}^3$ (1 балл). Рассчитаем концентрацию ртути в воздухе тира после одного выстрела:

$$c(\text{гг}) = \frac{m(\text{гг})}{V};$$

$$c(\text{гг}) = \frac{3,5 \text{ мг}}{3000 \text{ м}^3} = 0,0012 \text{ мг/м}^3 \quad (1 \text{ балл}).$$

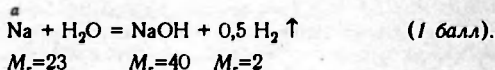
Это в 4 раза больше предельно допустимой концентрации, следовательно, достаточно одного выстрела (1 балл).

Анализ работ. Условие этой задачи не поставило тупик практически никого из участников олимпиады. Кто-то даже пытался писать уравнение реакции разложения гремучей ртути, хотя написать его правильно не удалось никому. В ходе решения школьники допускали в основном две ошибки. Во-первых, забывали, что кроме самой ртути в состав гремучей ртути входят другие элементы. В результате они считали, что в каждом патроне содержится 5 мг элементарной ртути. А во-вторых, путаясь в логике своих рассуждений, они, не смущаясь, получали значения соответствующих величин порядка 10^7 , не говоря уже о размерности (мг/мг, которую, однако, никто из ошибившихся не приводил). Вообще, школьники практически нигде не проверяли размерность величин, хотя, делая это, могли бы избежать досадных ошибок.

IX класс

5. (1,5 из 5.) В воде массой b г, взятой в избытке, растворили a г металлического натрия. Вызвите массовую долю вещества в образовавшемся растворе через a и b .

Решение



Найдем массы веществ, образовавшихся в результате реакции:

$$m(\text{NaOH}) = \frac{a \cdot 40}{23} = 1,74 a;$$

$$m(\text{H}_2) = \frac{1}{23} a = 0,04 a \quad (1 \text{ балл}).$$

Поскольку в результате реакции водород улетучивается и известна масса непрореагировавшей воды, массу раствора можно рассчитать так:

$$\begin{array}{l} m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}) - m(\text{H}_2); \\ m(\text{р-ра}) = b + a - 0,04 a = 0,96 a + b \quad (1 \text{ балл}). \end{array}$$

Обозначим массовую долю растворенного гидроксида натрия через c и выразим ее через a и b :

$$c = \frac{1,74 a}{0,96 a + b} \quad (2 \text{ балла}).$$

Анализ работ. При проверке таких задач создается впечатление, что школьники плохо понимают, чего от них требуют. Видимо, это отголосок большой проблемы нашего образования — отсутствия связей между предметами. Школьники привыкли, что различными действиями с переменными, обозначенными буквами латинского алфавита, их учат в курсе алгебры, и не догадываются, что эти знания можно применить и в химии. Те же, кто сориентировался и выбрал правильный ход решения, забыли, что в результате реакции улетучивается водород, и не учитывали это при подсчете массы раствора. Очень часто школьники оставляли громоздкие дроби, не делая вовремя сокращений, что в результате приводило их к неверному ответу.

Х класс

1. (2 из 5.) Приведите максимальное число существенно различающихся реакций, в результате которых образуется хлорид цинка.

Решение

- $Zn + Cl_2 = ZnCl_2$.
- $Zn + 2 HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow$.
- $ZnO + 2 HCl = ZnCl_2 + H_2O$.
- $Zn(OH)_2 + 2 HCl = ZnCl_2 + 2 H_2O$.
- $Zn + CuCl_2 = ZnCl_2 + Cu$.
- $ZnBr_2 + Cl_2 = ZnCl_2 + Br_2$.
- $ZnCO_3 + 2 HCl = ZnCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow$.
- $ZnSO_4 + BaCl_2 = ZnCl_2 + BaSO_4 \downarrow$.
- $Zn(OH)Cl + HCl = ZnCl_2 + H_2O$.
- $ZnS + Cl_2 = ZnCl_2 + S$.

(0,5 балла за каждую реакцию).

Анализ работ. Практически все школьники привели по несколько уравнений реакций. Интересно, что большинство реакций были реакциями ионного обмена, окислительно-восстановительных школьники почти не упомянули. Часто учащиеся делали ошибки, свидетельствующие о незнании принципов направленности реакций в водных растворах.

3. (0,5 из 5.) При прокаливании смеси безводных солей гидрокарбоната и карбоната натрия до постоянной массы выделяется газ, объем которого составляет 60 % объема газа, образующегося при действии соляной кислоты на полученный после прокаливания остаток. Вычислите молярное соотношение солей в исходной смеси.

Решение

Прокаливание: $2 NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$ (1 балл).

Обработка остатка, полученного после прокаливания, соляной кислотой:

$Na_2CO_3 + 2 HCl = 2 NaCl + H_2O + CO_2$ (1 балл).

Пусть в смеси на 1 моль $NaHCO_3$ приходится x моль Na_2CO_3 . При прокаливании из 1 моль $NaHCO_3$ образуется 0,5 моль CO_2 , а всего в остатке содержится $(0,5 + x)$ моль Na_2CO_3 . По условию $V_1(CO_2) = 0,6 \cdot V_2(CO_2)$, т.е. $n_1(CO_2) = 0,6 \cdot n_2(CO_2) \Rightarrow 0,5 = 0,6(0,5 + x)$, отсюда $x = 0,333$ (2 балла). Молярное соотношение $NaHCO_3$ и Na_2CO_3 в исходной смеси составит:

$n(NaHCO_3) : n(Na_2CO_3) = 1 : 0,333 = 3 : 1$ (1 балл).

Анализ работ. Задача показала, что школьники не умеют составлять математические уравнения. Начинается все с неправильного выбора неизвестного, за которое берут все, что угодно, кроме того, что нужно найти по условию. В результате школьники путаются в громоздких выкладках.

4. (1,5 из 5.) Объем углекислого газа, образовавшегося в результате сжигания углеводорода с относительной плотностью по водороду менее 25, составляет $4/7$ суммы объемов прореагировавших углеводорода и кислорода. Какова формула углеводорода?

Решение

$C_xH_y + (x + y/4)O_2 = xCO_2 + y/2 H_2O$ (1 балл).

По условию $(1 + x + y/4) = (7/4)x$; отсюда $3x = y + 4$ (2 балла). При $x = 4$ $M > 50$, что противоречит условию; если $x = 3$, $y = 5$, то такого углеводорода не существует. Следовательно, $x = 2$, $y = 2$. Углеводород имеет формулу C_2H_2 (2 балла).

Анализ работ. Задача требовала перебора различных вариантов, что испугало большинство школьников. Если кто-то и давал ответ, то самый очевидный (C_2H_2), без всякого обоснования того, что он единственный.

XI класс

4. (1 из 5.) В шести пробирках без этикеток находятся водные растворы уксусной кислоты, ацетальдегида, этанола, соляной кислоты, карбоната калия, нитрата серебра. Массовая доля вещества в каждом растворе равна 0,1. Как различить все эти соединения, используя как можно меньшее число реактивов?

Один из вариантов решения: все соединения можно различить, используя сначала аммиачный раствор оксида серебра. При этом происходят следующие изменения (см. табл. 1).

Таблица 1

Реагент	Наблюдение
Уксусная кислота	Бурый осадок — оксид серебра
Ацетальдегид	Реакция «серебряного зеркала»
Этанол	Без изменений
Соляная кислота	Белый осадок — хлорид серебра
Карбонат калия	Без изменений
Нитрат серебра	Без изменений

Таким образом можно уже точно указать, где находятся уксусная кислота, ацетальдегид и соляная кислота. Оставшиеся три вещества различают, приливая к ним соляную кислоту (табл. 2).

Таблица 2

Реагент	Наблюдение
Этанол	Без изменений
Карбонат калия	Выделение газа — оксид углерода(IV)
Нитрат серебра	Выпадение осадка — хлорид серебра

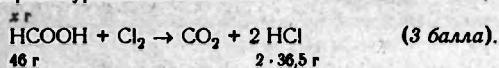
Анализ работ. Эта задача — самая трудная для проверки. Как правило, школьники пишут что-либо наподобие: «Возьмем пробирку с нитратом серебра и капнем в нее хлорид натрия». При этом их не смущает, что они не знают, в какой пробирке находится нитрат серебра. Или: «Уксусную кислоту определим при помощи метилоранжа», но ведь соляная кислота тоже изменяет окраску индикатора... Все это говорит о том, что школьники никогда не решали на практике даже простейших аналитических задач и не представляют, как это реально делается. Вероятно, это можно считать серьезным недостатком школьной программы.

5. (0 из 5.) Через горячий 10 %-ный раствор муравьиной кислоты массой 75 г пропускали газообразный хлор до тех пор, пока массовые доли обеих кислот в растворе не стали равными. Определите массу образовавшихся кислот.

Решение

Масса муравьиной кислоты в растворе составляет 7,5 г. Пусть масса прореагировавшей муравьиной кис-

лоты x г. Реакция газообразного хлора с горячим раствором муравьиной кислоты:



По условию реакцию проводили до тех пор, пока массовая доля образовавшейся соляной кислоты не стала равной массовой доле непрореагировавшей муравьиной кислоты. Поскольку процесс идет в одном растворе, то массы кислот тоже оказываются одинаковыми.

Выразим массу непрореагировавшей муравьиной кислоты:

$$m_2(\text{НСООН}) = 7,5 - x.$$

По уравнению реакции найдем массу образовавшейся соляной кислоты:

$$m(\text{HCl}) = \frac{x \cdot 2 \cdot 36,5}{46}.$$

Так как массы НСООН и HCl равны, можно составить уравнение:

$$7,5 - x = \frac{x \cdot 2 \cdot 36,5}{46}.$$

Решая его, получаем $x = 2,9$. Тогда масса муравьиной кислоты в конечном растворе, а значит, и масса соляной кислоты равны по 4,6 г (2 балла).

Анализ работ. Никто из школьников не справился с этой задачей. Многие из тех, кто брался за решение, неверно писали уравнение реакции, что и было причиной их неудачи. В качестве продукта реакции они чаще всего приводили вещество ClCOOH . При этом никто не обращал внимания ни на соседство групп $-\text{Cl}$ и $-\text{OH}$ у одного атома углерода, ни на то, что в ходе такой реакции в растворе находятся три кислоты (НСООН , HCl и ClCOOH), а не две, как указано в условии. Изобретались также другие формулы конечного продукта. Немало школьников спутали муравьиную и уксусную кислоты.

Химический вечер «Что скрывается в чашке кофе»

В.М. Байкова
г. Петрозаводск

Оформление интерьера. На сцене — физическая карта мира, на ней коричневыми флажками отмечены страны — производители и экспортеры кофе на мировой рынок: Бразилия, Колумбия, Уганда, Гватемала, Сальвадор, Мексика, Индонезия, Эфиопия, Коста-Рика, Камерун, Перу, Кения, Конго, Никарагуа, Эквадор, Гондурас, Гаити, Венесуэла. Рядом — рисунок кофейного дерева с цветами и плодами. В зале на больших листах химические формулы: кофеина, кофейной, никотиновой, хинной и хлорогеновой кислот, а также таблица «Химические элементы, входящие в состав кофейного семени, и их значение для организма». На столе — кофейный сервиз и карточки с изображением химической формулы кофеина. В них приведены различные рецепты приготовления кофе.

Сценарий вечера

В зале гаснет свет, прожектор направлен на ведущего, стоящего около плаката с изображением кофейного дерева.

Первый ведущий. Кофейное дерево — растение с белыми душистыми цветами, из которых образуется плод — ягода красного или фиолетово-синего цвета с двумя семенами в

сочной мякоти. Оно относится к семейству мареновых, преимущественно распространено в тропиках Восточного полушария, в Африке. Его вечнозеленые или листопадные деревья и кустарники образуют заросли в Эфиопии и речных долинах Абиссинского нагорья. В XIV—XV вв. на Аравийском полуострове были выведены культурные сорта этого растения. С тех пор кофейное дерево распространилось по другим континентам и определяет целые статьи дохода некоторых стран.

Более половины мировой продукции кофе дает Бразилия, эту страну даже называют «кофейной державой».

Ведущий показывает на карте и называет страны, в которых в настоящее время возделывают кофе.

Второй ведущий. Наверное, многим будет интересно узнать, как готовят кофе на родине этого растения — в Эфиопии.

Далее мы приводим отрывок из рассказа Г. Устинова «Кэфа — родина кофе», опубликованного в газете «Известия» за 11 марта 1989 г. Его можно инсценировать, сопроводив комментариями ведущего.

«Проезжая по улицам, замечаешь, что кофейные деревца растут повсюду — вдоль дорог и улиц, во дворах домов, школ и больниц. И ко-