

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Задача 9-1

Навеску бинарного кислородного соединения металла **A** массой 55 г обработали 1 л воды. Полученный раствор прокипятили с обратным холодильником и получили 998 мл раствора с плотностью 1,049 г/мл.

Вопросы:

1. Перечислите все классы бинарных соединений металлов с кислородом.
2. Определите возможные формулы соединения **A** и назовите их.
3. Напишите все необходимые для решения задачи уравнения химических реакций.

### Задача 9-2

На полке в лаборатории обнаружили две банки со стертыми этикетками. В обеих банках находились черные порошки. При растворении одного из них в концентрированной соляной кислоте образовался желто-зеленый раствор (1), который при разбавлении водой стал голубым (2). При взаимодействии с концентрированной соляной кислотой другого порошка был получен синий раствор (3), который при разбавлении водой стал розовым (4).

Вопросы:

1. Приведите аргументированный вывод, какие вещества могли находиться в банках.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия этих веществ с концентрированной соляной кислотой (1, 3) и уравнения реакций при разбавлении водой полученных растворов (2, 4). Объясните причину изменения цветов соответствующих растворов.

### Задача 9-3

Однажды Карабас-Барабас, прочитав учебник химии, потребовал от актеров изучить взаимодействие марганца с различными кислотами. Части персонажей был выдан химически чистый марганец, а остальным – металл, содержащий примесь железа и меди. В работе использовали 3 М соляную и азотную кислоты, 1 М серную кислоту, дымящую (100%-ную) азотную кислоту, которые брали в избытке по отношению к металлу. Каждому из персонажей Дуремар предоставил один образец металла и одну

склянку с кислотой. Наблюдения персонажи записывали в лабораторные журналы. Ознакомимся с записями в этих журналах.

Буратино. Реакция протекает энергично, не требует нагревания. Выделяется бесцветный газ, который при поднесении спички взрывает с хлопком. Металл растворяется без остатка.

Мальвина. Реакция протекает не так энергично, как в пробирке у Буратино. Выделяется бесцветный горючий газ, без вкуса и запаха. После полного растворения металла на дне пробирки остается немного мелкого порошка.

Пьеро. Реакция протекает не так энергично, как в пробирке у Буратино. Металл растворяется без остатка. При добавлении к раствору сульфида натрия образуется черный осадок. Выделившийся из пробирки газ имеет едва заметный желто-оранжевый цвет, который исчезает при пропускании газа через щелочь. Газ, после пропускания через щелочь, бесцветен, при поднесении спички взрывает с хлопком.

Лиса Алиса. При действии кислоты поверхность металла покрывается белесым налетом, газ не выделяется. При добавлении небольшого количества воды начинается энергичная реакция с выделением бурого газа. Полученный раствор имеет зеленовато-желтый цвет, не исчезающий при кипячении.

Кот Базилио. Реакция протекает с выделением бесцветного газа и так же энергично, как у Буратино. Раствор приобретает красивый бледно-розовый цвет. После полного растворения металла на дне пробирки остается немного мелкого порошка.

Выполняя работу, персонажи забыли, какой из образцов металла и какую кислоту они использовали. Это грозило наказанием. Однако папа Карло спас положение и легко восстановил недостающую информацию.

Сделайте это и Вы, представив конечный ответ в таблице

Персонаж	Образец марганца (чистый или с примесями)	Формула и концентрация кислоты

Приведите уравнения реакций взаимодействия металлов с кислотами и соотнесите их с записями в лабораторных журналах.

#### **Задача 9-4**

Осадок, полученный при действии на 400 г 8 %-ного раствора сульфата меди (II) разбавленного раствора аммиака (который взяли в количестве, достаточном для полного осаждения осадка) (1), отфильтровали, высушили и прокалили в стеклянной

трубке до 300 °С в токе инертного газа (2). Газообразные вещества на выходе из трубки пропустили через колонку с твердой щелочью массой 360 г. Масса колонки при этом возросла на 5 %.

Выдерживание такого же количества высушенного на воздухе осадка в эксикаторе над концентрированной серной кислотой приводит к увеличению массы кислоты на 7,2 г (3).

Вопросы:

1. Проведя необходимые расчеты, определите:

-формулу вещества, выпавшего в осадок в результате реакции (1);

-формулу вещества, образовавшегося при прокаливании осадка, рассчитайте его массу, и приведите его название.

2. Напишите уравнения реакций (1 – 3);

3. Укажите, к какому классу относится осажденное вещество, выпадающее в результате реакции (1).

### **Задача 9-5**

Химик, запомни, как оду:

Льют кислоту в воду.

Хорошо известно, что при взаимодействии концентрированной серной кислоты с водой выделяется большое количество теплоты. В термодинамическом справочнике можно найти следующие данные о теплотах образования ( $Q_f$ ) серной кислоты.

	$Q_f$ , кДж·моль <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	813.99
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ai)	909.27

Индексы в скобках имеют следующий смысл: (l) – жидкая кислота, (ai) – кислота, полностью ионизированная в воде.

Вопросы:

1. Какое количество теплоты выделяется при растворении 1 моль 100 %-ной серной кислоты в количестве воды, достаточном для полной ионизации кислоты?

2. Какую массу воды можно нагреть от 25 °С до 100 °С с помощью этого количества теплоты? Считайте, что теплоёмкость воды  $C_p$  равна  $75.3 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$  и не зависит от температуры.

3. Какую массу воды можно нагреть от 25 °С до 100 °С и испарить с помощью этого количества теплоты? Теплота испарения воды при 100 °С равна  $40.66 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

4. Исходя из проведенных расчётов, объясните, почему при разбавлении концентрированной серной кислоты её нужно добавлять небольшими порциями к воде, а не наоборот.

## ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

### Задача 10-1

Белое порошкообразное вещество X было добавлено к растворам кислот. Результаты экспериментов приведены в таблице.

кислота	<i>m</i> р-ра к-ты, г	доля к-ты, %	<i>m</i> доб. в-ва, г	<i>m</i> получ. р-ра, г
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40,0	5,00	5,00	43,2
HCl	40,0	5,00	5,00	42,8

Вопросы:

1. Определите состав добавляемого вещества (формула). Напишите его название.
2. Напишите уравнения реакций, происходящих при растворении.
3. Какие вещества могут содержаться в конечном растворе?
4. Для добавляемого вещества X напишите реакции, протекающие при нагревании и добавлении хлорида бария.

### Задача 10-2

Калий – важнейший биогенный элемент, входящий в состав животных и растительных клеток. При дефиците калия в организме развивается гипокалиемия, возникают нарушения работы сердечной и скелетной мускулатуры. Основными пищевыми источниками калия для человека являются печень, молоко, рыба, сушёные абрикосы, дыня, бобы, киви, картофель, авокадо, бананы, брокколи, цитрусовые, виноград. Недостаток калия в почве приводит к угнетению растений и значительному уменьшению урожая, поэтому около 90 % добываемых солей калия используют для производства химических удобрений.

Металлический калий чрезвычайно химически активен: уже при комнатной температуре он реагирует с водой [1], хлором [2], сероводородом [3], а при нагревании – с аммиаком [4], водородом [5], красным фосфором [6] и многими другими веществами.

1. Напишите уравнения реакций [1–6], с помощью которых в задаче охарактеризованы химические свойства металлического калия.

Благодаря повышенной реакционной способности, калий в свободном виде в природе не встречается. Тем не менее, элемента калия на нашей планете довольно много: по распространенности он занимает 7-е место среди всех элементов, образует ряд собственных минералов и входит в состав морской воды. Содержание калия в земной коре составляет 2,4 масс. %, в морской воде 0,0371 масс. %.

2. Перечислите элементы, массовое содержание которых в земной коре больше, чем у калия.

3. Приведите примеры двух минералов, в состав которых входит калий (формулы, минералогические и химические названия).

4. Оцените общее количество калия в земной коре в штуках атомов, если известно, что масса земной коры оценивается в  $2,8 \cdot 10^{19}$  тонн. Рассчитайте среднюю концентрацию калия в морской воде в моль/л, если средняя плотность морской воды  $1,025 \text{ г/см}^3$ .

Природный калий состоит из двух стабильных изотопов  $^{39}\text{K}$  и  $^{41}\text{K}$  и радиоактивного  $^{40}\text{K}$  (период полураспада  $1,251 \cdot 10^9$  лет). В каждом грамме природного калия в секунду распадается в среднем 32 ядра  $^{40}\text{K}$ , благодаря чему, например, в организме человека весом 70 кг ежесекундно происходит около 4000 радиоактивных распадов.

5. Оцените массовую долю калия в человеческом организме. Укажите, какие элементарные частицы и в каком количестве входят в состав изотопа  $^{40}\text{K}$ .

Содержание  $^{40}\text{K}$  в природной смеси изотопов 0,0117 %. Весь имеющийся на Земле  $^{40}\text{K}$  образовался одновременно с возникновением самой планеты и с тех пор постепенно распадался. Несмотря на то, что его распад происходит сразу по двум направлениям ( $\beta$ -распад и электронный, или K-захват), общий период полураспада достаточно велик ( $1,248 \cdot 10^9$  лет). Отношение концентрации  $^{40}\text{K}$  к концентрации одного из его продуктов распада в изолированных горных породах используется для определения их абсолютного возраста; этот метод является одним из основных методов ядерной геохронологии.

6. Напишите уравнения реакций ядерного распада изотопа  $^{40}\text{K}$ . Исходя из значения атомной массы, оцените относительное содержание стабильного изотопа  $^{41}\text{K}$  в природной смеси. Также оцените, сколько лет назад содержание  $^{40}\text{K}$  в природной смеси изотопов составляло 0,0936 %.

### Задача 10-3

Однажды Карабас-Барабас прочитав учебник химии, потребовал от актеров изучить взаимодействие марганца с различными кислотами. Части персонажей был выдан химически чистый марганец, а остальным – металл, содержащий примесь железа и меди. В работе использовали 3 М соляную и азотную кислоты, 1 М серную кислоту, дымящую (100 %-ную) азотную кислоту, которые брали в избытке по отношению к металлу. Каждому из персонажей Дуремар предоставил один образец металла и одну склянку с кислотой. Наблюдения куклы записывали в лабораторные журналы. Ознакомимся с записями в этих журналах.

Буратино. Реакция протекает энергично, не требует нагревания. Выделяется бесцветный газ, который при поднесении спички взрывает с хлопком. Металл растворяется без остатка.

Мальвина. Реакция протекает не так энергично, как в пробирке у Буратино. Выделяется бесцветный горючий газ, без вкуса и запаха. После полного растворения металла на дне пробирки остается немного мелкого порошка.

Пьеро. Реакция протекает не так энергично, как в пробирке у Буратино. Металл растворяется без остатка. При добавлении к раствору сульфида натрия образуется черный осадок. Выделившийся из пробирки газ имеет едва заметный желто-оранжевый цвет, который исчезает при пропускании газа через щелочь. Газ, после пропускания через щелочь, бесцветен, при поднесении спички взрывает с хлопком.

Лиса Алиса. При действии кислоты поверхность металла покрывается белесым налетом, газ не выделяется. При добавлении небольшого количества воды начинается энергичная реакция с выделением бурого газа. Полученный раствор имеет зеленовато-желтый цвет, не исчезающий при кипячении.

Кот Базилио. Реакция протекает с выделением бесцветного газа и так же энергично, как у Буратино. Раствор приобретает красивый бледно-розовый цвет. После полного растворения металла на дне пробирки остается немного мелкого порошка.

Выполняя работу, персонажи забыли, какой из образцов металла и какую кислоту они использовали. Это грозило наказанием. Однако папа Карло спас положение и легко восстановил недостающую информацию.

Сделайте это и Вы, представив конечный ответ в таблице

Персонаж	Образец марганца	Формула	и
----------	------------------	---------	---

	(чистый или с примесями)	концентрация кислоты

Приведите уравнения реакций взаимодействия металлов с кислотами и соотнесите их с записями в лабораторных журналах.

### **Задача 10-4**

Некоторое количество смеси изомерных углеводородов **A** и **B** поместили в вакуумированный автоклав объемом 10 л, после чего под давлением добавили 10-кратное (по молям) количество кислорода. Реакционную смесь нагрели до 350 °С. При этом давление в автоклаве оказалось равным 568,48 кПа. Через автоклав пропустили электрическую искру. После того, как углеводороды полностью сгорели, снова измерили давление при той же температуре. Оно оказалось равным 647,14 кПа. Полученную газовую смесь пропустили через раствор известковой воды; образовалось 50,0 г осадка.

1. Определите молекулярную формулу углеводородов A и B. Ответ подтвердите расчетами.

2. Укажите число возможных изомерных углеводородов, отвечающих данной формуле и не обесцвечивающих водный раствор перманганата калия.

Известно, что углеводороды **A** и **B** гидрируются при повышенных температуре и давлении; при этом из обоих образуются одни и те же продукты гидрирования **C** и **D**. Известно, что в молекуле **A** имеется 4, а в молекуле **B** 6 типов атомов водорода.

3. Напишите структурные формулы соединений A–D.

4. Напишите продукты реакции A с HBr.

### **Задача 10-5**

В таблице приведены стандартные энтальпии образования соединений ClF, BrF и BrCl в газовой фазе при 298 К и энергии связи в этих молекулах.

Молекула	$\Delta_f H^\circ$ , кДж·моль <sup>-1</sup>	$E_{\text{связи}}$ , кДж·моль <sup>-1</sup>
ClF	-50.3	248.9

BrF	-58.5	249.4
BrCl	14.6	215.9

Вопросы:

1. Определите по этим данным энергии связи в молекулах фтора, хлора и брома. Изобразите в условном масштабе (график можно строить на листе тетради и без указания значений величин) зависимость  $E_{\text{связи}}$  от атомной массы галогена (F, Cl, Br и I)

2. Энтальпия образования газообразного фторида хлора (III) равна  $-158.9 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Рассчитайте энергию связи Cl-F в этой молекуле и объясните, почему она отличается от энергии связи в двухатомной молекуле.

3. Длины связей в молекулах ClF, BrF и BrCl равны 0.162, 0.176 и 0.214 нм соответственно. Определите ковалентные радиусы атомов фтора, хлора и брома. Найдите длину связи в молекуле Cl<sub>2</sub>.

Энергией связи называют энтальпию реакции  $AB_{\Gamma} = A_{\Gamma} + B_{\Gamma}$

## ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

### Задача 11-1

Белое порошкообразное вещество  $X$  было добавлено к растворам кислот. Результаты экспериментов приведены в таблице.

кислота	$m$ р-ра к-ты, г	доля к-ты, %	$m$ доб. в-ва, г	$m$ получ. р-ра, г
$H_2SO_4$	40,0	5,00	5,00	43,2
$HCl$	40,0	5,00	5,00	42,8

Вопросы:

1. Определите состав добавляемого вещества (формула). Напишите его название.
2. Напишите уравнения реакций, происходящих при растворении.
3. Какие вещества могут содержаться в конечном растворе?
4. Для добавляемого вещества  $X$  напишите реакции, протекающие при нагревании и добавлении хлорида бария.

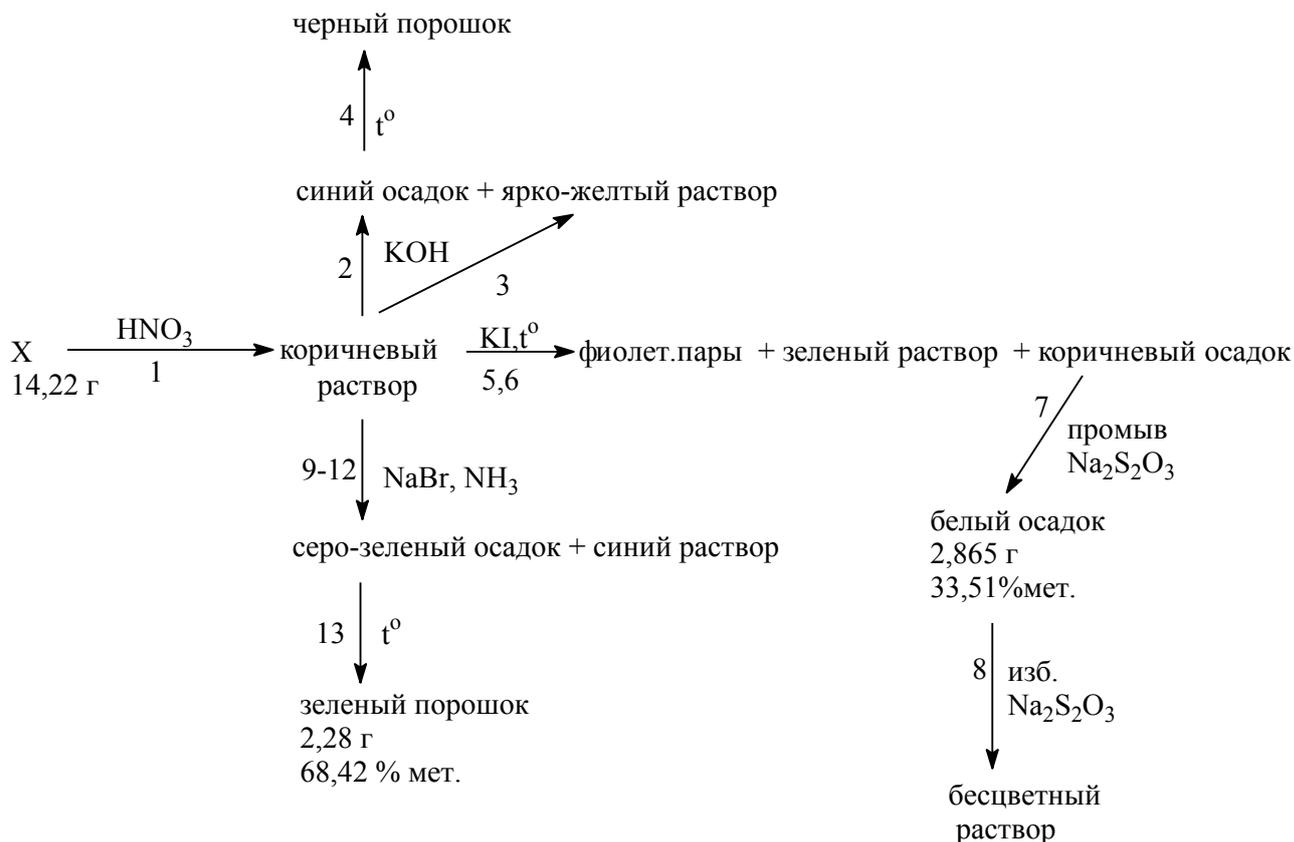
### Задача 11-2

В химической лаборатории была обнаружена склянка с серо-черными кристаллами неизвестного вещества  $X$ , нерастворимыми в воде. Желая установить их состав, лаборант отвесил 14,22 г кристаллов и подействовал на них большим избытком разбавленного раствора азотной кислоты. Кристаллы полностью растворились, а раствор приобрел коричневый цвет (реакция 1). Полученный раствор разделили на **три равные порции**.

К первой из них добавили раствор гидроксида калия. При этом раствор приобрел ярко-желтый цвет (реакция 3) и выпал синий осадок (реакция 2), который при кипячении стал черным (реакция 4).

Вторую порцию раствора обработали раствором иодида калия и нагрели до кипения. При этом выделялись фиолетовые пары, образовался зеленый раствор и коричневый осадок (реакции 5–6). Осадок отделили, промыли раствором тиосульфата натрия, в результате чего он стал белым (реакция 7), потом его высушили и взвесили. Масса осадка 2,865 г, он содержит 33,51 % (масс.) металла. Белый осадок полностью растворился в избытке раствора тиосульфата натрия (реакция 8)

К третьей порции коричневого раствора прилили бромид натрия, раствор прокипятили (реакция 9). Когда раствор остыл, добавили к нему концентрированный раствор аммиака (реакции 10–12). Раствор стал синим, из него выпал серо-зеленый осадок, который при прокаливании (реакция 13) дал 2,28 г зеленого порошка, содержащего 68,42 % (масс.) другого металла. Описанные превращения можно представить в виде схемы:



Определите формулу неизвестного вещества X, запишите уравнения всех упомянутых реакций (1–13).

### Задача 11-3

Ударо- и износостойкие пластики используются для изготовления деталей автомобилей и бытовой техники, пластиковых карт, медицинского оборудования, мебели. Широко распространенные АБС-пластики представляют собой сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола.

#### 1. Изобразите структурные формулы перечисленных мономеров.

Образец АБС-пластика содержит (по массе) 87,67 % углерода, 7,99 % водорода и азот.

#### 2. Рассчитайте мольную и весовую долю каждого из мономеров в полимере.

3. Запишите все возможные уравнения реакций роста полимерной цепи (радикальная полимеризация), в результате которых в полимер включается звено бутадиена.

4. Сколько различных диад (пар последовательных звеньев) может существовать в описанном АБС-пластике: а) считая, что все реакции роста цепи протекают с полной регио- и стереоселективностью; б) считая, что реакции роста цепи при включении звена бутадиена не являются селективными?

Известно, что полистирол и сополимеры стирола с акрилонитрилом – прочный, но довольно хрупкий материал (разрушается при небольших деформациях), а полибутадиен – каучук, способный к высоким обратимым деформациям без разрушения. АБС-пластик сочетает высокую прочность со стойкостью к деформациям.

5. Как распределены звенья сомономеров в полимерной цепи АБС-пластиков (беспорядочно, строго чередуясь, группами из одинаковых звеньев)? Аргументируйте свой ответ.

Молярные массы используйте с точностью до целых единиц атомной массы.

#### **Задача 11-4**

Установлено, что для органических молекул и интермедиатов существует приблизительно экспоненциальная зависимость длины С–С связи ( $L$ , Å) от ее порядка ( $K$ ):

$$L = a \cdot e^{-bK}$$

В углеводороде **I** ( $\omega_C : \omega_H = 4$ )  $L_I = 0.154$  нм, а в углеводороде **II**  $L_{II} = 0.120$  нм.

1. Расшифруйте формулы **I** и **II**, если  $M_I/M_{II} = 1.154$ . Укажите тип гибридизации атомов С в молекулах **I** и **II**.

2. Рассчитайте значения коэффициентов  $a$  и  $b$ . Оцените  $K$  для молекулы бензола ( $L = 0.140$  нм). Примечание: в ответах приводите три значащие цифры.

Полученное значение  $K$  можно объяснить, используя терминологию Кекуле, наличием «осцилляции связей в бензольном кольце» (хотя правильнее говорить, что молекула бензола существует в двух мезомерных формах):

На возможность такой «осцилляции» (на существование в виде двух мезомерных форм) указывали, например, данные по восстановительному озонированию углеводорода **III**, в результате которого образуется смесь соединений **X**, **Y** и **Z** в

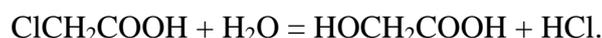
мольном соотношении 1:2:3. **III** можно получить из **II** согласно схеме:

3. Напишите структурные формулы соединений А–G, X–Z, III и IV.

4. Установите формулу катализатора, который используется для дегидрирования G, если он содержит Al (29.51 %), O (34.97 %) и элемент X.

### **Задача 11-5**

Хлоруксусная кислота под действием воды превращается в гликолевую. Реакция протекает по уравнению



При большом избытке воды реакция имеет первый порядок по хлоруксусной кислоте и нулевой по воде.

Кинетику реакции изучали с помощью титрования. Для этого из реакционной смеси отбирали пробы и оттитровывали раствором NaOH. Ниже приведены объёмы щелочи, пошедшие на титрование при разных временах реакции.

Время, мин	0	600	900	1800	2100
Объём NaOH, мл	12.9	15.8	17.0	19.8	20.5

Вопросы:

1. Чему равна константа скорости реакции?

2. Через какое время после начала реакции все три кислоты будут находиться в смеси в равных количествах?

3. Чему равен период полураспада хлоруксусной кислоты при данных условиях?

4. Через какое время в смеси останется 25% начального количества хлоруксусной кислоты?

Справочная информация:

Для реакций первого порядка  $k \cdot t = \ln \frac{C_0}{C}$ , где  $k$  – константа скорости реакции,  $C_0$  –

начальная концентрация вещества,  $C$  – концентрация вещества в момент времени  $t$ .