

## 9 класс

### Задача 9-1

Неметаллы VIA группы называют халькогенами, что означает «рождающие медь». И действительно: в природе встречаются соединения меди со всеми халькогенами, причём различного состава, и некоторые из них служат источником металлической меди для человека вот уже более пяти тысячелетий. Однако, справедливости ради, стоит отметить, что в природе широко распространены халькогениды и многих других металлов. Сульфиды весьма разнообразны по составу и цвету.

*а) Приведите пять примеров сульфидов различной окраски, встречающихся в природе. Укажите их тривиальные названия и окраску.*

Чаще всего, однако, природные сульфиды имеют чёрный или тёмно-серый цвет. Однажды химик изучал смесь трёх таких сульфидов, массовые доли которых в этой смеси были равны. Для начала он прокалил порцию смеси исходной массой 69,6 г на воздухе при температуре 500 °С, дождавшись окончания протекания реакций. Масса твёрдого остатка, ставшего светло-серым, составила 49,6 г, а охлаждение выделившихся летучих продуктов до 20 °С дало 20,0 г жидкости. Химику стало очевидно, что жидкость – это индивидуальное вещество, в котором не содержится серы, а серый остаток – это смесь веществ. Он попробовал растворить смесь в избытке разбавленной азотной кислоты, но лишь частично преуспел: отфильтровав осадок, он выделил белый порошок массой 29,4 г, представляющий собой индивидуальное вещество с массовой долей серы 10,57%. Выпаривание оставшегося после отделения осадка фильтрата дало 31,8 г прозрачных безводных кристаллов. Догадавшись, что произошло, химик подтвердил свои мысли прокаливанием кристаллов на воздухе при 500 °С: как и ожидалось, они потеряли 36,5% массы, превратившись в простое вещество.

*б) Один из чёрных сульфидов из исследованной смеси имеет более распространённую в природе модификацию другого цвета. Установите, сульфиды каких металлов входили в состав проанализированной смеси, и составьте уравнения всех описанных в эксперименте превращений.*

*в) Составьте уравнения реакций, протекающих при действии разбавленной и концентрированной азотной кислоты на исходную смесь сульфидов.*

### Задача 9-2

Иногда, используя тривиальные названия, спиртами называют вещества или растворы, не имеющие отношение к классу спиртов. Например, салициловый спирт, строго говоря, относится к классу фенолов, муравьиный спирт – это раствор муравьиной кислоты в водном растворе этанола, виниловый спирт (этенол) – на самом деле таутомеризованный альдегид, а этандиол-1,1 – гидратированный альдегид. Тем не менее, для того же винилового спирта характерны некоторые свойства спиртов: в частности, образование простых и сложных эфиров, а также диссоциация по кислотному типу ( $K_a = 3,1 \cdot 10^{-11}$ ).

- а) Приведите по одному примеру простого и сложного эфиров винилового спирта. Составьте их структурные формулы и назовите их.
- б) Объясните, почему константа диссоциации для винилового спирта существенно выше, чем для этилового ( $K_a = 1,3 \cdot 10^{-16}$ ). Каково электронное строение аниона, образующегося при диссоциации винилового спирта? Как в целом называются подобные анионы?

В водном растворе виниловый спирт практически нацело таутомеризуется в альдегид ( $K_{\text{taut}} = 8,3 \cdot 10^5$ ), а тот, в свою очередь, в значительной степени гидратируется ( $K_{\text{hydr}} = 1,07$ ) до диола. В воде растворили такое количество данного альдегида, что равновесная концентрация молекул винилового спирта в растворе достигла  $10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup>.

- в) Установите равновесные концентрации молекул альдегида и диола в данном растворе. Какова в нём степень диссоциации винилового спирта? В расчётах учитывайте, что концентрация растворителя не вносится в выражение для константы равновесия.
- г) К 1 дм<sup>3</sup> раствора добавили 0,1 моль/дм<sup>3</sup> NaOH. Какой станет равновесная концентрация аниона, образованного виниловым спиртом? Как она будет изменяться со временем и почему?

### Задача 9-3

Современную окружающую нас среду невозможно представить без светодиодов и люминесцентных материалов. До 1968 года светодиоды оставались очень дорогими – стоимость одного светодиода доходила до \$200 за штуку. Однако уже к концу XX века исследователи разработали новые эффективные материалы и технологии, позволившие снизить стоимость светодиодов и люминесцентных материалов в десятки и даже сотни раз. Немаловажную роль в этом развитии играет разработка новых, более простых и экологически безопасных путей синтеза различных материалов.

Вещество **X** находит применение в светодиодах и люминесцентных материалах. **X** является галогенидом металла **M**. Для того, чтобы синтезировать вещество **X**, к суспензии гидрида металла **M** (вещество **A**) в пиридине при постоянном длительном перемешивании добавляют раствор галогенида аммония **B** в пиридине. После завершения реакции реакцию смесь фильтруют, пиридин отгоняют в вакууме. Полученное таким образом вещество **X** высушивают в вакууме при температуре 150 °С. Массовая доля металла **M** в соединении **X** составляет 35,11%, а массовая доля галогена в соединении **B** в 1,35 раза больше, чем массовая доля галогена в соединении **X**.

*а) Расчетом установите химическую формулу вещества **X**. Запишите уравнения реакций, соответствующие описанной методике получения вещества **X**. Какую роль в синтезе играет пиридин? Почему высушивание продукта необходимо проводить в вакууме? Запишите уравнение реакции, которая может протекать при высушивании продукта на воздухе.*

Современные методы синтеза **X** более удобны. Одна из таких методик предполагает синтез в две стадии. Сначала вещество **B**, являющееся малорастворимым соединением металла **M**, осаждается раствором гидрокарбоната аммония из раствора нитрата металла **M**. Полученный осадок тщательно промывается дистиллированной водой и высушивается. На второй стадии синтеза смесь полученного вещества **B** с твердым галогенидом аммония **B** нагревается в течение 30 минут при температуре 400 °С.

*б) Запишите уравнения реакций получения вещества **X** по описанной методике.*

Соль **G**, которую можно получить сплавлением **A** и безводного **X**, содержит по массе на 16,66% больше **M**, чем вещество **X**. Соли такого типа имеют весьма любопытный состав и были впервые синтезированы и описаны еще в середине XX века. Без доступа влаги такие соединения достаточно устойчивы, но с водой реагируют с выделением газа.

*в) Установите химическую формулу соединения **G**. Запишите соответствующее уравнение реакции сплавления. Предположите, какой тип химической связи в соединении **G**. Свой ответ поясните. Основываясь на Ваших знаниях, предположите, как называется соединение **G**. Можно ли получить соединение **G** реакцией обмена с соответствующей галогеноводородной кислотой? Запишите уравнение реакции вещества **G** с водой.*

#### **Задача 9-4**

Может показаться удивительным, но не все органические вещества горючи. Некоторыми из них, напротив, пользуются для тушения пожаров. Одно из таких веществ, являющееся производным изопропилэтилкетона, назвали «сухой водой»: оно не смачивает

бумагу и не проводит ток, а потому идеально подходит для тушения пожаров в офисах, музеях и банках, где находятся ценные документы, экспонаты и работающая офисная техника. Тяжёлые пары «сухой воды» не позволяют воздуху поступать к очагу пожара, а после использования рассеиваются в атмосфере, экологично разлагаясь под действием солнечных лучей. Известно, что массовая доля кислорода в «сухой воде» равна 5,06%.

*а) Установите строение молекулы «сухой воды» и объясните её негорючесть. Возможна ли химическая реакция между «сухой водой» и обычной водой? Поясните свой ответ.*

Углеводород 2,2,4-триметилпентан, тривиально называемый изооктаном, является стандартом октанового числа бензина. Его получают в промышленности по реакции присоединения, в которой – что может показаться удивительным – участвует алкан. Вторым участником этой необычной реакции является другой углеводород, но с таким же углеродным скелетом.

*б) Назовите углеводороды, вступающие в описанную реакцию присоединения.*

*в) Известно, что в качестве катализатора в этой реакции используется сильная кислота. Исходя из этого, предположите механизм участия алкана в данной реакции присоединения.*

Обычно принято рассматривать лишь структурную изомерию алканов. Однако, как бы не было удивительно, для большинства алканов также характерна и пространственная изомерия.

*г) Назовите все структурные изомеры изооктана, для которых характерна пространственная изомерия, и укажите число пространственных изомеров для каждого из них.*

Широко известно, что алканы, содержащие от 5 до 15 атомов углерода в молекуле, при 20 °С жидкости. Изооктан следует этому правилу, однако – на удивление – у него есть изомер, который остаётся в твёрдом состоянии даже при температуре 100 °С, в то время как сам изооктан в этих условиях – газ.

*д) Какие именно алканы имеют в виду, говоря о жидком состоянии при числе атомов углерода в молекуле от 5 до 15? Какой именно изомер изооктана, по-вашему, сохраняет твёрдое состояние выше температуры кипения самого изооктана? Мотивируйте свой выбор.*

### **Задача 9-5**

«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса» - так был в 1871 году

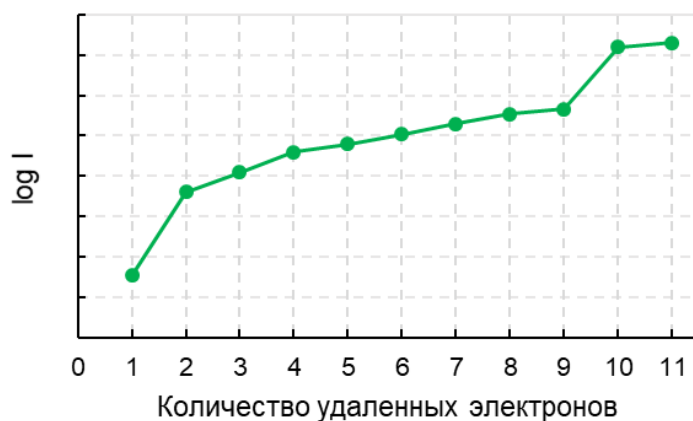
окончательно сформулирован Д. И. Менделеевым периодический закон, открытый им двумя годами ранее, в 1869 году. Периодическая система химических элементов является наглядным отражением периодического закона, в ней явно прослеживается зависимость различных свойств элементов от заряда их атомного ядра и, следовательно, от электронного строения атома. По группам и периодам элементы демонстрируют определенные закономерности в изменении атомных радиусов, электроотрицательности, энергии ионизации и энергии сродства к электрону.

а) Как изменяется атомный радиус элементов VIIA группы от атома фтора к атому астата? Как изменяется электроотрицательность от атома фтора к атому астата? Свои ответы кратко поясните.

Атомы большинства химических элементов представляют собой устойчивые системы, не склонные к распаду. Однако известно, что при определенных условиях атом может достаточно легко превращаться в ион – заряженную частицу, образующуюся в результате отдачи или присоединения электронов. Наименьшая энергия, необходимая для удаления электрона от атома на бесконечно большое расстояние и превращение его в катион – это энергия ионизации (I). Чем устойчивее электронная конфигурация атома, тем выше энергия его ионизации, т.е. тем большую энергию нужно затратить на отрыв электрона. В многоэлектронных атомах отрыв каждого электрона характеризуется своей энергией ионизации, например, для атома магния первая энергия ионизации соответствует процессу  $Mg_{(r)} \rightarrow Mg^{+}_{(r)} + e^{-}$ , вторая энергия ионизации – процессу  $Mg^{+}_{(r)} \rightarrow Mg^{2+}_{(r)} + e^{-}$ . Энергия, необходимая на отрыв каждого последующего электрона в атоме, больше предыдущей.

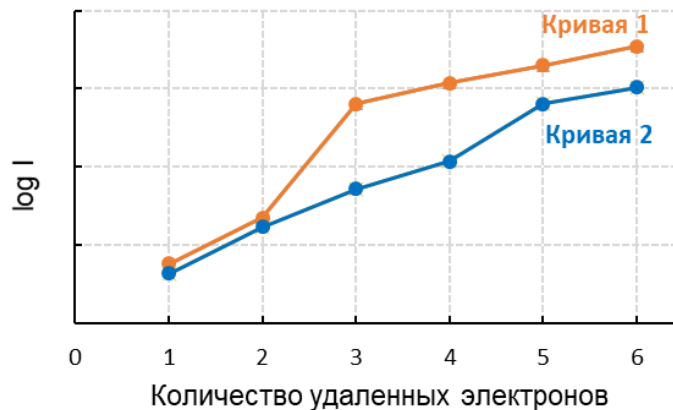
б) Предположите, как изменяется первая энергия ионизации атомов элементов от атома натрия до атома аргона. Свои ответ кратко поясните.

На рисунке представлен общий характер изменения энергии ионизации, необходимой для последовательного удаления всех электронов из атома некоторого элемента.



- в) Для какого атома представлено изменение энергии ионизации на рисунке? Приведите электронную конфигурацию этого атома в основном энергетическом состоянии. Определите, удалению электронов с каких атомных подуровней соответствует каждая точка на представленном графике.

На рисунке ниже представлено изменение первых шести энергий ионизации для атомов двух металлов – циркония и магния.



- г) Запишите электронные конфигурации атомов циркония и магния в основном энергетическом состоянии. Предположите, какая кривая на рисунке соответствует магнию, а какая цирконию. Свой ответ кратко поясните. Предположите, проявление каких степеней окисления будет характерно для магния, а каких – для циркония.