

Девятый класс

Задача 9-1

«Буровая вода»

Башкортостан является одним из лидеров по нефтедобыче в России. При добыче нефти вместе с ней на поверхность извлекаются буровые воды, обогащенные некоторыми минеральными солями. Получение простого вещества **A** из буровых вод можно провести двумя путями:

1) Пропусканием хлора в буровую воду (*р-ция 1*) и последующей экстракцией **A** в бензольный раствор. Регенерацию бензола осуществляют, прибавляя медные опилки (*р-ция 2*), что сопровождается исчезновением характерной окраски экстракта. Медь регенерируют нагреванием с железом (*р-ция 3*), образующийся продукт растворяют, обрабатывают стехиометрическим количеством хлора (*р-ция 4*) и получают вещество **A**.

2) Подкислением буровой воды серной кислотой и продуванием воздуха, вместе с ним уносятся пары **A** (*р-ция 5*), которые пропускают через раствор-ловитель. Этот раствор содержит соду и сульфит натрия. В результате вещество **A** переходит в то же соединение **B** (*р-ция 6*), в виде которого он присутствует в буровой жидкости. Технический **A** из этого раствора выделяют действием стехиометрического количества хлора (*р-ция 1*).

Для стандартизации раствора **C** использовали следующую методику:

Дихромат калия массой 0.25735 г растворили в воде и довели до метки в колбе на 100.00 мл. Взяли пробу $V_a = 10.00$ мл, к которой прибавили 2М серную кислоту и раствор **B**, взятый в избытке (*р-ция 7*). Раствор изменил окраску, после к нему прибавили 100 мл воды и титровали раствором **C** до исчезновения окраски (*р-ция 8*). Объемы титранта для трех титрований: 10.1 мл, 10.7 мл и 10.5 мл. Прибавление к **C** 2М серной кислоты вызывает помутнение раствора и выделение газа (*р-ция 9*), при этом в растворе остается только сульфат натрия, поэтому титруемый раствор предварительно разбавляют водой для понижения кислотности.

Стандартизованный раствор **C** использовали для исследования

нестехиометрических оксидов меди и железа. Навеску исследуемого оксида массой 0.2500 г прибавили к раствору **B**, затем прилили 2М серную кислоту (*p-ция 10 и 11*), раствор помутнел, к нему прибавили спустя некоторое время 100 мл воды и титровали раствором **C** до исчезновения окраски (*p-ция 8*). Объемы **C** для трех титрований полученных растворов составляют:

$$\text{Cu}_{2-x}\text{O} \quad V_1 = 3.8 \text{ мл}, V_2 = 3.5 \text{ мл}, V_3 = 3.5 \text{ мл};$$

$$\text{Fe}_{1-y}\text{O} \quad V_1 = 18.0 \text{ мл}, V_2 = 18.6 \text{ мл}, V_3 = 18.3 \text{ мл}.$$

Вопросы:

1. Установите формулы веществ **A**, **B**, **C**.
2. Напишите уравнения реакций 1-11, для реакций **10** и **11** используйте *x* и *y* при записи уравнений.
3. Определите молярную концентрацию стандартного раствора **C**.
4. Рассчитайте значения *x* и *y* для нестехиометрических оксидов по данным титрования.
5. Какой индикатор используют для определения конечной точки титрования в описанных экспериментах?

Задача 9-2

Для определения содержания хлорида кальция в растворе химик Колбочкин использовал следующую методику титрования. Отобранную с помощью пипетки аликвоту анализируемого раствора объемом 10.00 мл он поместил в коническую колбу для титрования, добавил из бюретки 20.0 мл раствора **A**, тщательно перемешал и профильтровал через бумажный фильтр в чистый стакан. Остатки осадка он смыл со стенок конической колбы несколькими порциями дистиллированной воды на тот же фильтр. Осадок вместе с фильтром Колбочкин возвратил в ту же коническую колбу, добавил бюреткой 30.0 мл раствора **B** и тщательно перемешал до полного растворения осадка. К содержимому он добавил 1 каплю раствора **B** и оттитровал раствором **A** до перехода окраски из красной в оранжевую. Объем раствора **A**, затраченный на титрование, составил $V_1 = 7.0$ мл.

Для уточнения результатов анализа Колбочкин количественно перенес фильтрат, полученный как описано выше, из стакана в чистую колбу для титрования. Он добавил к нему 1 каплю раствора Г и оттитровал раствором Б до полного исчезновения окраски, затратив при этом V_2 мл раствора Б.

Известно, что в распоряжении Колбочкина были следующие растворы реактивов (концентрации всех растворов, кроме индикаторов – 0.1 моль/л; в скобках указано примерное значение рН этих растворов): Na_2SO_4 (рН 7), Na_2CO_3 (рН 12), NaF (рН 8), NaHCO_3 (рН 8), NaH_2PO_4 (рН 5), HF (рН 2), HCl (рН 1), H_3BO_3 (рН 5), индикаторы: метиловый оранжевый (область перехода $\Delta\text{pH}=3-4.5$), фенолфталеин (область перехода $\Delta\text{pH}=8-10$).

1. Какие реактивы из имеющихся у Колбочкина были использованы в методике? Напишите формулы или названия веществ А – Г.
2. Напишите уравнения всех протекающих в ходе анализа химических реакций неорганических веществ (4 уравнения).
3. По результатам анализа рассчитайте концентрацию хлорида кальция в анализируемом растворе.
4. Рассчитайте объем титранта V_2 , пошедший на титрование фильтрата.
5. Можно ли было использовать в данной схеме анализа того же самого раствора хлорида кальция растворы реактивов с концентрацией 0.06 моль/л (все вводимые объемы растворов остаются теми же)? Ответ обоснуйте.
6. Какой метод титрования использовал Колбочкин – кислотно-основное, осадительное, окислительно-восстановительное или комплексометрическое титрование?

Задача 9-3

«Вторичная переработка»

Уфа находится у слияния рек Белой (Агидель по-башкирски) и Уфимки. Весной в период половодья воды рек выносят на заливные луга... твердые бытовые отходы (ТБО).

Многие ТБО подвергают сортировке и вторичной переработке, например,

интересующие нас *изделия*, состоящие в основном из двух металлов, отделяют от других отходов с помощью магнита. Одним из способов выделения более ценного металла **А** является обработка изделий 3М NaOH в присутствии атмосферного O₂ (*р-ция 1*). В результате образуется соль **Б**, а металл основы **Д** не растворяется. При пропускании CO₂ через образовавшийся раствор выпадает осадок **В** (*р-ция 2*), который отделяют центрифугированием, прокаливают (*р-ция 3*) и получают вещество **Г** (21.2 % масс. кислорода), составляющее основу минерального сырья для получения **А**. Прокаливание концентратов, содержащих 35-50% **Г**, с углем (*р-ция 4*) при 850-1000°C приводит к металлу **А**.

Металл **Д** во влажном воздухе становится буро-коричневым, превращаясь в вещество **Е** (*р-ция 5*), прокаливание которого дает вещество **Ж** (*р-ция 6*) чёрного цвета. **Ж** наряду с минералом красно-бурого цвета **З** (30.0% масс. кислорода), имеющим тот же качественный состав, в промышленности восстанавливают до металла **Д** коксом при высокой температуре (*р-ции 7 и 8*). Из тонких пластин **Д** формируют заготовки нужной формы и наносят металл **А**, тем самым регенерируя *изделие*.

1. Определите неизвестные вещества **А – З**. Ответ аргументируйте.
2. Составьте уравнения всех реакций, упомянутых в условии.
3. Как называются получаемый композитный материал и изготавливаемое из него изделие?
4. Почему нельзя обойтись без металла **А** при изготовлении изделия?
5. Что произойдет с изделием во влажной атмосфере, если нарушится целостность покрытия, изготовленного из: а) меди, б) цинка? Приведите уравнения реакций. Ускорится или замедлится разрушение металла основы по сравнению с изделием, покрытым **А**?
6. Для ускорения процесса отделения металла **А** к раствору 3М NaOH прибавляют: а) NaNO₃, б) Pb(CH₃COO)₂. Объясните роль этих веществ в ускорении процесса в форме уравнений реакций.
7. С какой целью садоводы закапывают весной изделия в землю под яблони и груши?

Задача 9-4

Два минерала **A** и **B** желтого и оранжевого цвета часто встречаются в природе вместе. Они состоят из двух элементов **X** и **Y**. При сжигании на воздухе смеси **A** и **B** образуются твердое летучее вещество **C** и газ **D**, вызывающий помутнение известковой воды и обесцвечивающий раствор перманганата калия. Известно, что вещество **B** имеет молекулярное строение и его пары тяжелее воздуха почти в 15 раз. Для получения 1 л газа **D** (н.у.) требуется сжечь 3.66 г **A** или 4.78 г **B**.

1. Определите элементы **X**, **Y**, а также вещества **A**, **B**, **C**, **D**.
2. Запишите уравнения реакций.
3. Изобразите структурную формулу **B**, зная, что в молекуле **B** нет кратных связей, а элементы **X** и **Y** имеют такие же валентности, как в веществе **A**.

Задача 9-5

Сверхпроводящий борид

В 2001 году группа японских ученых обнаружила сверхпроводимость у борида металла **M**, имеющего формулу MB_2 . С того времени его химические и физические свойства подробно изучаются.

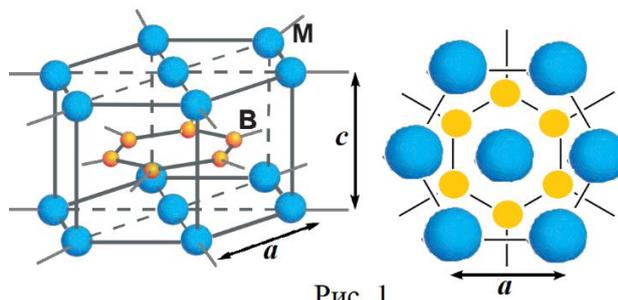
Борид металла **M** как потенциальный компонент материалов для устройств, использующих сверхпроводимость, был проверен на устойчивость к воздействию воды. Оказалось, что MB_2 взаимодействует с водой при температурах выше 39 °C (реакция 1). Рассчитанная из экспериментальных калориметрических данных энтальпия гидролиза MB_2 составляет -97.3 кДж/моль (в расчете на 1 моль борида). В результате гидролиза образуются диборан (B_2H_6), твердый бор и гидроксид $M(OH)_n$. Энтальпии образования гидроксида металла, борида металла, диборана и жидкой воды составляют -924.7 , -245.1 , $+31.4$ и -285.9 кДж/моль.

1. Определите n в формуле гидроксида $M(OH)_n$.
2. Определите металл **M**, если масса смеси двух осадков после помещения

её в соляную кислоту и просушивания твердого остатка уменьшается в 5 раз.

3. Напишите уравнение реакции 1.

Сверхпроводимость MB_2 обусловлена его слоистой кристаллической структурой (рис. 1). Атомы бора в MB_2 образуют слои, подобные слоям в графите, в которых атомы бора связаны



одинаковыми по энергии и длине ковалентными связями, что показано на виде элементарной ячейки сверху (справа на рис. 1).

4. Параметр ячейки $a = 3.086 \text{ \AA}$. Определите длину связи В–В в структуре борида MB_2 .

В 2008 году впервые был предложен метод получения нанонитей из борида металла. Для этого использовали метод HPCVD (гибридное физико-химическое осаждение пара): **М** нагревали до температуры $650 \text{ }^\circ\text{C}$ при низком давлении, образующиеся пары **М** реагировали с дибораном, образуя на медной подложке нити MB_2 длиной до нескольких микрометров и диаметром порядка сотен нанометров (реакция 2). Сечение нитей представляет собой правильный шестиугольник.

5. Напишите уравнение реакции 2. Если вы не смогли определить металл **М** в п. 2, обозначайте его символом **М**.

6. Нанонить длиной 1.50 мкм и стороной шестиугольника 200 нм содержит $5.36 \cdot 10^9$ атомов металла **М**.

а) Рассчитайте объем кристалла (в нм^3).

б) Сколько атомов металла содержится в одной гексагональной ячейке борида?

в) Рассчитайте параметр c ячейки борида **М**.