

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ
Младшая группа (9 и 10 класс)
Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве
10 ноября 2012

1. Чтобы дополнить свою коллекцию цветных веществ, Виу Викаркаар решила синтезировать черный CuO , желтый PbI_2 и зеленый Cr_2O_3 .

a) Как синтезировать Cr_2O_3 , используя NH_3 и хромовую кислоту? Напишите уравнения необходимых реакций.

b) Как синтезировать CuO , используя Cu , разб. HNO_3 и раствор NaOH ? На одном этапе данного синтеза выделяется легко окисляемый двухатомный газ. Напишите уравнения необходимых реакций.

c) Как синтезировать PbI_2 , используя PbCO_3 , I_2 , разб. HNO_3 и раствор NaOH ? Простое вещество, используемое в синтезе, в одном из его этапов диспропорционирует: для одного и того же элемента одновременно происходит увеличение степени окисления на 5 единиц и снижение на 1. Напишите уравнения используемых реакций.

d) Поскольку Виу не очень аккуратна, она перепутала недавно синтезированный PbI_2 с CdS , Ag_2CO_3 и K_2CrO_4 , уже имеющимися у нее в коллекции. Однако эти вещества легко различить, используя раствор, содержащий катионы X^+ , характерные для одного класса веществ. **i)** Приведите формулу иона X^+ ? **ii)** Как различить данные вещества? Напишите соответствующие ионные уравнения реакций и признаки, проявляющиеся в реакциях, по которым различимы данные вещества. **(12)**

2. Студент приготовил 2 раствора. Раствор **A** – это 5%-ный раствор $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($m = 100$ г), раствор **B** – 12%-ный раствор K_2CrO_4 ($V = 80$ мл, $\rho = 1,1$ г/см³). Раствор **A** кислый, поэтому хром в этом растворе в виде дихромата. При сливании растворов **A** и **B** получается раствор **C**, который тоже кислый и поэтому весь K_2CrO_4 из раствора **B** становится дихроматом (то есть в растворе **C** нет ионов CrO_4^{2-}): $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

a) Найти процентное содержание (по массе) ионов $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в растворе **C**.

b) К раствору **C** прибавили в избытке раствор, содержащий ионы Cu^{2+} и образовался осадок $\text{CuCr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Рассчитайте массу данного осадка. **(8)**

3. Соль **A** содержит 31,90 % калия, 28,93 % элемента **X** и 39,17 % элемента **Y**. Соль **A** можно получить при реакции двухатомного простого вещества X_2 с основанием **B**; другими продуктами этой реакции (реакция **I**) являются соль **C** (47,56 % элемента **X**) и вода. Вещество X_2 можно получить при реакции

диоксида марганца с хлороводородной кислотой (реакция II). При нагревании соли **A** сперва образуется соль **D** (28,21% калия, 25,59 % элемента **X** и 46,20 % элемента **Y**) и соль **C** (реакция III). При дальнейшем нагревании (реакция IV) образуется соль **C** и двухатомное простое вещество **E**, которое необходимо для существования жизни на Земле. А если соль **A** нагреть в присутствии катализатора (MnO_2), то сразу образуются вещества **C** и **E** (реакция V).

a) Покажите расчетами элементы **X** и **Y**, а также рассчитайте формулу соли **A**. Приведите название соли.

b) Напишите формулы и названия веществ **B - E**.

Напишите уравнения реакций I – V. В солях **A**, **C** и **D** определите степень окисления элемента **X**. **(10)**

4. Этиленгликоль ($C_2H_6O_2$) – ядовитая жидкость без цвета и запаха, обладающая сладким вкусом. Его широко используют в антифризах. Этиленгликоль можно получить при реакции эпоксиэтана (C_2H_4O) с водой. В этой реакции этиленгликоль образуется с примерно 90% выходом, также в этой реакции образуются олигомеры этиленгликоля: диэтиленгликоль ($M_r = 106,1$ г/моль) и триэтиленгликоль (150,2 г/моль), которые являются простыми эфирами и содержат также гидроксильную группу. Более эффективным (выход >99%) является OMEGA процесс для получения этиленгликоля. При этом эпоксиэтан сначала реагирует с диоксидом углерода и образуется сложный эфир угольной кислоты и этиленгликоля – этиленкарбонат ($C_3H_4O_3$), из которого этиленгликоль получают в процессе гидролиза. Углекислый газ, образующийся в реакции можно снова использовать в качестве исходного вещества.

a) Для чего используют антифризы?

b) Напишите структурные формулы этиленгликоля, эпоксиэтана, диэтиленгликоля, триэтиленгликоля и этиленкарбоната. Ни в одном из этих веществ нет разветвленного углеродного скелета и двойных связей между углеродами.

c) Какое вещество образуется при этерификации этиленгликоля 2 эквивалентами этановой кислоты (CH_3COOH)?

d) Этерификацию провели с равным количеством молей этиленгликоля и этановой кислоты. Продукты с какой структурой и в каком соотношении образуются, если реакция протекает до конца и реакционная способность гидроксильных групп одинаковая? **(10)**

5. Клетки являются „строительными блоками“ человеческого организма. Типичная клетка по форме шарообразна и имеет диаметр 20 микрометров. Клетки в свою очередь состоят из органелл. Одна из самых важных органелл – центросома. Центросома тоже имеет примерно шарообразную форму и её диаметр 200 нм. Она состоит в основном из белков. Средняя молекулярная масса белка 50 000 а.е.м. Белки бывают различной формы, но чаще всего встречаются сферические белки диаметром 50 Å (1 Å = 10⁻¹⁰ м).

а) Рассчитайте: **i)** объем центросомы и **ii)** объем средней молекулы белка. **iii)** Сколько молекул белка среднего размера в центросоме, если белки занимают 75% её объема. Для расчёта объема шара используйте

формулу: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ (R - радиус шара).

б) Предположим что определенный вид белка содержится только в центросоме и центросома состоит только из данного белка. Рассчитайте **i)** локальную молярную концентрацию данного белка (в центросоме) и **ii)** среднее содержание данного белка в клетке (моль/л).

с) Для исследования клеток часто химическим путем разрушают клеточную мембрану (клеточную стенку) и таким образом содержимое клетки попадает в раствор. Для корректного применения этого метода необходим примерно миллион клеток и объем полученного раствора должен быть в 100 раз больше объема используемых клеток. Рассчитайте концентрацию белка в растворе, полученном при анализе клеток из предыдущего пункта.

д) Для определения концентрации белка используют метод Брэтфорда. Для применения этого метода концентрация раствора должна быть порядка 0,05 мг/мл. Оцените можно ли определить методом Брэтфорда концентрацию белка в растворе из предыдущего пункта. **(10)**

6. В пяти пробирках имеются растворы, в которых содержатся следующие ионы: **Ba²⁺, Ag⁺, Al³⁺, Pb²⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, I⁻, S²⁻**. В каждой пробирке содержится раствор только одной соли. При приливании к растворам в пробирках раствора NaOH наблюдались следующие изменения: № 2 - образовался коричневый осадок; № 3 и 5 - образовался белый осадок; № 1 и 4 - изменений не наблюдалось.

а) Какие растворимые соли могут образоваться из перечисленных ионов (сгруппировать по катионам)? Дать их систематические названия.

б) Какие соли содержатся в пробирках 1-5? Написать уравнения реакций с раствором NaOH.

с) Написать уравнения реакций, которые описывают растворение осадков в пробирках № 3 и 5 в избытке щелочи. Как называют это явление? **(10)**