

LXXVIII Московская олимпиада школьников по химии

Заключительный этап

теоретический тур

20.02.2022 г.

9 класс

Для решения предлагается выбрать 5 задач из 6.

Ответы во всех задачах необходимо подтверждать расчетами и рассуждениями.

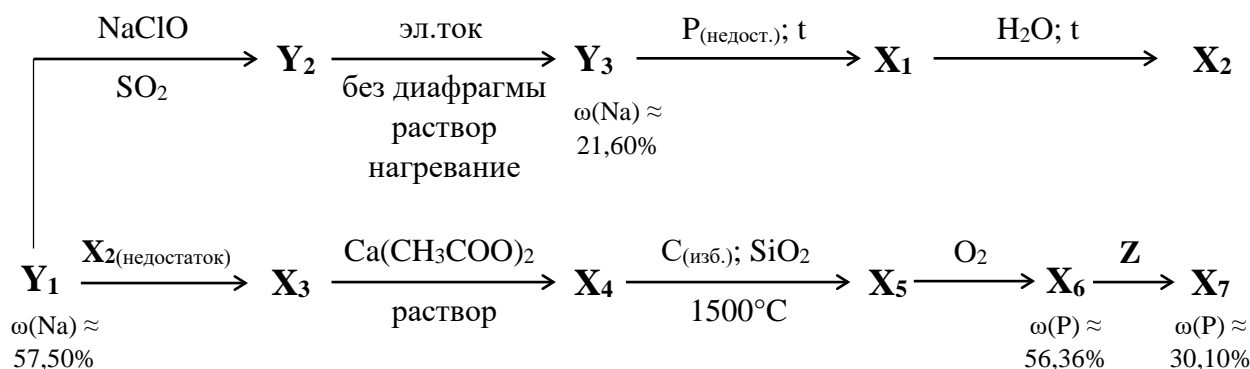
Задача №1

Темные с фиолетово-красным оттенком кристаллы **A** массой 57,54 г нагрели (*реакция 1*), при этом потеря массы составила 21,00 г. При добавлении разбавленного раствора гидроксида калия к раствору, содержащему такую же массу **A**, образуется вещество **B**, и выделяется бесцветный газ **B** (*реакция 2*), окраска раствора при этом не меняется. Подкисленные серной кислотой растворы веществ **A** и **B** обесцвечиваются пероксидом водорода, что сопровождается выделением газа **Г** (*реакции 3 и 4*). Из продуктов термического разложения вещества **B** (*реакция 5*), полученного из 57,54 г **A**, выделили нерастворимое в воде вещество **Д** массой 18,27 г и внесли его на продолжительное время в 1 л 4 % раствора пероксида водорода (плотность 1,013 г/см³). Масса первоначально полученной при этом смеси изменилась на 19,04 г (*реакция 6*). Если внести такую же массу вещества **Д** в 5 л 4 % раствора пероксида водорода, то изменение массы смеси составит 95,2 г.

Определите вещества **A-Д**, напишите уравнения реакций № 1-6, приведите необходимые расчеты и рассуждения. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел.

Задача №2.

Определите все зашифрованные вещества, напишите их формулы (для записи веществ молекулярного строения необходимо использовать молекулярные формулы), а также напишите уравнения реакций, соответствующих цепочке превращений:



Изобразите структуру симметричной молекулы неустойчивого вещества X_7 . В молекуле X_7 есть шести- и четырехчленные циклы атомов.

Дополнительно известно, что:

1) Вещества $X_1 - X_7$ содержат фосфор.

2) Вещества $Y_1 - Y_3$ содержат натрий.

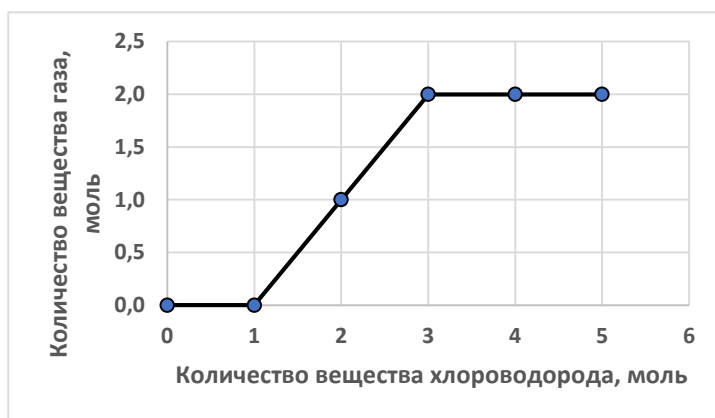
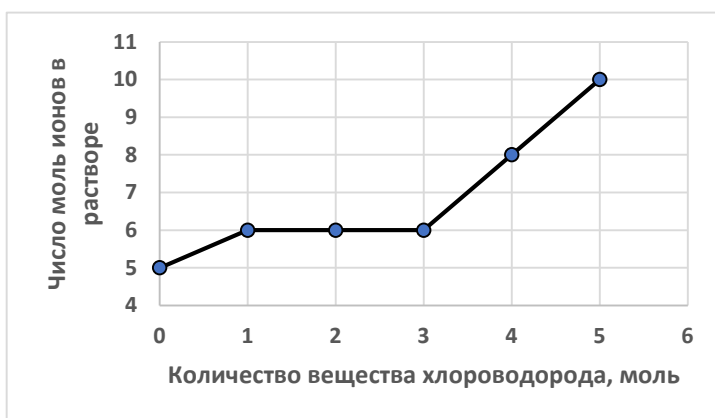
3) При проведении электролиза без диафрагмы продукты электролиза могут реагировать между собой в растворе.

4) Токсичное вещество Z содержится в небольших количествах в высших слоях атмосферы, имеет большое значение для жизни на Земле.

Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел, для хлора атомную массу необходимо принять равной 35,5.

Задача №3.

Навеску вещества A (один моль) растворили в воде. Через полученный раствор постепенно пропускали газообразный хлороводород. При этом из раствора интенсивно выделялся бесцветный газ G тяжелее воздуха. Графики зависимости количеств веществ выделившегося газа и общего числа ионов в растворе от количества вещества пропущенного в раствор хлороводорода приведены. Дополнительно известно, что при добавлении к такому же объёму раствора вещества A небольшого избытка хлорида кальция выпадает 100 г белого безводного осадка B , растворимого в сильных кислотах. Если же добавить небольшой избыток известковой воды, то выпадет 200 г такого же осадка. Раствор вещества A окрашивает пламя в желтый цвет и может быть использован как моющее средство, а растворенная навеска вещества A имеет массу 226 г. В состав вещества A входят три типа ионов.



- 1) Определите формулы веществ A , B , G , ответ обоснуйте.
- 2) Объясните ход графиков при добавлении 3 – 5 моль хлороводорода.
- 3) Напишите уравнения протекающих реакций.
- 4) Как называется минерал, основным компонентом которого является вещество A ?

Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел.

Задача №4.

Огромные достижения синтетической органической химии в период с 1830-х гг. поддерживали предположения, что подобная обширная химия может базироваться и на элементе **X**. Бинарные вещества **A₁-A₃**, образованные **X**, имеют одинаковый качественный состав, бурно реагируют с кислородом. Наиболее термически устойчивым является газ **A₁**, который получают обработкой бинарного соединения **B₁** ($\omega(\text{X}) = 36,84\%$) водным раствором серной кислоты (*реакция 1*).

Для получения газа **A₂**, сначала газ **A₁** обрабатывают йодоводородом в присутствии каталитических количеств йодида алюминия, при этом основным продуктом реакции являются жидкость **Ж** ($\omega(\text{X}) = 17,72\%$) и легкий газ **Л** (*реакция 2*). Затем вещество **Ж** обрабатывают амальгамой натрия (*реакция 3*) и получают газ **A₂**.

Для получения жидкости **A₃** бинарное соединение **B₂** ($\omega(\text{X}) = 22,83\%$) обрабатывают избытком гидрида натрия (*реакция 4*).

Разложением **A₁** (*реакция 5*) получают сверхчистое простое вещество **П**, образованное элементом **X**, которое имеет широкое применение в электронике.

- 1) Определите все зашифрованные вещества и запишите уравнения *реакций 1-5*. Ответ подтвердите расчётом.
- 2) Как называются вещества **A₁-A₃**. Приведите их структурные формулы.
- 3) Вещества **A₁-A₃** легко воспламеняются на воздухе. Напишите уравнение реакции сгорания одного из веществ **A₁-A₃** в избытке кислорода.

Задача №5.

Уран представляет собой стратегически важный металл химического производства ввиду широкого применения в ядерной энергетике.

Самыми распространёнными изотопами урана являются уран-238 и уран-235. Именно изотоп-235 имеет широкое применение.

- 1) Каково процентное содержание изотопа ^{235}U в природном уране, имеющем относительную молекулярную массу 238,0289, если точные значения относительных атомных масс ^{238}U и ^{235}U соответственно равны 238,0508 и 235,0439 (содержанием других изотопов можно пренебречь).

В природе уран в основном встречается в минерале **X**. Один из способов выделения необходимого изотопа урана включает следующие этапы. Вещество **X** смешивают с серой и подвергают обжигу в токе кислорода (*реакция 1*). Образовавшуюся хорошо растворимую соль **У** вымывают из образовавшейся смеси продуктов. Из стехиометрической смеси (1:3) **X** и серы массой 46,9 г теоретически можно получить 54,9 г соли **У**. Дальнейшее концентрирование и восстановление соли **У** даёт бинарное вещество **Z** ($\omega(\text{U}) = 88,15\%$), имеющее

такой же качественный состав, что и минерал **X**. Затем вещество **Z** обрабатывают фтороводородом и восстанавливают магнием (*реакции 2,3*). Образовавшийся уран сжигают в избытке фтора (*реакция 4*). Образовавшуюся смесь фторидов изотопов урана разделяют центрифугированием. При сжигании урана в токе кислорода образуется вещество **X**, а увеличение массы составляет 17,93%.

2) Определите вещества **X**, **Y** и **Z**. Ответ подтвердите расчётом. Запишите уравнения *реакций 1-4*. Как называется соль **Y**?

3) Запишите уравнения реакций α -распада урана – 238 и урана – 235.

Задача №6.

Вещество **T** представляет собой дымящую на воздухе жидкость, широко используемую в органическом синтезе. При растворении 595 мг **T** в 100 мл горячей воды образуется 0,364 %-ный раствор сильной одноосновной кислоты **K** ($\rho = 1$ г/мл, $C(H^+) = 0,1$ моль/л) и выделяется 320 мг газа **G**, обладающий резким запахом и обесцвечивающий бромную воду.

1) Определите вещества **T**, **K**, **G**. Ответ подтвердите расчётом (изменением объёма раствора при растворении газа можно пренебречь).

2) Запишите уравнение реакции растворения газа **T** в воде.

Помимо органического синтеза вещество **T** применяется для обезвоживания кристаллогидратов. При обезвоживании 15,99 г кристаллогидрата хлорида хрома (III) необходимым количеством **T** образуется смесь газов **K** и **G** объёмом 24,192 л (н. у.).

3) Рассчитайте формулу кристаллогидрата. Запишите соответствующее уравнение реакции. Почему безводный хлорид хрома (III) не получается при нагревании соответствующего кристаллогидрата? Предложите способ синтеза безводного хлорида хрома (III) из оксида хрома (III).

Рассчитайте теплоту образования **T** (кДж/моль), если $Q_f(\mathbf{K}) = 92,3$ кДж/моль, $Q_f(\mathbf{G}) = 296,9$ кДж/моль, $Q_f(H_2O) = 286,3$ кДж/моль, а тепловой эффект реакции взаимодействия 595 мг **T** со стехиометрическим количеством воды равен - 260,5 Дж.