

## 10 класс

### Задача 10-1

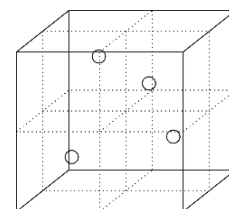
Для того, чтобы спровоцировать выпадение из облаков дождя или снега, в состав облаков распылением из самолета вводятся специальные реагенты, которые выступают в качестве центров конденсации и кристаллизации капель дождя или снежинок. Одним из таких реагентов является соединение **X**.

Для получения вещества **X** в лаборатории в качестве исходного реагента использовали нитрат серебра. Одну треть нитрата разложили термически. Две трети взятого нитрата растворили в достаточном количестве воды. Раствор разделили на две части. К первой части раствора добавили раствор гидроксида натрия. Образовавшийся осадок отделили и прогрели при 250 °С. Через вторую часть раствора нитрата пропустили газ, полученный взаимодействием сульфида алюминия с водой. Образовавшийся темный осадок отделили и подвергли обжигу. Полученные во всех трех химических случаях твердые остатки соединили и нагрели при 150 °С с кристаллическим иодом, что привело к образованию вещества **X**.

а) *Приведите химическую формулу вещества X. Запишите все уравнения реакций, описанные в условии задачи.*

Вещество **X** может существовать в нескольких кристаллических модификациях ( $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -модификации). Структура  $\beta$ -модификации одинакова со структурой льда, что и позволяет использовать **X** в качестве центров конденсации и кристаллизации капель дождя или кристаллов снега при распылении в облаках. Другая кристаллическая модификация,  $\gamma$ -**X**, характеризуется кубической элементарной ячейкой. Расположение катионов в такой элементарной ячейке показано на рисунке.

б) *Исходя из химической формулы соединения X, нарисуйте, как расположены анионы в элементарной ячейке  $\gamma$ -модификации вещества X, если известно, что все катионы, входящие в состав элементарной ячейки, принадлежат только ей.*



в) *Рассчитайте минимальное расстояние (нм) между центрами аниона и катиона, если параметр кристаллической решетки равен 0,65 нм.*

Изменение внешних условий (температуры и давления) приводит к изменению расположения ионов в кристаллической решетке вещества **X**. При определенных условиях **X** формирует кристаллическую решетку, идентичную со структурой NaCl.

г) *Нарисуйте, как ионы расположены в такой структуре. Какова станет минимальное расстояние между центрами аниона и катиона, если в этих условиях параметр кристаллической решетки составляет 6,11 Å.*

## Задача 10-2

Современным способом протезирования зубов является использование металлокерамических стоматологических коронок. Такой протез состоит из металлической основы и керамического покрытия, которое отличается прочностью, твердостью и износостойкостью. Основу керамического покрытия составляет вещество **А**.

Исходным веществом для получения соединения **А** является соединение **Х**, которое содержит в себе три элемента, один из которых является самым распространенным элементом по массе в земной коре. Прокаливание вещества **Х** при 1700 °С приводит к его разложению на два вещества – соединение **А** и соединение **Б**, которое имеет белый цвет и крайне широко распространено в природе. Вещество **Х** и **Б** имеют в своем составе один и тот же неметалл, *не являющийся* самым распространенным в земной коре по массе, причем его массовая доля в них равна 15,33% и 46,75% соответственно, а степень окисления равна +4. Степень окисления металла в веществе **Х** также равна +4. Однако степень чистоты вещества **А**, получаемого данным путем недостаточна для его использования в медицине.

Соединение **А** высокой степени чистоты получают прокаливанием вещества **Х** в токе хлора при 950 °С в присутствии угля. При этом образуются три бинарных соединения (**В**, **Г** и **Д**). Соединения **Х** и **В** содержат одинаковый катион. В реакции вещества **В** с водой образуется вещество **Е**, которое после обработки раствором аммиака переходит в соединение **Ж**, причем вещества **Е** и **Ж** содержат одинаковый катион, а изменение массы при переходе от вещества **Е** к веществу **Ж** составляет 20,77%. Прокаливание при 600 °С вещества **Ж**, не содержащего в своем составе азота, позволяет получить высокочистое соединение **А**.

*а) Установите химические формулы всех веществ, зашифрованных в условии задачи.*

Вещество **А** отличается высокой твердостью. Однако прокаливание реакционной смеси, состоящей из 12,93 г вещества **А** и 3,77 г некоторого простого вещества, при 1900 °С приводит к получению соединения **З** черного цвета, которое отличается еще большей твердостью и используется в качестве абразива. В данной реакции масса исходной смеси снижается на 5,88 г за счет образования газообразного вещества **Д**.

*б) Установите химическую формулу вещества **З**. Запишите уравнение реакции получения **З**. Приведите название вещества **З**.*

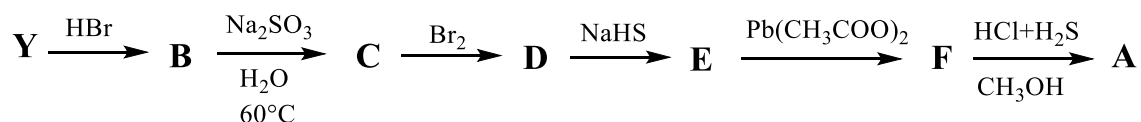
### Задача 10-3

Отравление солями тяжелых металлов приводят к опасным последствиям, предотвратить которые можно, используя противоядие. Так, к примеру, ионы  $\text{Hg}^{2+}$  способны образовывать устойчивые комплексы с веществом-противоядием **A** в соотношении 1:1 или 1:2, что снижает практически до нуля концентрацию свободных ионов  $\text{Hg}^{2+}$  в организме. Комплексы ртути с веществом **A** безвредны и легко выводятся из организма.

Устойчивость комплексов  $\text{Hg}^{2+}$  с **A** можно охарактеризовать величинами общих констант образования (устойчивости) соответствующих комплексов, которые характеризуют реакцию образования комплекса из свободных ионов ртути и одним или двумя анионами лиганда. Для упомянутых комплексов ртути с противоядием **A** константы устойчивости составляют  $10^{42,2}$  (комплекс 1:1) и  $10^{53,1}$  (комплекс 1:2).

- а) *Какие неорганические лиганды способны также образовывать устойчивые комплексы с  $\text{Hg}^{2+}$ ? Поясните причины устойчивости комплексов  $\text{Hg}^{2+}$  с предложенными Вами неорганическими лигандами.*
- б) *Запишите выражения констант устойчивости комплексов  $\text{Hg}^{2+}$  с **A** через равновесные концентрации соответствующих молекул или ионов. Рассчитайте число несвязанных в комплекс ионов  $\text{Hg}^{2+}$ , содержащихся в  $0,5 \text{ дм}^3$  раствора, полученного при сливании равных объемов  $0,05 \text{ М}$  раствора  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  и  $0,1 \text{ М}$  раствора **A**.*

**A** представляет из себя моносодриевую соль с массовой долей металла 10,93%. Это вещество широко используется в медицинской практике и поэтому синтезируется в промышленных масштабах из спирта **Y** по приведенной ниже схеме, содержащей 3 стадии нуклеофильного замещения. Спирт **Y** же получают из пропена его радикальным хлорированием при  $400^\circ\text{C}$  с последующей обработкой водным раствором щелочи.



- в) *Приведите структурные формулы всех зашифрованных веществ и кратко поясните ход своих рассуждений, если дополнительно известно, что:*
- соединение **D** имеет молекулярную формулу  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Br}_2\text{SNa}$ ;
  - вещества **E** и **F** – производные **A**;
  - перевод соли **E** в соль **F** необходим для выделения **A** в чистом виде за счет осаждения ионов свинца в виде сульфида на последней стадии схемы;
  - массовая доля натрия в **F** составляет 5,53%.

#### Задача 10-4

Образец смеси двух дикарбоновых кислот массой 1,6873 г растворили в воде и довели объём раствора до 250 см<sup>3</sup> в мерной колбе. На полную нейтрализацию 10 см<sup>3</sup> полученного раствора было затрачено 24,91 см<sup>3</sup> 0,05 М раствора КОН, при этом после титрования в растворе находились лишь средние соли. Аликвоту приготовленного раствора кислот объёмом 100 см<sup>3</sup> прокипятили с обратным холодильником, в результате чего одна из кислот полностью разложилась с выделением 0,09 дм<sup>3</sup> газа (при н.у.). При поглощении выделившегося газа избытком известковой воды выделяется 402,1 мг белого осадка. Для полной нейтрализации полученного после кипячения раствора необходимо 168,7 см<sup>3</sup> 0,05 М КОН. Та же порция раствора кислот после кипячения способна обесцветить 117,8 см<sup>3</sup> бромной воды с концентрацией брома 3,0 г/дм<sup>3</sup>.

При дегидратации кислот оксидом фосфора(V) одна из них дает устойчивый циклический продукт, а другая реакционноспособный бинарный газ.

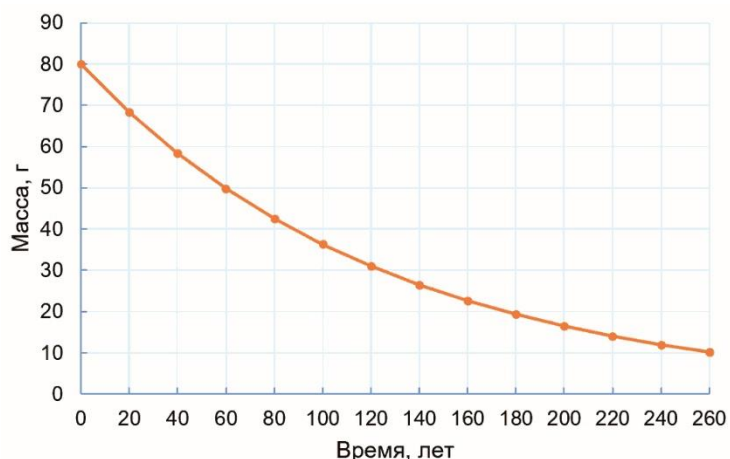
- а) Какие кислоты содержала исходная твердая смесь, приведите их структурные формулы. Свой ответ подтвердите расчетом. Приведите уравнение реакции разложения одной из кислот, протекавшей в ходе описанного эксперимента.*
- б) Приведите тривиальные названия кислот, а также структурные формулы продуктов их дегидратации.*
- в) Циклический продукт дегидратации одной из кислот реагирует с гидразином (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) с образованием вещества, являющегося регулятором роста растений и гербицидом. Приведите структурную формулу получаемого гербицида.*

#### Задача 10-5

Автоматическая межпланетная станция «Кассини-Гюйгенс», созданная совместно НАСА, Европейским космическим агентством и Итальянским космическим агентством, была запущена 15 октября 1997 года для исследования планеты Сатурн, его колец и спутников. Учитывая отдаление Сатурна от Солнца и, следовательно, невозможность использования солнечных батарей для обеспечения межпланетной станции электроэнергией, в конструкции «Кассини» были предусмотрены три радиоизотопных термоэлектрических генератора, содержащих по 12,5 кг сверхчистого диоксида плутония-238. Тепловая энергия, выделяющаяся при естественном α-распаде плутония-238, преобразуется генератором в электроэнергию, которая и питает станцию.

- а) Запишите схему α-распада плутония-238. Укажите число протонов и нейтронов в ядре этого изотопа плутония.*

б) Определите период полураспада изотопа плутония-238. Как изменится период полураспада плутония-238 на поверхности Титана – крупнейшего спутника Сатурна, если температура на его поверхности составляет  $-179\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?



в) Каждый из трех радиоизотопных термоэлектрических генераторов на «Кассини-Гюйгенс» на старте

обеспечивал 293 Вт электрической мощности. Зная, что при распаде одного ядра  $^{238}\text{Pu}$  высвобождается 5593 кэВ энергии, а в 1 секунду в образце плутония 238 массой 1 г распадается  $633,7 \cdot 10^9$  ядер  $^{238}\text{Pu}$ , рассчитайте, какова должна была быть мощность генератора на старте, если бы преобразование в электроэнергию происходило без потерь? Каково значение КПД для такого генератора? ( $1\text{ Вт} = 1\text{ Дж/с}$ ,  $1\text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$ )

г) Оцените, на сколько процентов снизилась мощность генератора на «Кассини-Гюйгенс» в конце миссии – в августе 2017 года, по сравнению с мощностью на старте. Падением мощности из-за деградации оборудования, генерирующего электроэнергию, пренебрегите.

С химической точки зрения плутоний – активный металл. На воздухе он спонтанно окисляется до оксида. Металлический плутоний растворяется в концентрированной соляной кислоте с образованием сине-фиолетового раствора соли плутония. Если к этому раствору добавить соответствующее количество подкисленного раствора гидрофосфата аммония образуются нерастворимые в воде кристаллы, которые могут быть выделены из раствора в виде бледно-голубых кристаллов гидрата соответствующей соли. Масса кристаллогидрата снижается на 2,6% при прогреве при  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

д) На основании информации из условия задачи сделайте вывод о возможных устойчивых степенях окисления плутония. Запишите химические уравнения описанных процессов. Расчет определите химическую формулу кристаллогидрата, если отношение числа атомов в нем  $N(\text{P}):N(\text{O}):N(\text{H}) = 1:4,5:1$ .