



51-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Заключительный этап 2012-2013 уч. года

Задания по химии

11 класс

Задание 1.

«Citius, Altius, Fortius»

Девиз Олимпийских игр



Летом 2012 года вся планета наблюдала за ходом XXX-ых летних Олимпийских игр проходивших в Лондоне. Более 10 000 спортсменов разыграли 302 золотые, 304 серебряные и 356 бронзовых медалей.

Юный спортсмен Андрей, тоже мечтающий когда-нибудь выиграть олимпиаду и увлекающийся химией, решил узнать состав сплавов, из которых были изготовлены эти медали. Он прочитал в интернете, что в составе бронзы обязательно есть медь, а в качестве легирующих добавок могут входить алюминий, бериллий, марганец, олово, свинец и цинк. Он выяснил, что сплав из которого сделана бронзовая медаль, состоит из трех металлов: доля металла **A** 97,00 %, **B** – 2,50 %, **B** – 0,50 %. Для того чтобы узнать, какие именно металлы вошли в состав медали, Андрей заказал образец этого сплава по интернету и проанализировал его на занятиях в школьном кружке химии.

Навеску сплава массой 4,986 г он попытался растворить при нагревании в концентрированной азотной кислоте. Часть сплава при этом превратилась в белый осадок, который он отфильтровал, прокалил и взвесил. Масса осадка составила 0,032 г. К профильтрованному раствору Андрей добавил избыток разбавленного раствора гидроксида натрия. Выпал осадок голубого цвета, который он тоже отфильтровал, прокалил и взвесил. Масса черного остатка после прокаливания составила 6,053 г. Через раствор, который остался после отделения голубого осадка, он пропустил большое количество углекислого газа, в результате чего выпал еще один белый осадок, с которым он поступил также как с двумя предыдущими. Масса остатка составила 0,155 г.

1. Помогите Андрею определить металлы **A**, **B**, **B**. Атомные массы элементов, необходимые Вам для расчета, используйте с точностью до сотых долей единиц. Напишите уравнения всех реакций, осуществленных им в ходе анализа.

На покупку образцов серебряного и золотого сплава у Андрея уже никак бы не хватило карманных денег, поэтому он пошел другим путем. Он узнал, что серебряная медаль состоит из сплава серебра и меди, ее диаметр 85 мм, толщина 7 мм, а масса медали составляет 412 г. Плотности серебра и меди он посмотрел в справочнике: $\rho(\text{Ag}) = 10,5 \text{ г/см}^3$, $\rho(\text{Cu}) = 8,9 \text{ г/см}^3$.

2. Вычислите плотность сплава серебряной медали и массовые доли компонентов в предположении, что плотность сплава изменяется пропорционально массовым долям входящих в него металлов.

Состав золотой медали хитрый Андрей просто нашел в интернете, а чтобы Вам не было скучно, составил на основе найденных данных для Вас следующую задачу.

Известно, что золотые медали XXX-ой олимпиады, кроме самого золота, содержат еще 2 металла. Если от золотой медали отпилить сегмент массой 5,000 г и покипятить его в концентрированной азотной кислоте, то некоторая его часть общей массой 0,065 г не растворится. После его отделения и добавления к полученному бледно-синему раствору избытка разбавленной соляной кислоты будет образовываться белый творожистый осадок массой 6,145 г. Если на каплю оставшегося раствора капнуть концентрированного аммиака, то интенсивность окраски резко возрастет, и раствор станет ярко-синим.

3. Назовите эти два металла, напишите уравнения описанных Андреем реакций и вычислите массовые доли всех металлов, входящих в состав чемпионских медалей.

4. Как называется жидкость, в которой можно было бы растворить нерастворимый в азотной кислоте остаток? Напишите уравнение этой реакции. Из каких компонентов состоит эта жидкость, и в каком соотношении их нужно смешивать?

5. Переведите девиз современных Олимпийских игр на русский язык и попробуйте вспомнить, сколько золотых медалей привезла из Лондона российская сборная. Не бойтесь ошибиться, Ваш ответ будет оценен, даже если он окажется не совсем точным.

Задание 2.

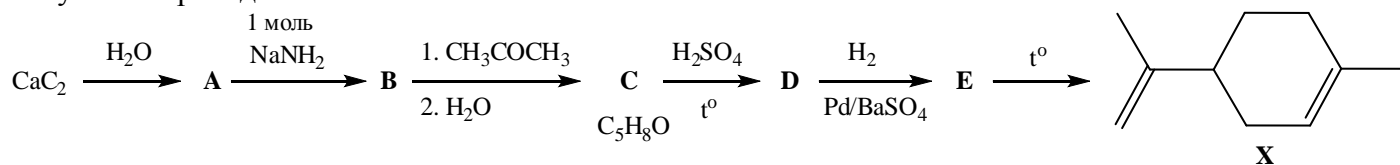
«Люди могут закрыть глаза и не видеть величия, ужаса, красоты, и заткнуть уши, и не слышать людей или слов. Но они не могут не поддаваться аромату. Ибо аромат – это брат дыхания...»

Из художественного фильма «Парфюмер»



Парфюмерные композиции прочно вошли в нашу жизнь. Всего 100 лет назад духи и фруктовые ароматы были доступны только очень богатым людям. С развитием химии все получили доступ к парфюмерным композициям. На протяжении веков человек пытался понять, как природа создает столь богатое разнообразие запахов и оттенков. Химикам все время было интересно научиться создавать такие же удивительные композиции, соревнуясь с природой. Ведь даже такой простой аромат, как запах розы, состоит из многих оттенков, за которые отвечают десятки соединений. В настоящее время ученые смогли разработать много способов синтеза приятно пахнущих веществ, поэтому стоимость духов и ароматических добавок значительно снизилась.

Соединение **X** является весьма приятно пахнущим веществом. Одна из возможных схем его получения приведена ниже:



Однако в данной схеме образуется рацемическая смесь стереоизомеров (эквимольная смесь энантиомеров), которая называется дипентеном. Каждый энантиомер носит свое название: *D*-лимонен (*R*-энантиомер) и *L*-лимонен (*S*-энантиомер). Все физико-химические свойства этих изомеров одинаковы, однако они имеют разный запах. Так, *D*-лимонен пахнет цитрусовыми, а запах *L*-лимонена напоминает запах хвои.

1. Приведите структурные формулы веществ **A-E**.
2. К какому классу органических соединений относят вещество **E**? Какие типы этого класса соединений Вы знаете?
3. Кроме обычной классификации, основанной на наличии функциональных групп, у некоторых групп соединений есть свои собственные названия. Как еще называют соединения, имеющие строение, подобное **X**?
4. Приведите *пространственные* формулы *R*-, и *S*-лимонена.
5. На последней стадии получения **X** по приведенной выше схеме (**E** → **X**) могут также образоваться другие продукты термической димеризации соединения **E**. Приведите структурные формулы любых двух из этих продуктов.
6. Вещество **E** имеет важное значение для промышленности, поскольку из него получают большое количество полимерных материалов. Приведите структурный фрагмент полимера, полученного полимеризацией **E**.

Задание 3. В четырех запаянных ампулах при нормальных условиях находятся простые вещества, образованные элементами одной подгруппы Периодической системы (ПС). Все 4 вещества чрезвычайно реакционноспособны и сами по себе ядовиты, тем не менее, атомы составляющих их элементов играют важнейшую роль в жизни любого человека.

Человечеству в целом эти элементы известны достаточно давно, косвенным доказательством чего служат их короткие и резкие названия. Эти названия происходят от древнегреческих слов, характеризующих одно из свойств соответствующих простых веществ: цвет, запах, реакционную способность.



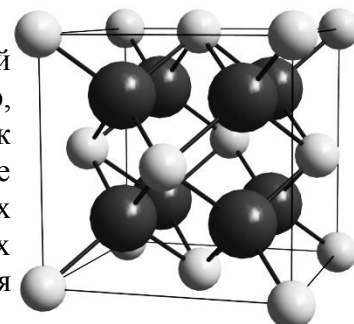
1. Как переводятся древнегреческие названия этих элементов на русский язык?
2. У этих 4 элементов есть еще один «родственник», самый долгоживущий изотоп которого имеет массу 210 а.е.м. и период полураспада 8,3 часа. Он распадается по двум параллельным маршрутам: электронный захват (основной) и α -распад. Напишите уравнения этих реакций и вычислите, во сколько раз уменьшается содержание этого изотопа в образце за 16,6 часа.

- Ампулы пронумерованы. Определите, какие номера соответствуют каждому из веществ, если о содержимом известно следующее:
 - 1-я, 2-я и 4 ампулы стеклянные, а 3-я сделана из полипропилена;
 - плотность вещества во 2-й ампуле $4,93 \text{ г/см}^3$, в 4-й – $3,12 \text{ г/см}^3$.
- Каждая ампула имеет объем 5 мл и полностью заполнена. Для содержимого 1-й и 3-й ампул посчитайте массу, а для содержимого 2-й и 4-й – количество вещества.
- Какие соединения могут образоваться, если смешивать содержимое 2-й и 3-й ампул в разном соотношении? Приведите их формулы, изобразите пространственное строение молекул и назовите образуемые молекулами геометрические фигуры.
- Как реагируют вещества из п. 5 с крепким раствором NaOH? Напишите уравнения реакций.

Задание 4.

«Цикл Борна-Габера»

Высокая устойчивость большинства солей обусловлена прочной кристаллической решёткой, составленной из ионов. Например, кристаллическую структуру фторида кальция можно представить как бесконечно повторяющиеся в пространстве кубики (называемые элементарной ячейкой) со стороной $0,546 \text{ нм}$. В вершинах и центрах граней кубиков располагаются катионы кальция, а в тетраэдрических пустотах анионы фтора, т.е. каждый анион F^- окружён четырьмя катионами Ca^{2+} , а каждый катион Ca^{2+} – восемью анионами F^- (см. рис.).



- Напишите электронные конфигурации Ca, Ca^{2+} , F и F^- .
- Рассчитайте количество формульных единиц CaF_2 , приходящихся на одну элементарную ячейку, и плотность кристалла фторида кальция (г/см^3). $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$.
- В природе фторид кальция встречается в виде минерала, мировая добыча которого составляет более 3 млн. тонн в год. Вспомните название минерала и укажите, для каких целей используют добываемый CaF_2 (два примера).

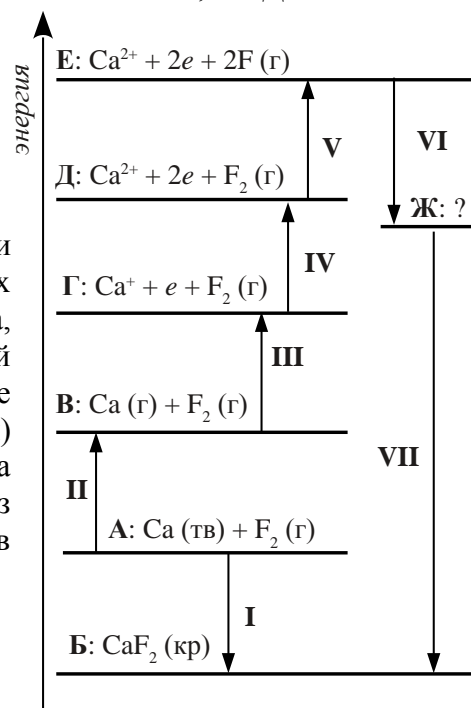
Лабораторный способ получения фторида кальция основан на взаимодействии карбоната кальция с плавиковой кислотой. В расчете на 1 г карбоната кальция выделяется $1,56 \text{ кДж}$ теплоты.

- Приведите термохимическое уравнение описанной реакции и рассчитайте теплоту образования фторида кальция, если известны следующие теплоты образования:

Вещество	CaCO_3 (тв.)	HF (ж)	CO_2 (г)	H_2O (ж)
$Q_{\text{обр.}}$, кДж/моль	1207	303	393	286

Немецкие учёные Макс Борн и Фриц Габер предложили подход для определения энергий ионных кристаллических решёток, который сегодня известен как цикл Борна-Габера, изображаемый с помощью энергетической диаграммы. Данный подход базируется на законе Гесса. Каждой горизонтальной черте на энергетической диаграмме (масштаб не соблюден) соответствует определённое состояние (обозначены буквами), а вертикальными стрелками обозначены процессы перехода из одного состояния в другое. Энергии некоторых процессов представлены в таблице:

Процесс	II	III	IV	V	VI
Энергия, кДж/моль	-161	-589	-1145	-159	337



- Сформулируйте закон русского химика шведского происхождения Г. И. Гесса.
- Энергия, выделяющаяся в процессе I, называется теплотой образования CaF_2 . Как называются значения энергий, затрачиваемых для осуществления процессов II–V?
- Какие частицы отвечают состоянию Ж? Приведите уравнения реакций, соответствующих процессам VI и VII. Как называются значения энергий, выделяющихся в этих процессах?
- Рассчитайте энергию кристаллической решётки фторида кальция.

Задание 5.

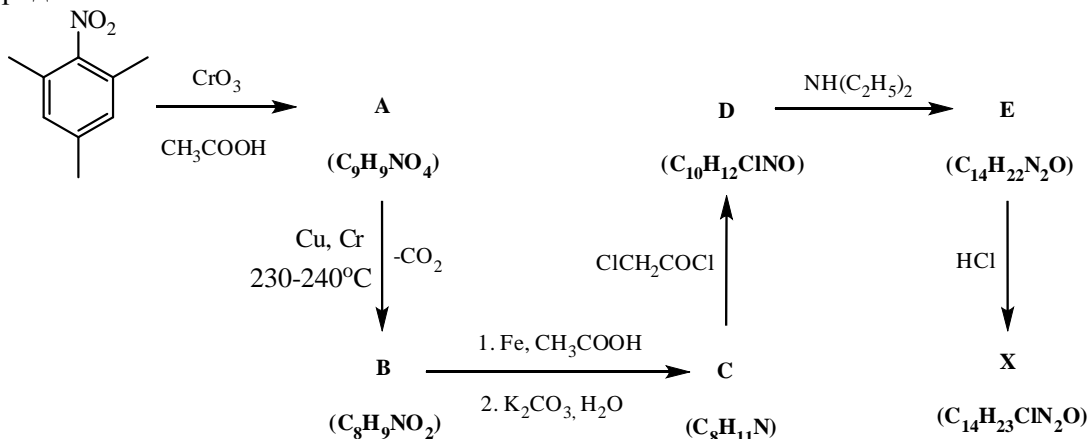
«Добрый доктор Айболит! Он под деревом сидит.
Приходи к нему лечиться и корова, и волчица,
И жучок, и червячок, и медведица!»

К.И. Чуковский. «Доктор Айболит»

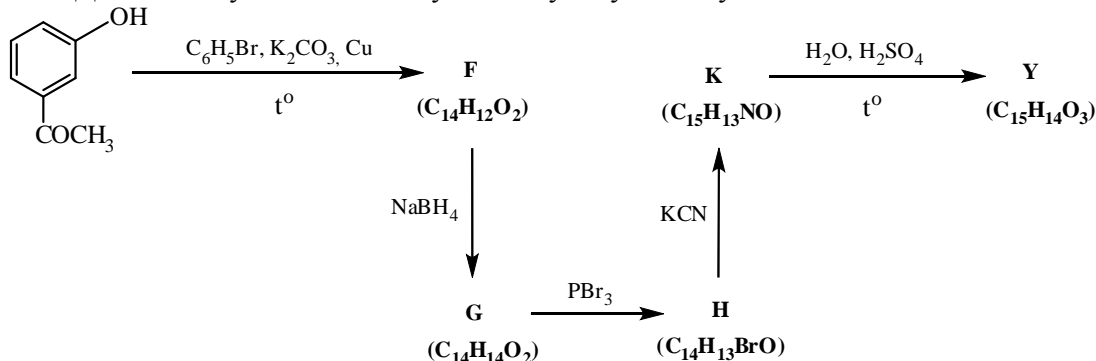


Сложно представить, что наши предки лечились без анестезии. В наше время для того чтобы мы не ощущали боли, врачи применяют специальные вещества. Одним из классов таких соединений являются анальгетики – лекарственные вещества различного происхождения, предназначенные для снятия болевых ощущений. Рассмотрим некоторых представителей этого класса.

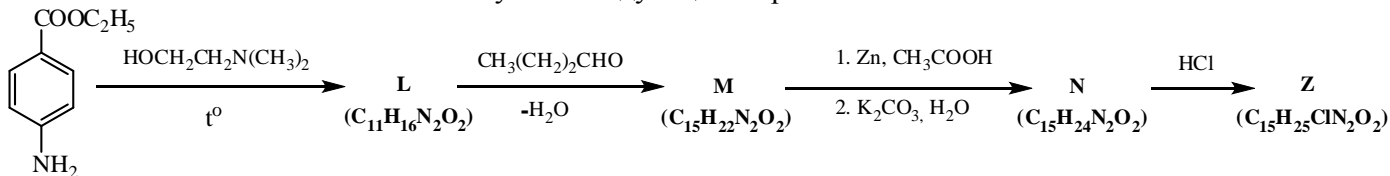
Лидокаин (X) – лекарственное средство, местный анестетик и сердечный депрессант, используемый в качестве антиаритмического средства. В промышленности лидокаин можно получить по приведенной ниже схеме. Дополнительно известно, что в соединении **A** все ароматические атомы водорода эквивалентны.



Фенопрофен (Y) – противовоспалительный препарат, обладает обезболивающим и жаропонижающим действием. Для его получения используют следующую схему.



Дикаин (Z) – сильное местноанестезирующее средство, имеющее ограниченное применение ввиду высокой токсичности. Его можно получить следующим образом.



1. Приведите структурные формулы лидокаина, фенопрофена и дикаина, а также веществ **A–N**.
2. Для фармацевтической промышленности имеет огромное значение оптическая чистота получаемых лекарственных соединений, поскольку биологическая активность энантимеров одного и того же вещества зачастую сильно отличается. Для каких из перечисленных лекарственных веществ (лидокаин, фенопрофен, дикаин) после их получения придется проводить разделение оптических изомеров?
3. Как Вы могли заметить, последняя стадия в схемах получения лидокаина и дикаина представляет собой обработку предшествующего продукта (**E** или **N**, соответственно) соляной кислотой. Отметим, что эти "предшественники" обладают теми же самыми лекарственными действиями, что и сами **X** или **Z**. Как Вы думаете, какова причина того, что **E** и **N** все же переводят в **X** и **Z**?