



51-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Заключительный этап 2012-2013 уч. года

Задания по химии

9 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 **А** 97,00 %, **Б** – 2,50 %, **В** – 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 **А**, **Б**, **В**, зная, что во всех трех случаях он взвешивал оксиды этих металлов. 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 ее отделения и добавления к полученному раствору избытка разбавленной соляной кислоты будет образовываться белый творожистый осадок массой 6,145 г. Если оставшийся после отделения осадка бледно-синий раствор нейтрализовать содой и положить в него гвоздь, то он покроется красным налетом.

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

4. 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.

«Всего мгновение потребовалось им, чтобы срубить эту голову, но может и за сто лет Франция не сможет произвести ещё такой».

Великий французский математик Ж.Л. Лагранж

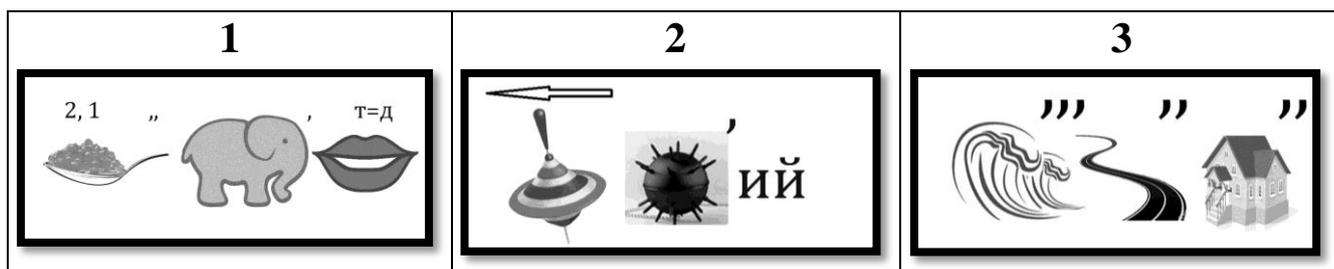
Герой нашей задачи, изображенный на портрете, – известный французский химик (1743-1794), по образованию юрист, происходил из состоятельной буржуазной семьи. Еще обучаясь на юридическом факультете Парижского университета, он активно изучал естественные науки. Часть своего состояния он вложил в обустройство химической лаборатории, оснащенной прекрасным по тем временам оборудованием и ставшей научным центром Парижа. В своей лаборатории ученый провел многочисленные опыты, в которых он определял изменения масс веществ при их прокаливании и горении.



Он первым показал, что масса продуктов горения серы и фосфора больше, чем масса сгоревших веществ, и что объем воздуха, в котором горел фосфор, уменьшился на 1/5 часть. Приобретя несколько алмазов, он накалил их до температуры горения, определил состав получившегося газа и тем самым установил химическую природу алмаза. Нагревая ртуть с определенным объемом воздуха, получил "ртутную окалину" и "удушливый воздух", непригодный для горения и дыхания. Прокаливая ртутную окалину, он разложил ее на ртуть и "жизненный воздух". Этими и многими другими опытами ученый показал сложность состава атмосферного воздуха и впервые правильно истолковал явления горения и обжига как процесс соединения веществ с "жизненным воздухом". Этого не смогли сделать английский химик и философ Джозеф Пристли и шведский химик Карл-Вильгельм Шееле, а также другие естествоиспытатели, которые сообщили об открытии этого газа раньше. Позднее он установил состав воды, осуществив как ее синтез, так и разложение. Пропуская ее пары через раскаленный ружейный ствол, он получил «горючий воздух» и «железную окалину».

Этот ученый стал одним из основоположников классической химии. Он открыл закон сохранения веществ, ввел понятия "химический элемент" и "химическое соединение", доказал, что дыхание подобно процессу горения и является источником теплоты в организме. В 29 лет он был избран действительным членом Парижской Академии наук. Потратив практически все состояние на занятия наукой, в том же 1772 г. он вступил в Главный откуп (став, по сути, сборщиком налогов), чтобы продолжать свои эксперименты. Эта деятельность в итоге стоила ему жизни – 8.05.1794 великий французский химик был гильотинирован по решению революционного трибунала якобы «за участие в заговоре против французского народа». Тем не менее, его имя внесено в список величайших ученых Франции, помещенный на первом этаже Эйфелевой башни.

1. Приведите современные названия «ртутной и железной окалины, удушливого, жизненного и горючего воздуха». Дайте и современные определения понятиям «химический элемент» и «химическое соединение».
2. Напишите уравнения осуществленных ученым реакций горения серы, фосфора и алмаза, а также разложения ртутной окалины и воды.
3. Укажите, какие из следующих веществ могут гореть на воздухе, а какие - нет: Na, Mg, N₂, Ar, I₂. Напишите возможные уравнения реакций горения.
4. При сжигании на воздухе 5,4 г простого вещества было получено 10,2 г вещества, в котором элемент X проявляет валентность III. Установите элемент X, напишите уравнение реакции.
5. Разгадайте представленные ниже ребусы, впишите отгаданные слова в поле кроссворда, и Вы получите фамилию этого гениального ученого. Попробуйте также вспомнить его полное имя.

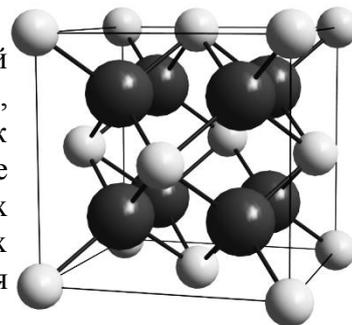


7. Ампулы пронумерованы. Определите, какие номера соответствуют каждому из веществ, если о содержимом известно следующее:
- в 1-й и 3-й ампулах содержимое полностью газообразное;
 - элементы из 2-й и 3-й ампул химии обозначают однобуквенными символами.
8. Каждая ампула имеет объем 5 мл и полностью заполнена. Для содержимого 1-й и 3-й ампул посчитайте массу, а для содержимого 2-й и 4-й - количество вещества. Для двух веществ (сами догадайтесь, каких) известны значения плотности – 3,12 и 4,93 г/см³.
9. Какие соединения могут образоваться, если смешивать содержимое 2-й и 3-й ампул в разном соотношении? Приведите их формулы.
10. Как реагируют вещества из 1, 2 и 3 ампул с крепким раствором NaOH при 20°C? 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 нм. В вершинах и центрах граней кубиков располагаются катионы кальция, а в тетраэдрических пустотах анионы фтора, т. е. каждый анион F⁻ окружён четырьмя катионами Ca²⁺, а каждый катион Ca²⁺ – восемью анионами F⁻ (см. рис.).



- Напишите электронные конфигурации Ca, Ca²⁺, F и F⁻.
- Рассчитайте количество формульных единиц CaF₂, приходящихся на одну элементарную ячейку, и плотность кристалла фторида кальция (г/см³). 1 нм = 10⁻⁹ м.

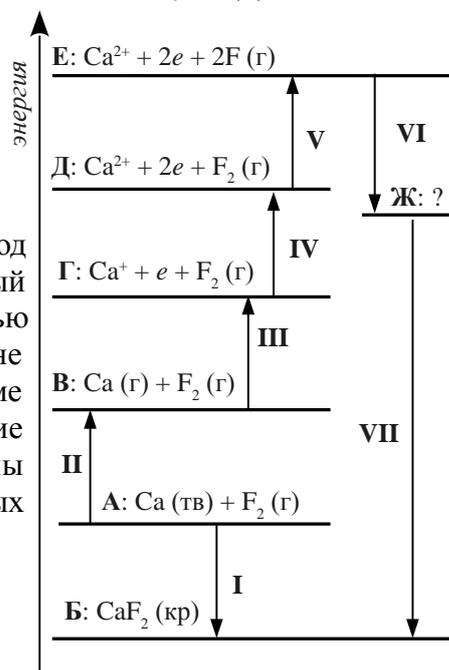
Лабораторный способ получения фторида кальция основан на взаимодействии карбоната кальция с плавиковой кислотой. В расчете на 1 г карбоната кальция выделяется 1,56 кДж теплоты.

- 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 ₂ O (ж)
Q _{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.
- Какие частицы отвечают состоянию Ж? Приведите уравнения реакций, соответствующих процессам VI и VII.

Каждому из процессов соответствует своя энергия. Например, энергия, выделяющаяся в процессе I, называется теплотой образования CaF₂.

- Сопоставьте процессы и названия их энергий: *энергия кристаллической решётки, энергия связи, потенциал ионизации, сродство к электрону*. Энергия какого из процессов не упомянута в этом списке? Как называется этот процесс?
- Рассчитайте энергию кристаллической решётки фторида кальция.