

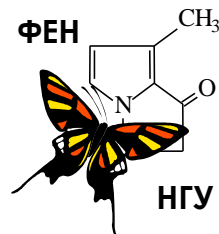


55-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Первый отборочный этап 2016-2017 уч. года

Задания по химии

11 класс



Задача 1. «Великий ученый».

«Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом...».

А.С. Пушкин.

Вчера, 19 ноября 2016 года, исполнилось 305 лет со дня рождения великого учёного и просветителя, первого русского естествоиспытателя мирового уровня. Он был химиком, физиком, астрономом, историком, поэтом, художником, основоположником современного русского литературного языка. Все таланты этого выдающегося ученого не поддаются исчислению и не могут быть переоценены. Его заслуги перед человечеством настолько велики, что ЮНЕСКО (Организация Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры) объявила 2011 г годом нашего выдающегося соотечественника.



1. Назовите фамилию, имя и отчество ученого, о котором идет речь. Как называется университет, основанный им в 1755 г (с 1940 г он носит его имя).

В своем сочинении «Рассуждение о твердости и жидкости тел» (1760 г) он писал: *«Все перемены в Натуре случающиеся такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте; сколько часов положит кто на бдение, столько же сну отнимет. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения: ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».*

2. В приведенной цитате сформулированы два фундаментальных закона Природы, причем приоритет открытия одного из них (1748 г) закреплен за героем нашей задачи. Назовите эти законы и укажите, какой из них открыл гениальный русский ученый.

3. Приведите современные формулировки этих двух законов, до начала XX в. существовавших независимо друг от друга (в наше время эти законы обычно объединяют в единый, «всеобщий» закон).

Британский химик Р. Бойль в 1673 г провел следующий опыт. Он взял кусок свинца, поместил его в стеклянную реторту (сосуд с длинной шейкой, направленной вниз), герметически ее заплавил и взвесил. Затем он нагревал ее в таком виде 2 часа на огне, в результате чего часть свинца перешла в окалину. После этого он вскрыл реторту и снова взвесил: оказался привес, для объяснения которого он предложил гипотезу о способности огненной материи проходить через стекло реторты и затем соединяться с металлом.

Чтобы подтвердить свой закон, российский ученый повторил опыты Р. Бойля в 1756 г. Сам он написал об этом следующее: *«Делал опыты в заплавленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать, прибывает ли вес металлов от чистого жару. Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без вес сожженного металла остается в одной мере».*

4. Попробуйте вставить в цитату пропущенный текст. Откуда все-таки взялся привес у Р. Бойля?

5. Какое количество кислорода (в молях) вступило в реакцию в опыте Р. Бойля, если привес в его опыте составил 0,609 г. Оцените объем реторты (в л), считая, что кислород израсходовался полностью, а операция запаивания и оба взвешивания реторты проведены Бойлем при комнатной температуре (25 °С) и атмосферном давлении.

6. Состав свинцовой окалины зависит от температуры проведения опыта. При $t > 600\text{ }^\circ\text{C}$ получается желтый оксид, «массикот» (его красную модификацию называют «свинцовый глёт»), но если не поднимать температуру выше $500\text{ }^\circ\text{C}$, то образуется ярко-оранжевый «свинцовый сурик». Напишите формулы «массикота» и «свинцового сурика», а также уравнения реакций их образования в ходе опыта.

7. Как «массикот», так и «свинцовый сурик» довольно реакционноспособны и реагируют с растворами щелочей и многих кислот. Напишите уравнения реакций, происходящих при нагревании этих соединений в следующих растворах: а) $\text{NaOH}_{\text{конц}}$; б) $\text{HCl}_{\text{конц}}$; в) HNO_3 ; г) $\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{конц}}$.

Задача 2. «Холодное пламя».

Говорят, что вещество **A1** обладает замечательным свойством: его пламя настолько холодное, что в нем не обугливается даже бумага. В пламени вещества **A1** можно держать руки, не боясь ожога. По крайней мере, так пишут в некоторых книгах и так думают немало людей.



Алиса решила узнать, правда ли это. Она выяснила, что вещество **A1** можно получить взаимодействием простых веществ **B** и **B** [реакция 1]. Для синтеза берут особую разновидность вещества **B** - пористый продукт, образующийся при пиролизе древесины без доступа воздуха, а желтое вещество **B**, встречающееся в природе в самородном состоянии, можно брать как в виде мелкого порошка, так и в виде кристаллов.

1. Назовите элементы, образующие простые вещества **B** и **B**. Некоторые разновидности этих простых веществ имеют свои собственные названия. Попробуйте вспомнить названия упомянутого «пористого продукта», а также тонкого (очень мелкого) желтого порошка вещества **B**.

Синтезируют **A1** следующим образом. В кварцевую трубку засыпают 40 г измельченного вещества **B**. Трубку помещают в трубчатую печь и присоединяют к ней колбу объемом 250 мл, в которую насыпают 120 г вещества **B**. Но перед тем, как присоединить колбу, трубку с веществом **B** прогревают, чтобы удалить адсорбированную **B** воду. Если эту процедуру не проделать, то при нагревании трубки в процессе синтеза выделяется большое количество веществ **B1** и **B1** [2]. (Здесь и далее буквами **B1-B4** зашифрованы соединения, содержащие элемент, образующий простое вещество **B**, **B1-B5** – соединения, содержащие элемент, образующий простое вещество **B**, **A1-A3** – соединения, содержащие оба этих элемента).

К другому концу трубки через переходник присоединяют колбу-приемник, для охлаждения которого используют ведро с ледяной водой. Температура слоя вещества **B** доводится до $900\text{ }^\circ\text{C}$, а колба с **B** нагревается с помощью бунзеновской горелки для того, чтобы ее пары начали поступать в трубку. Сделав все по данной методике, Алиса очень обрадовалась, увидев капли почти бесцветной жидкости, которые конденсировались в колбе-приемнике – это и было то самое вещество **A1**.

2. Напишите формулы веществ **A1**, **B1** и **B1**. Назовите вещество **A1**. Напишите уравнения реакций [1] и [2].

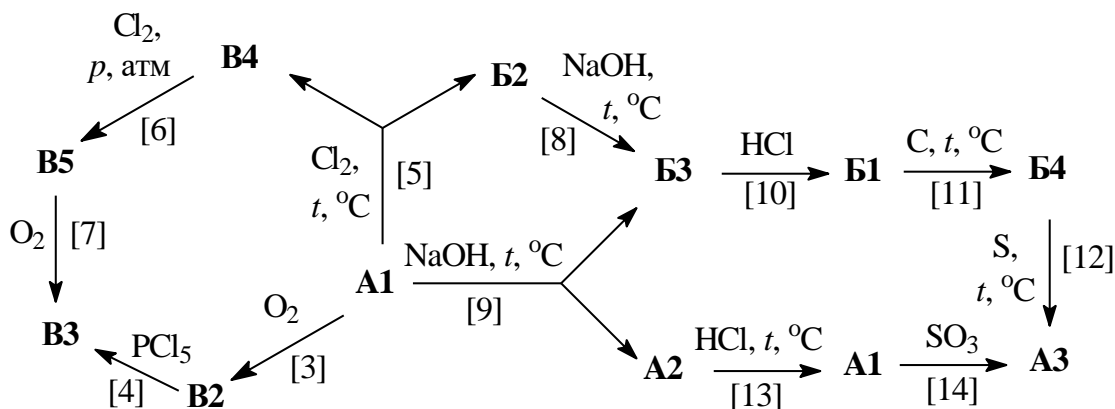
3. Определите выход вещества **A1**, если объем полученной жидкости 60 мл, а ее плотность равна 1,29 г/мл. Известно, что исходное простое вещество **B** содержит примеси, массовая доля которых составляет 0,2 (20 %).

Как Алиса выяснила из эксперимента, если просто поджечь вещество **A1**, то в результате горения выделится вполне достаточно тепла, чтобы сжечь и бумагу, и руки неосторожного экспериментатора. А «холодное» горение возможно лишь при очень сильном разбавлении паров **A1**. Реакция горения вещества **A1** приводит к образованию газообразных веществ **B1** и **B2** [3].

4. Напишите формулу вещества **B2** и термохимическое уравнение реакции [3]. Вычислите количество тепла, которое выделится при сгорании 1 мл вещества **A1**. Нужные Вам для расчета теплоты образования веществ приведены в таблице.

Вещество	A1 _{ж.}	B1 _{газ}	B2 _{газ}
$Q_{\text{образ.}}$, кДж/моль	-88,7	393,5	297,0

Далее Вашему вниманию представлена схема превращений с участием вещества **A1** и некоторых продуктов его превращений.



5. Напишите формулы веществ **B2-B4**, **B3-B5**, **A2-A3** и уравнения реакций [4]-[14]. Дополнительно известно, что массовые доли элемента, образующего простое вещество **B**, составляют: в **B5** 31,1 %, в **A2** 62,4 %.

Задача 3. «Американский цент».

На состоявшихся на прошлой неделе выборах президента США, за которыми следил весь мир, победил кандидат от республиканской партии Дональд Трамп. А знаете ли Вы, что первым президентом-республиканцем в США в середине XIX века (1861-1865 годы) был Авраам Линкольн – освободитель американских рабов, ставший национальным героем американского народа? В год столетия Линкольна, в 1909 г., его профиль появился на монетах США достоинством один цент. Для большинства американцев эта монета является одним из символов страны, а порой встречаются фанаты, прямо-таки влюбленные в цент. Так, житель Алабамы Эдмонд Ноулес за 40 лет (с 1967 по 2007 годы) собрал таких монет на общую сумму 13 тыс. 84 доллара 59 центов.



До октября 1982 года одноцентровая монета состояла из медно-цинкового сплава и весила 3,08 г. Монеты, выпущенные после этой даты, внешне ничем не отличаются от более ранних аналогов: тот же цвет, абсолютно те же размеры, только вот вес легче – теперь цент весит 2,50 г и состоит из цинка, покрытого слоем меди. Если поцарапать или надпилить современную монету и опустить в разбавленный раствор соляной кислоты, то она покроется пузырьками какого-то газа и станет значительно легче. После прекращения выделения газа монета будет выглядеть так же, как до проведения опыта, но весить она теперь будет (после промывки и сушки) всего 0,06 г.

1. Оцените общую массу монет, собранных Ноулесом, считая, что собирал он их равномерно с октября 1967 г. по октябрь 2007 г.
2. Что произойдет, если в описанном опыте заменить соляную кислоту на серную или азотную? Напишите уравнения реакций, рассмотрев отдельно случаи с соляной кислотой, а также с концентрированными и разбавленными серной и азотной кислотами.
3. Оцените массовые доли меди и цинка в современных центах и центах старого (до 1982 года) образца. Плотность меди составляет $8,95 \text{ г/см}^3$, цинка – $7,14 \text{ г/см}^3$. Для оценки можно считать, что объем сплава равен сумме объемов вошедших в него металлов.

Допустим, мы опускали нашу монету ровно в 15 г 10 % соляной кислоты ($\rho = 1,048 \text{ г/см}^3$).

4. Рассчитайте молярные концентрации веществ, содержащихся в оставшемся после опыта растворе.

Если аккуратно испарить этот раствор, можно получить до 7,77 г кристаллогидрата некой соли, которая используется как основной компонент разнообразных паяльных флюсов.

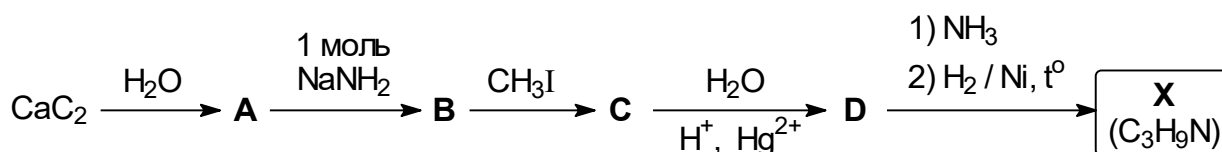
5. Вычислите количество молекул кристаллизационной воды, которое приходится на одну молекулу этой соли.

6. Напишите уравнения реакций, поясняющих роль этой соли в паяльном деле. Попробуйте предложить способ ее получения в безводном виде.

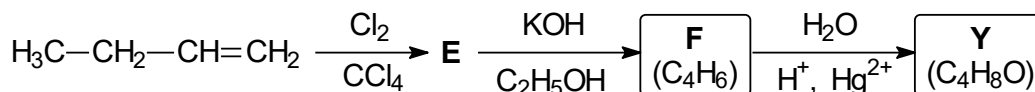
8. Если очистить от меди ровно половину поверхности новой монеты, а потом опустить ее в соляную кислоту, равномерно ли монета будет покрываться пузырьками газа? Поясните свой ответ.

Задача 4. «Химия и красота».

Однажды Антон заглянул в мамин шкафчик с косметическими средствами. Там ему сразу бросилась в глаза надпись на коробке с краской для волос: «не содержит аммиак». Прочитав состав краски, аммиак он действительно не обнаружил, зато обнаружил вещество **X** – *органическое производное NH₃, в котором один из атомов водорода замещен на разветвленный углеводородный радикал*. Немного подумав, Антон предложил схему синтеза **X**.



Антон продолжил исследовать мамин шкафчик, и теперь на глаза ему попала баночка с жидкостью для снятия лака. На этой баночке красовалась этикетка с надписью "не содержит ацетон". Прочитав состав этой жидкости, вместо ацетона Антон обнаружил в ее составе соединение **Y**. Он хорошо представлял, как можно получить это вещество и быстро "набросал" на листе бумаги схему синтеза **Y**:



Дополнительно известно, что соединение **F** реагирует с гидроксидом диамминсеребра(I) (или, так называемым, "аммиачным раствором оксида серебра(I)") с образованием светло-серого осадка.

Задания.

1. Приведите структурные формулы и названия органических соединений **A–F**, **X** и **Y**.
2. Приведите формулу гидроксида диамминсеребра(I), выделив в квадратных скобках внутреннюю сферу в этом комплексном соединении. Напишите *уравнение реакции* (упоминаемой в условии) между раствором этого соединения и веществом **F**.
3. Превращения **C** → **D** и **F** → **Y** (см. приведенные выше схемы) обычно называют в честь русского химика, впервые осуществившего подобного рода реакции. Назовите фамилию этого химика.
4. При взаимодействии соединения **F** с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты выделяется газ и образуется органическая кислота. Напишите *уравнение* этой реакции.