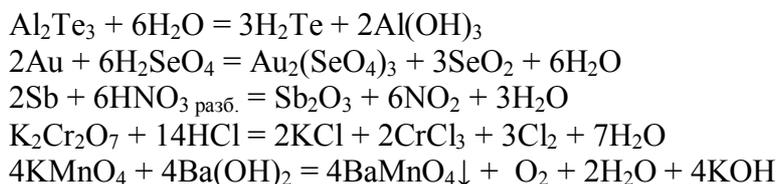


Всероссийская олимпиада школьников по химии 2013/2014 учебного года
Окружной этап в Москве
Ответы и критерии оценки - 11 класс

Задача 1.



За каждое уравнение по 2 балла

Итого: 10 баллов

Задача 2.

А. Найдем объем одной элементарной ячейки кристалла металла.

$$V_{\text{ячейки}} = (2,866 \times 10^{-8} \text{ см})^3 = 2,354 \times 10^{-23} \text{ см}^3 \quad 1 \text{ балл}$$

Определим, сколько таких ячеек (x) в одном кубическом сантиметре металла

$$x = 1 / (2,354 \times 10^{-23}) = 4,248 \times 10^{22} \text{ ячеек} \quad 1 \text{ балл}$$

Определим, сколько атомов металла приходится на одну ячейку в кристалле. В одной элементарной ячейке данного металла имеется 8 атомов в вершинах куба. Атом, расположенный в вершине куба, одновременно принадлежит восьми соседним элементарным ячейкам. Следовательно, на одну ячейку приходится 1/8 атома, расположенного в вершине. Поскольку таких атомов в одном кубе 8, то на одну ячейку приходится $8 \times 1/8 = 1$ атом. В центре куба расположен еще один атом, следовательно, в целом на одну ячейку приходится 2 атома металла. *3 балла*

Определим общее число атомов металла в 1 см³.

$$N = 2 \times 4,248 \times 10^{22} = 8,496 \times 10^{22} \text{ атомов} \quad 1 \text{ балл}$$

Определим количество вещества металла

$$v = N / N_A; \quad v = 8,496 \times 10^{22} / 6,023 \times 10^{23} = 0,141 \text{ моль} \quad 1 \text{ балл}$$

Определим молярную массу металла

$$M = m / v; \quad M(\text{Me}) = 7,874 / 0,141 = 55,8 \text{ — это железо} \quad 1 \text{ балл}$$

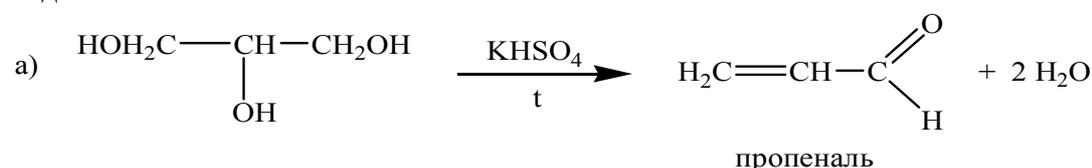
Б. Основная масса железа сосредоточена в земном ядре. Верхние слои земной коры также содержит большое количество железа в виде соединений, которые образуют большие месторождения. Основными формами рудоносных минералов железа являются оксидные и сульфидные соединения: магнетит Fe₃O₄, гематит Fe₂O₃, лимонит Fe₂O₃·nH₂O, пирротин FeS, пирит FeS₂, и др. изредка встречается самородное железо, имеющее главным образом метеоритное происхождение. *1 балл*

В. Чугун – железо, восстановленное в доменном процессе и насыщенное углеродом до ~ 4 %.

Сталь получают из чугуна, снижая % углерода различными способами: конверторным, мартеновским, электроплавкой и др. По сути, процесс сводится к «выжиганию» части углерода и удалению нежелательных примесей (фосфора, серы). Содержит менее 2% углерода. *1 балл*

Итого: 10 баллов

Задача 3.



Таким образом, простейшая брутто-формула соединения А – $C_{10}H_{12}O$. Любые кратные ей формулы маловероятны, так как такие вещества не должны быть летучими. 1 балл

Б. Общую формулу соединения А можно представить в виде $C_nH_{2n-10}O$. Из формулы явно следует, что соединение А является ненасыщенным. Используя реакцию гидрирования, можно определить количество двойных (или тройных) связей в соединении.

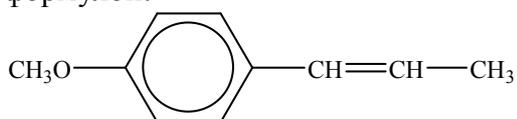
$$M(C_{10}H_{12}O) = 148 \text{ г/моль}$$

$$v(C_{10}H_{12}O) = 1,5/148 = 0,01013 \text{ моль}$$

$$v(C_{10}H_{12}O) : v(H_2) = 1 : 1.$$

Расчеты и лёгкость гидрирования, упомянутая в условии задачи, позволяют заключить, что соединение А должно быть ароматическим, так как бензольное кольцо гидрируется в довольно жёстких условиях, а одна двойная связь, за счет которой соединение легко гидрируется, должна быть в заместителе.

Молекула соединения А содержит один атом кислорода, который может входить в состав карбонильной группы, гидроксильной группы или группы $-OR$. Однако соединение А не дает реакции серебряного зеркала, не вступает во взаимодействие с натрием, следовательно, оно имеет группу $-OR$. На этом этапе рассуждений строение А можно изобразить формулой $CH_3O-C_6H_4-CH=CH-CH_3$, так как в условии задачи отмечено, что А при окислении дает две кислоты, одна из которых (С) уксусная. Расположение двойной связи в заместителе подтверждается также тем, что для соединения А характерно существование геометрических изомеров. При ином расположении двойной связи искомое соединение не будет иметь *цис*- и *транс*-изомеров. Кислотой D в этом случае будет метоксибензойная кислота. Относительное расположение заместителей в этой кислоте можно определить по результатам её нитрования. Практически единственный продукт нитрования говорит о *пара*-расположении заместителей. Таким образом, строение соединения А можно отразить формулой:



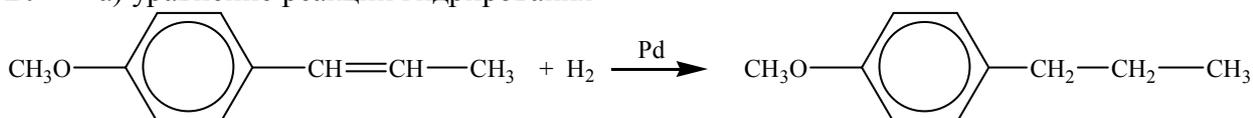
Название данного соединения 1-(4-метоксифенил)пропен.

(возможно принять правильными и другие названия: 1-метокси-4-пропенилбензол или *п*-метоксипропенилбензол)

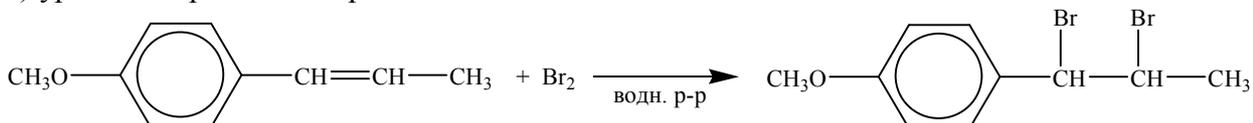
5 баллов

К сведению проверяющих: тривиальное название соединения А – анетол.

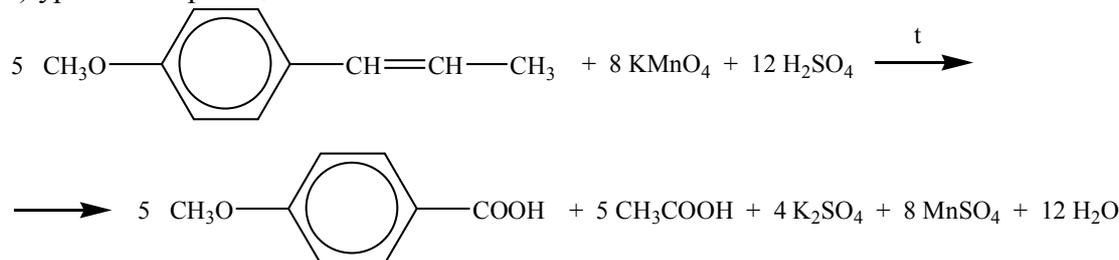
В. а) уравнение реакции гидрирования



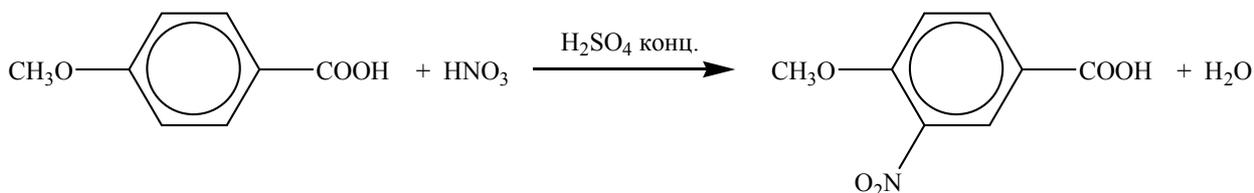
б) уравнение реакции с бромом



в) уравнение реакции окисления

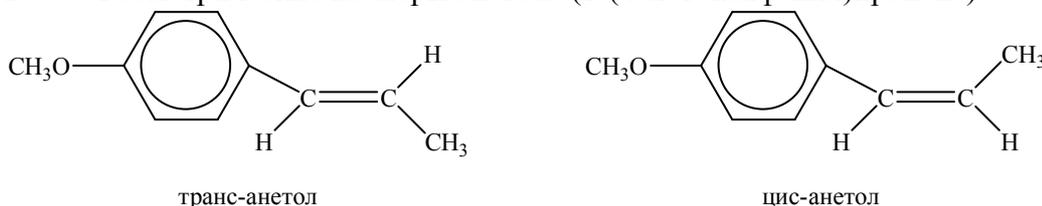


г) уравнение реакции нитрования *п*-метоксибензойной кислоты



4 балла (за каждое уравнение по 1 баллу)

Г. Геометрические изомеры анетола (1-(4-метоксифенил)пропена)



1 балл

Максимум: 10 баллов

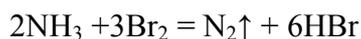
Задача 5.

Решение

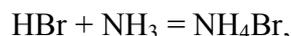
А. Юные химики получили кристаллический бромид аммония.

1 балл

При добавлении брома к раствору аммиака выделяется азот и образуется бромоводород:

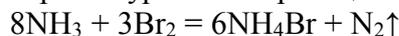


HBr, вступая во взаимодействие с избытком аммиака, образует бромид аммония:



мельчайшие кристаллики которого в виде обильного дыма наполняют склянку 2.

Возможна запись суммарного уравнения реакции:



2 балла

Б. В цилиндре 4 собрался азот. Этому не противоречат следующие факты:

- 1) газ бесцветен;
- 2) газ собрали над водой, поэтому он практически нерастворим в воде.

Горящая лучинка в собранном газе погаснет. При встряхивании с известковой (или баритовой) водой образование осадка не наблюдается.

2 балла

В. Промывная склянка 3 использовалась для улавливания мельчайших кристалликов бромида аммония, которые увлекались из реактора током аммиака и азота. Бромид аммония растворялся в воде, которая содержалась в склянке 3.

1 балл

Г. Щелочная среда в растворе после реакции обусловлена тем, что данный синтез ведут в условиях большого избытка аммиака. При избытке брома образуются побочные продукты, например, взрывчатый бромистый азот.

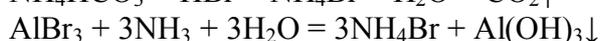
Важно отметить, что в растворе бромида аммония (в отсутствии аммиака) среда кислая из-за гидролиза соли по катиону.

1 балл

Д. Могут быть предложены различные варианты получения NH_4Br , например, прямой синтез при нейтрализации бромоводородной кислоты аммиаком:



Или обменные процессы:

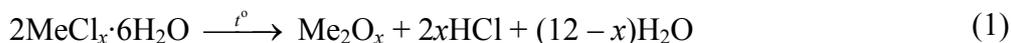


По 1 баллу за каждый верный способ получения, но не более 3-х баллов.

Итого: 10 баллов

Задача 6.Примерный вариант решения

В газообразных продуктах пиролиза исследуемого кристаллогидрата содержалась кислота, т.к. количество щелочи в поглотителе уменьшилось. Единственный возможный вариант в данных условиях — гидролиз исходного вещества с выделением хлороводорода:

*2 балла*

Так как масса остатка, оксида металла, при дальнейшем прокаливании не изменялась, то можно считать, что гидролиз прошел полностью.

Выделяющийся HCl поглощается щелочью

*1 балл*

Оставшаяся щелочь нейтрализуется серной кислотой

*1 балл*

В соответствии с уравнением (3) количество щелочи, оставшееся в поглотителе, равно

$$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,005 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Таким образом, количество щелочи, которое пошло на нейтрализацию выделяющегося HCl, равно

$$0,02 - 0,005 = 0,015 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

В соответствии с уравнением (2) количество выделившегося хлороводорода также равно 0,015 моль

Если принять, что $M(\text{Me}) = a$ г/моль, то количество вещества исходного кристаллогидрата

$$\text{равно } \frac{1,21}{a + 35,5x + 6 \cdot 18} = \frac{1,21}{a + 35,5x + 108} \quad (1 \text{ балл})$$

По уравнению (1) количество выделившегося HCl в x раз больше исходного

$$\text{кристаллогидрата, т.е. оно равно } \frac{1,21x}{a + 35,5x + 108}$$

$$\text{Получаем уравнение } \frac{1,21x}{a + 35,5x + 108} = 0,015 \quad (1 \text{ балл})$$

Масса выделившегося хлороводорода равна $0,015 \cdot 36,5 = 0,5475$

По закону сохранения массы веществ находим массу воды, выделившейся при пиролизе кристаллогидрата

$$1,21 - 0,255 - 0,5475 = 0,4075 \text{ г}$$

Соответственно количество выделившейся воды равно $0,4075 : 18 = 0,0226$ моль.

Получаем второе уравнение $2x \cdot 0,0226 = 0,015 \cdot (12 - x)$, откуда $x = 3$. *1 балл*

Подставляем найденное значение x

$$\frac{1,21 \cdot 3}{a + 35,5 \cdot 3 + 108} = 0,015$$

$$a \approx 27; \text{ металл — алюминий}$$

Формула кристаллогидрата — $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

*1 балл***Итого: 10 баллов****Максимальный балл: 60**