

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

Муниципальный этап

Иркутск, 2022-23 уч. г.

10 класс

ЗАДАЧА 10-1

На складе реактивов найдены три банки, содержащие соли железа и подписанные буквами А, В и С. Чтобы уточнить содержимое каждой банки, химик приготовил растворы этих солей и провел следующие опыты:

а) В три пробирки он поместил растворы неизвестных солей и прибавил раствор AgNO_3 .

Только из растворов солей А и В выпал белый творожистый осадок.

б) В другие пробирки он поместил те же растворы солей и прибавил раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

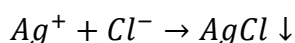
Белый, не растворимый в кислотах осадок выпал только из раствора соли С.

в) В четыре последовательно соединенные электролитические ячейки он поместил растворы солей А, В и С и раствор CuSO_4 . При пропускании через растворы электрического тока в последнем электролизере выделилось 0,96 г Cu , а в электролизерах, содержащих растворы солей А, В и С, образовалось 0,84, 0,56 и 0,84 г металлического железа соответственно. На анодах электролизеров, содержащих растворы солей А и В, выделился зеленовато-желтый газ с резким запахом.

Объясните, каким образом химик установил содержимое каждой банки. Проведите расчеты и запишите все необходимые уравнения реакций и процессов, протекающих на электродах. (Считайте, что процессы выделения металлов при электролизе протекали количественно).

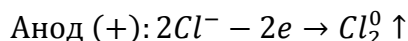
РЕШЕНИЕ

На основании опыта а) можно предположить, что в банках А и В находятся хлориды железа:



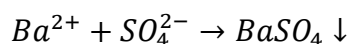
1 балл

Выделение на аноде при электролизе зеленовато-желтого газа подтверждает, что соли А и В – это хлориды железа:



2 балла

На основании опыта б) следует, что в банке С находится сульфат железа, так как на электродах из продуктов разложения соли выделилось только железо, а с ионом бария сульфат-ион дает белый осадок:



2 балла

Запишем объединенный закон Фарадея:

$$m = \frac{MQ}{nF}$$

m – масса выделившегося металла

M – молярная масса металла

Q – количество электричества, прошедшего через раствор

$$Q = It$$

I- сила тока (А),

t- время (с)

2 балла

n – число электронов, необходимое для восстановления металла

F – число Фарадея (96500 Кл/моль)

Поскольку электролизеры соединены последовательно, то через все растворы проходит одинаковое количество электричества:

$$Q = \frac{mnF}{M}$$

2 балла

На основании этого можно записать:

$$\frac{m_{Cu}n_{Cu}F}{M_{Cu}} = \frac{m_{AFe}n_{AFe}F}{M_{Fe}} = \frac{m_{BFe}n_{BFe}F}{M_{Fe}} = \frac{m_{CFE}n_{CFE}F}{M_{Fe}}$$

3 балла

Подставим численные данные и составим три уравнения:

$$\frac{0,96 \cdot 2}{64} = \frac{0,84 \cdot n_{AFe}}{56}$$
$$n_{AFe} = \frac{0,96 \cdot 2 \cdot 56}{0,84 \cdot 64} = 2$$

1 балл

Следовательно, в банке А – хлорид железа (II) $FeCl_2$

1 балл

$$\frac{0,96 \cdot 2}{64} = \frac{0,56 \cdot n_{BFe}}{56}$$
$$n_{BFe} = 3$$

1 балл

Следовательно, в банке В – хлорид железа (III) $FeCl_3$

1 балл

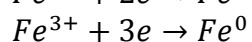
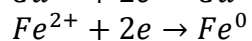
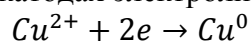
$$\frac{0,96 \cdot 2}{64} = \frac{0,84 \cdot n_{CFE}}{56}$$
$$n_{CFE} = 2$$

1 балл

Таким образом, в банке С – сульфат железа (II) $FeSO_4$

1 балл

Процессы, происходящие на катодах электролизеров:

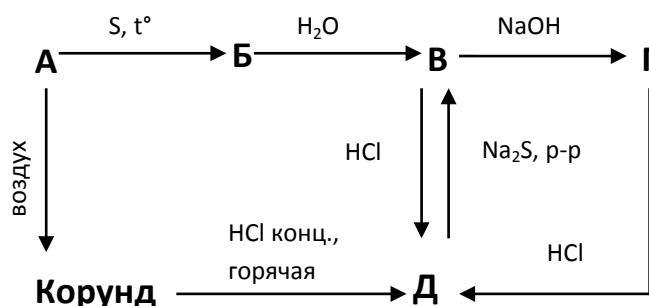


2 балла

Итого

20 баллов

ЗАДАЧА 10-2



Определить вещества А-Д и формулу корунда, написать уравнения реакций, если известно, что А-это трехвалентный металл, а минерал корунд состоит только из металла и кислорода с содержанием последнего 47 % по массе.

РЕШЕНИЕ

1. По условию задачи корунд состоит только из кислорода и трехвалентного металла, значит, можно записать общую формулу минерала в виде A_2O_3 .

0,5 балла

Так как в корунде содержится 47 % по массе кислорода, то оставшееся количество приходится на металл $(100-47)\%=53\%$. Тогда можно записать, что

$$\frac{M(A) \cdot 2}{M(A) \cdot 2 + 16 \cdot 3} = 53\%$$

где $M(A)$ - молярная масса металла А. Или выразить через массовую долю кислорода:

$$\frac{16 \cdot 3}{M(A) \cdot 2 + 16 \cdot 3} = 47\%$$

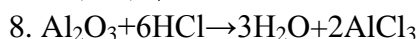
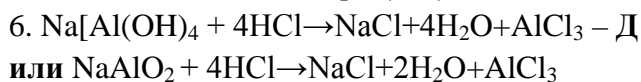
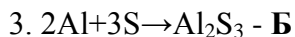
0,5 балла за любую из формул

При решении полученного уравнения получаем $M(A)=27$ г/моль, т.е. металл А- алюминий.

2 балла за решение

Таким образом, корунд – это оксид алюминия Al_2O_3

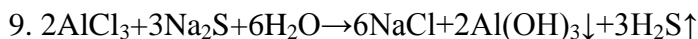
1 балл



А	Al
Б	Al_2S_3
В	$Al(OH)_3 \downarrow$
Г	$Na[Al(OH)_4]$ или $NaAlO_2$
Д	$AlCl_3$
Корунд	Al_2O_3

1,5 балла за каждое уравнение 2-8

0,5 балла за каждое из веществ А-Д



3 балла

Итого

20 баллов

ЗАДАЧА 10-3

Продуктами термического разложения неизвестного вещества является вода и нерастворимый в ней газ (простое вещество). Установить формулу вещества, если при охлаждении продуктов разложения от 273 до 0 °С давление в реакторе уменьшилось в 6 раз, а после откачки газа масса содержимого реактора уменьшилась на 56,25 %.

РЕШЕНИЕ

Обозначим давление в реакторе при температуре 273 °С через P_1 , при 0 °С – через P_2 , количество молей при этих температурах соответственно через n_1 и n_2 .

Воспользовавшись уравнением Менделеева-Клапейрона

$$PV = nRT$$

(4 балла)

Рассчитаем отношение молей в реакторе до и после конденсации паров воды:

$$\frac{P_1 V}{P_2 V} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2}$$

Или

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1 * 546}{n_2 * 273} = 6$$

Откуда

$$\frac{n_1}{n_2} = 3$$

(2 балла)

т.е. количество молей при температуре 273 °С было в три раза больше, чем при 0 °С.

Следовательно, отношение молей образовавшегося газа и водяного пара равно 1:2.

(2 балла)

Рассчитаем массу моля исходного вещества. Предположим, что из 1 моля вещества образуется 2 моль воды. Тогда:

36 г воды составляет 56,25 %

х г составляет 100 %

$$x = 64 \text{ г.}$$

(4 балла)

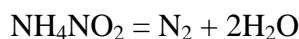
Следовательно, масса моля вещества равна 64 г, из них при разложении на долю воды приходится 36 г. Отсюда масса моля неизвестного простого газа равна 28 г (64 г – 36 г), что соответствует массе азота.

(3 балла)

Формула неизвестного вещества $N_2H_4O_2$ или NH_4NO_2 , т.е. искомое вещество – нитрит аммония.

(4 балла)

При его разложении образуются азот и вода:



(1 балл)

Итого

20 баллов

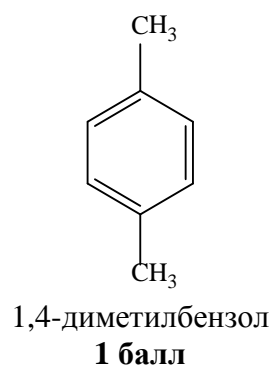
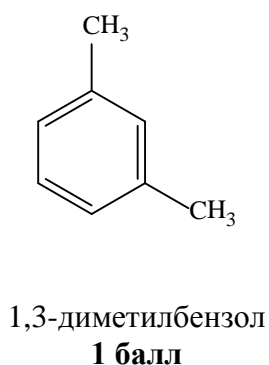
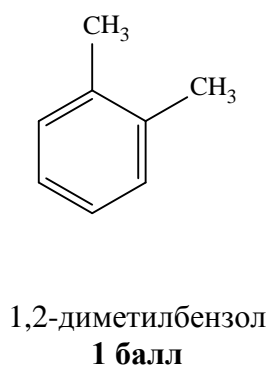
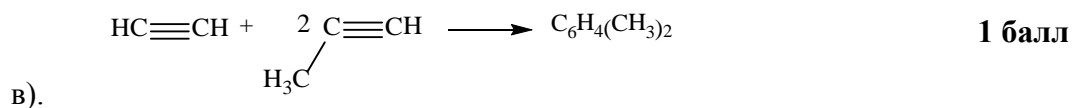
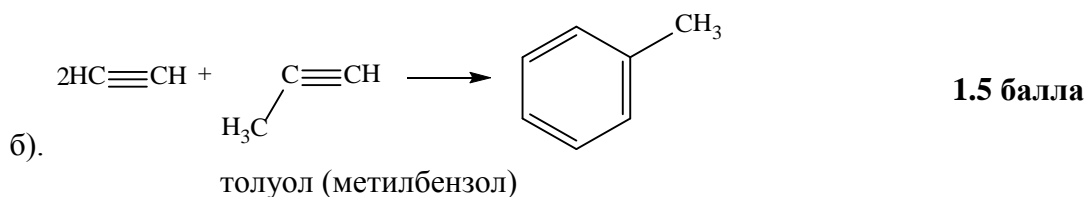
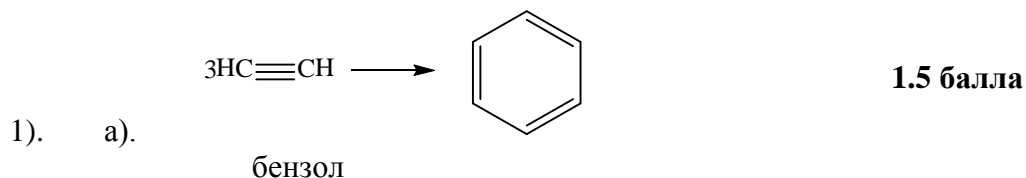
ЗАДАЧА 10-4

При нагревании до 600°C смеси этина и пропина в присутствии активированного угля образуются ароматические тримеры.

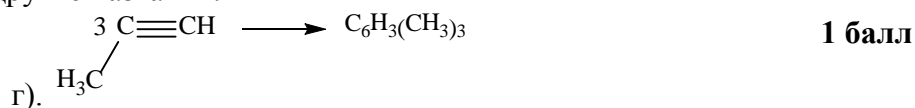
- 1). Приведите структурные формулы всех возможных соединений, образующихся в данных условиях, их названия и соответствующие уравнения реакций.
- 2). При полном сгорании 0.1 моля одного из изомеров выделилось 15.68 л диоксида углерода. Установите формулу этого тримера. Сколько потребуется для этого кислорода (моль, л, г)?

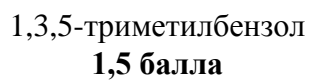
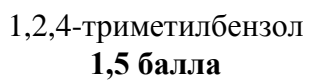
РЕШЕНИЕ

В приведенных условиях из смеси этина (ацетилена) и пропина могут образоваться следующие тримеры (всего 7 соединений):



Примечание: для замещенных ароматических соединений считаются правильными и оцениваются также и другие названия.




$$C_nH_{2n-6} + (3n-3)O_2 \rightarrow nCO_2 + (2n-6)H_2O$$

из 1 моля - - - - - n молей CO_2

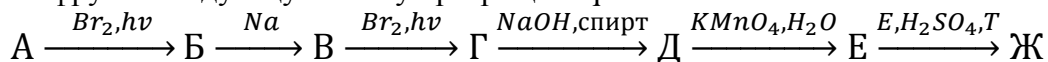
3 балла

2 балла

20 баллов

ЗАДАЧА 10-5

Расшифруйте следующую схему превращений:



Установите структурные формулы всех соединений, если известно:

- а) А – насыщенный углеводород (алкан);
 б) масса вещества Γ на 91.86 % больше массы вещества В;

Напишите уравнения соответствующих реакций и дайте необходимые пояснения.

РЕШЕНИЕ

Исходя из условий реакций и приведенной схемы превращения, очевидно, что **Б** – бром-алкан, **В** – алкан (реакция Вюрца), Γ – бром-алкан. Соответственно, необходимо установить брутто формулу соединения Γ .

1 балл

Молекулярная масса соединения Γ равна $12n + 2n + 1 + 80$, т.е. она увеличилась на 79 (по сравнению с молекулярной массой вещества В).

1 балл

Тогда:

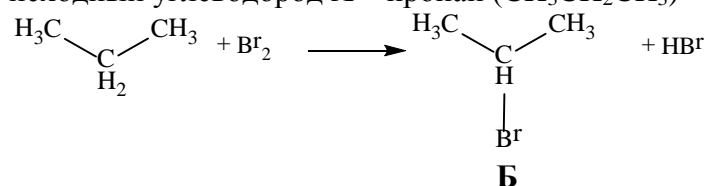
91.86%	-	79
100%	-	$12n + 2$

Получаем, что $n = 6$.

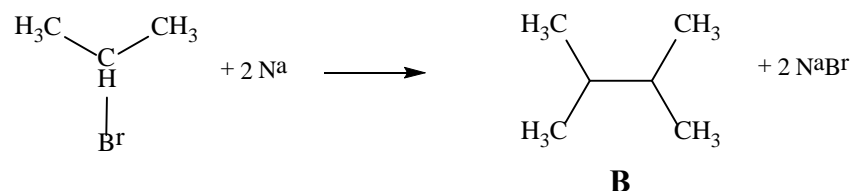
2 балла

Поскольку на стадии $B \rightarrow V$ длина углеродной цепи удваивается (реакция Вюрца), то исходный углеводород **А** – пропан ($CH_3CH_2CH_3$)

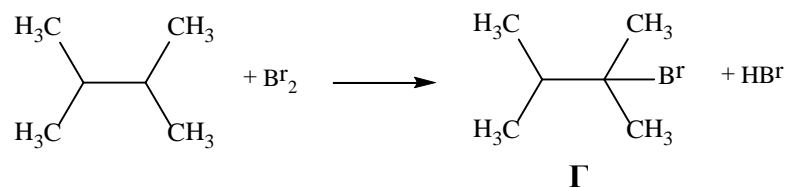
2 балла



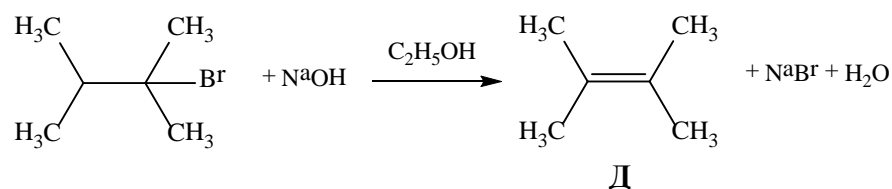
2 балла



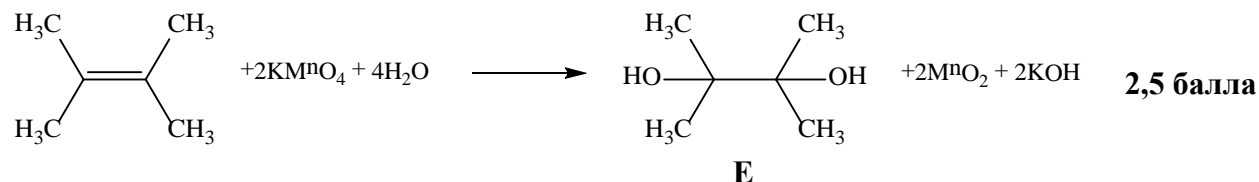
2 балла



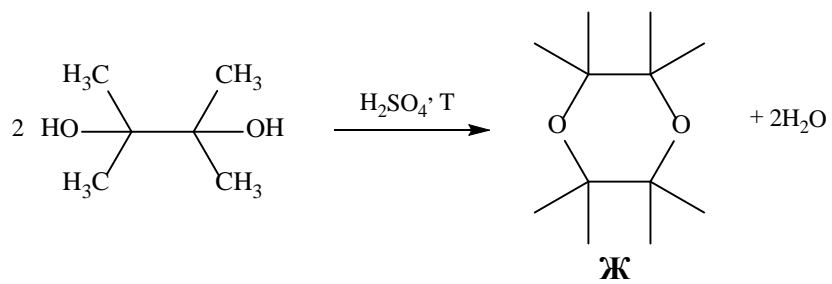
2 балла



2 балла



2,5 балла



3,5 балла

20 баллов