

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

9 КЛАСС (теоретический тур)

Задача 9.1. (под редакцией Черновой С.П.) 10 баллов

Соединения марганца в основном поступают в организм с пищей. Много марганца содержится в ржаном хлебе, пшеничных и рисовых отрубях, сое, горохе, свекле (содержание марганца в 100 г свеклы составляет 0,65 мг). Марганец поступает в растения в виде ионов Mn^{2+} . В теле человека содержится $2,2 \cdot 10^{20}$ атомов марганца. Среднесуточная потребность человека в марганце составляет 2,5 – 5 мг. Биодоступность марганца невысока, всего примерно 5 %. Уровень, приводящий к дефициту, и порог токсичности оцениваются в 1 и 40 мг/сутки соответственно. В медицинской практике для промывания ран применяют раствор перманганата калия ($\omega = 0,5 \%$, плотность 1 г/мл).

Вопросы:

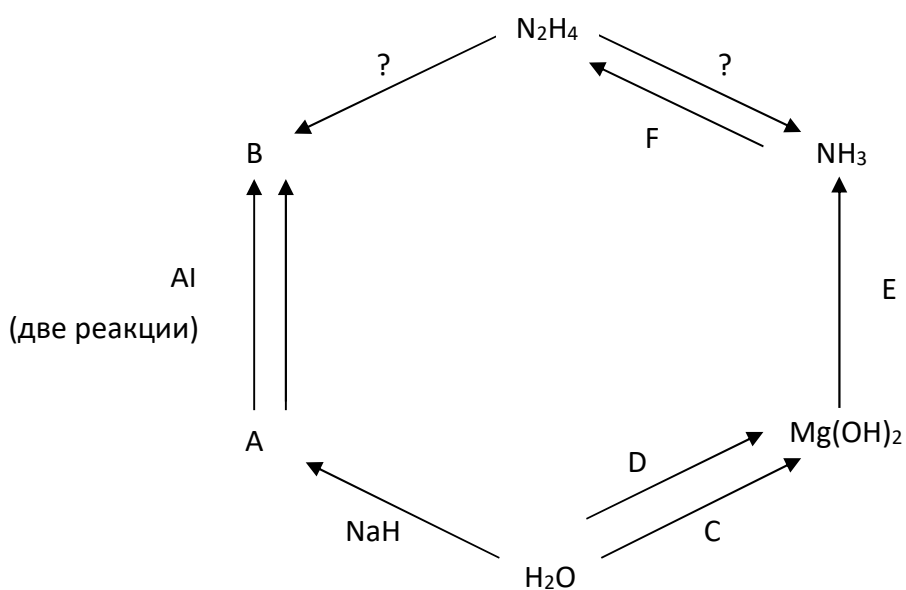
1. Напишите электронную формулу атома марганца и иона марганца (II).
2. Подсчитайте количество вещества марганца, содержащегося в организме человека.
3. Вычислите массу свеклы, которую необходимо съесть каждый день для того, чтобы восполнить суточную потребность (5 мг) марганца в организме.
4. Подсчитайте массу марганца, которая усваивается организмом человека, при поступлении марганца в количестве 5 мг в сутки.
5. Для обработки ран вы должны приготовить раствор перманганата калия. В наличии оказался раствор $KMnO_4$ с концентрацией 2 моль/л. Какой объем этого раствора надо взять, чтобы приготовить 2 л раствора для промывания ран.

Задача 9.2. 8 баллов

Для определения формулы минерала мирабилита (кристаллогидрат сульфата натрия) 3,22 г вещества растворили в воде и к полученному раствору прилили избыток раствора нитрата бария; в результате был выделен осадок массой 2,33 г. Какую формулу имеет мирабилит?

Задача 9.3. (автор Степанов Г.А.) 12 баллов

1. Под буквами А – F зашифрованы вещества, под знаками вопроса – условия реакции. Расшифруйте их и напишите уравнения реакций.
2. Для F известно, что это бесцветная при н.у. жидкость с $t_{\text{плав}} = -0,432^{\circ}\text{C}$. Напишите реакцию получения F.
3. Что напоминает схема превращений? Изобразите структурную формулу этого вещества, соответствующую современным представлениям о его электронном строении, укажите название и объясните, в чем состоит особенность структуры.



ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

9 КЛАСС (экспериментальный тур)

С помощью химических реакций получите осадки или растворимые вещества различного цвета и, используя их, раскрасьте рисунок (цветок), чтобы присутствовали следующие цвета: красный, синий, желтый, зеленый, белый.

Запишите уравнения реакций в молекулярном и в ионном виде.

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

10 КЛАСС (теоретический тур)

Задача 10.1 (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Построить структурные формулы 5 изомеров для органического вещества, имеющего молекулярную формулу C_7H_8O . Дать названия веществ по номенклатуре ИЮПАК.

Задача 10.2 (автор Степанов Г.А.) 10 баллов

Одним из этапов производства серной кислоты является каталитическое окисление оксида серы (IV) в оксид серы (VI). Процесс является обратимым.

1. Запишите уравнение реакции этого процесса.
2. Как изменится скорость прямой реакции, если увеличить давление в 3 раза? Приведите расчет.
3. Как можно сместить химическое равновесие в сторону прямой реакции?
4. Загрязненный сернистым газом воздух объемом 100 л пропустили через раствор гидроксида натрия, после чего прибавляли по каплям йод до прекращения обесцвечивания. К полученному раствору добавили избыток хлорида бария, выпал осадок, его отфильтровали и высушили. Оказалось, что его масса 7 мг. Соответствует ли чистота воздуха санитарным нормам, если ПДК (предельно допустимая концентрация) сернистого газа составляет 0,01 мг/л?

Задача 10.3 (автор Черепанов И.С.) 10 баллов

Три химика-органика – **A**, **B** и **C** - синтезировали по одному газообразному веществу каждый - **X**, **Y** и **Z** соответственно, при этом молекулярные массы каждого из веществ оказались равны возрасту каждого из химиков. Органик **A** синтезировал газ **X**, для которого в зависимости от температуры характерно вступать с газообразным хлором как в реакции замещения (при комнатной температуре), так и в реакции присоединения (при высоких температурах). Самый старший из химиков – **B** – каталитически гидрировал углеводород **X** и получил газ **Y**. Химик **C** получил продукт **Z**, пропуская газ **Y** над катализатором при температуре около $460^{\circ}C$, при этом образовались еще три газообразных продукта.

1. Установить вещества **X**, **Y** и **Z** и указать, сколько лет каждому из органиков учитывая, что все они – не моложе 35 и не старше 45 лет, а также определить три газа, образовавшихся в реакции получения **Z**.
2. Записать уравнения всех реакций, описанные в задаче.
3. Предложить способ получения вещества **X**.

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

10 КЛАСС (экспериментальный тур)

Определить с помощью химических реакций растворы глицерина, хлорида аммония и карбоната натрия, используя для определения только два предложенных вами реагента.

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

11 КЛАСС (теоретический тур)

Задача 11.1. (автор Слободина В.Ш.) 10 баллов

По реакции Кучерова из 22,4 л ацетилена при 80%-ном выходе, было получено вещество А. Его окислили гидроксидом меди (II) и получили соединение Б. Соединение Б при кипячении с вторичным пропиловым спиртом, в присутствии каталитического количества концентрированной серной кислоты, превратилось в соединение состава $C_5H_{10}O_2$ с выходом 75%. Какое соединение образовалось и какова его масса? Какая масса безводного сульфата меди потребовалась для получения необходимого количества гидроксида меди (II)?

Задача 11.2. (автор Корепанова Е.М.) 10 баллов

Имея в распоряжении лишь цинк, бутан, калий, воздух и необходимые катализаторы, получите максимально возможное число различных солей.

Задача 11.3. (автор Рылкина М.В.) 10 баллов

В результате электролиза 120 мл раствора нитрата меди (массовая доля 25,6%, плотность 1,25 г/мл), проведенного с использованием угольных электродов, на аноде выделилось 3,36 л газа (н.у.). По окончании электролиза электроды были оставлены в образовавшемся растворе до прекращения изменения массы. Вычислите массовые доли веществ, содержащихся в образовавшемся растворе. Выделением газов на катоде пренебречь.

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

11 КЛАСС (экспериментальный тур)

СИНТЕЗ 1-НИТРОНАФТАЛИНА (автор Черепанов И.С) 10 баллов

Теоретическая часть:

Ароматические углеводороды, в том числе конденсированные, в промышленности выделяют из каменноугольной смолы и впоследствии превращают в практически значимые производные, при этом:

1. Масса получаемой каменноугольной смолы составляет примерно 3% от массы взятого каменного угля.
2. Нафталин выделяют из средней фракции, составляющей примерно 10% от общей массы каменноугольной смолы.
3. Максимальное количество нафталина, выделяемого из средней фракции, составляет не более 60% от массы взятой фракции.

Определить, какую максимальную массу нафталина можно получить из 30 тонн каменного угля?

Какие реакции наиболее характерны для ароматических углеводородов? Приведите примеры (минимум 2 примера).

Методика синтеза:

1. Получить у лаборанта бюкс с навеской нафталина и внести данные (массы бюкса и навески) в таблицу 1 (см. форму отчета на обороте).
2. Перенести нафталин полностью в сухую чистую пробирку.
3. Осторожно прилить (под тягой!) 1 мл концентрированной азотной кислоты ($\rho = 1,4$ г/мл) и нагревать смесь на кипящей водяной бане в течение 10 минут до полного растворения нафталина периодически встряхивая.
4. Вылить содержимое пробирки в стакан с 10 мл холодной воды: выпадают оранжевые кристаллы 1-нитронафталина.
5. Отфильтровать полученные кристаллы и высушить (оставить свой стакан кристаллами и бюкс лаборанту: в это время можно записать уравнение реакции и рассчитать по нему теоретическую массу 1-нитронафталина).
6. Взвесить бюкс с кристаллами нитронафталина и внести данные в таблицу 1.

7. Рассчитать массовую долю выхода продукта реакции нитрования от теоретически возможного (округлить до целых значений).

Форма отчета

Уравнение реакции:

Расчет выхода продукта:

Таблица 1.

Данные для расчета массовой доли выхода продукта реакции нитрования

$m_{\text{бюкс+нафталин}}, \text{ Г}$	$m_{\text{бюкса}}, \text{ Г}$	$m_{\text{нафталина}}, \text{ Г}$	$m_{\text{1-нитронафталина+ бюкс}}, \text{ Г}$	$m_{\text{1-нитронафталина}}$	$\eta, \%$

Для черновых записей:

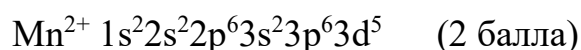
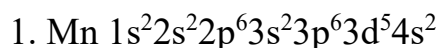
ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

9 КЛАСС (теоретический тур)

РЕШЕНИЯ

Задача 9.1. (10 баллов)



2. Количество вещества марганца, содержащееся в организме человека

$$n(\text{Mn}) = 2,2 \cdot 10^{20} / 2,06 \cdot 10^{23} = 0,001 \text{ моль (1 балл)}$$

3. Масса свеклы, которую необходимо съесть каждый день

$$m = 100 \cdot 5 / 0,65 = 769,23 \text{ г (1 балл)}$$

4. Масса марганца, которая усваивается организмом человека

$$m(\text{Mn}) = 5 \cdot 5 / 100 = 0,25 \text{ мг (1 балл)}$$

5. Рассчитаем массу раствора (5 баллов)

$$m_{\text{р-ра}} = 2000 \cdot 1 = 2000 \text{ г.}$$

Находим массу вещества перманганата калия

$$0,5 = m_{\text{в-ва}} \cdot 100 / 2000, m_{\text{в-ва}} = 10 \text{ г.}$$

Найдем объем 2 М раствора перманганата калия

$$C_M = m \cdot 1000 / M \cdot V; V = 10 \cdot 1000 / 2 \cdot 158 = 31 \text{ мл}$$

Задача 9.2. (8 баллов)

Уравнение реакции:



2. Находим значение x:

а) $n(\text{BaSO}_4) = 2,3 / 233 = 0,01 \text{ моль (1 б)}$

б) по уравнению реакции – $n(\text{BaSO}_4) = n(\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0,01 \text{ моль (1 б)}$

в) $M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 3,22 / 0,01 = 322 \text{ г/моль (1 б)}$

г) так как $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$, то $m(x\text{H}_2\text{O}) = 180 \text{ г} \rightarrow x = 180/18 = 10 \text{ моль}$ (3 балла)

д) формула мирабилита – $\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Задача 9.3. (12 баллов)

1. По 1 б за правильно написанную реакцию (максимум 10 б)

- 1) $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$
- 2) $6\text{NaOH} + 2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2$ (в растворе)
- 3) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_2\text{AlO}_2 + 3\text{H}_2$ (сплавление)
- 4) $\text{N}_2\text{H}_4 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2$ ($200\text{-}300^\circ\text{C}$)
- 5) $2\text{H}_2\text{O} + \text{Mg} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
- 6) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3$
- 7) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} = 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2$
- 8) $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{N}_2\text{H}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 9) $3\text{N}_2\text{H}_4 = 4\text{NH}_3 + \text{N}_2$ ($< 300^\circ\text{C}$)
- 10) Получение F:
 $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$

2. А – NaOH

В – H_2

С – Mg (возможны другие разумные варианты)

Д – Mg_3N_2 (возможны другие разумные варианты)

Е – NH_4Cl (возможны другие разумные варианты)

Ф – H_2O_2 (возможны другие разумные варианты)

3. 2 б (1 б за название бензол, 0,5 б за структуру бензольного кольца, 0,5 б за описание системы пи-связей)

ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

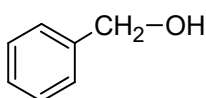
ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

10 КЛАСС (теоретический тур)

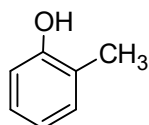
РЕШЕНИЯ

Задача 10.1. (10 баллов)

Вещество с формулой C_7H_8O может принадлежать к классу спиртов, фенолов или их производных. (1 балл-структура, 1 балл-название вещества) 2x5

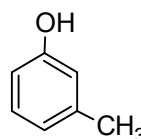


бензиловый спирт



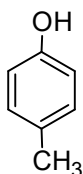
о-крезол

2-метилфенол



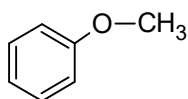
м-крезол

3-метилфенол



п-крезол

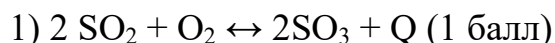
4-метилфенол



анизол

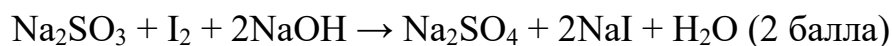
метилфениловый эфир

Задача 10.2. (10 баллов)



2) скорость прямой реакции возрастет в 27 раз (2 балла)

3) увеличить концентрации исходных веществ, уменьшить концентрацию продуктов реакции; уменьшить температуру; увеличить давление (1 балл).



Расчет содержания сернистого газа в воздухе: (2 балла)

$m(BaSO_4) = 7 \text{ мг}, n(BaSO_4) = n(SO_2) = 7 \cdot 10^{-3} \text{ моль} / 233 \text{ г/моль} = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

$m(\text{SO}_2) = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 1,92 \text{ мг}$ в 100 л воздуха,
в 1 литре будет 0,0192 мг. ПДК превышена почти в 2 раза.

Задача 10.3.

- исходя из указания (при внимательном чтении) в тексте, что **X** – углеводород, можно предположить, что остальные вещества – **Y** и **Z** – также углеводороды, поскольку реакций введения гетероатомов в условии не указано.

- исходя из условия о возрасте химиков, можно предположить, **X** содержит три атома углерода, поскольку самый насыщенный УВ ряда C_2 (этан) имеет $M < 35$, а самый ненасыщенный ряда C_4 (диацетилен – бутадиен-1,3) имеет $M > 45$.

- углеводороды ряда C_3 , теоретически способные вступать в реакции как замещения, так и присоединения: пропен, пропин, пропадиен и циклопропан, но замещение при низких температурах – до 100°C – с образованием хлороциклопропана, а присоединение при высоких (выше 100°C) образованием 1,3-дихлоропропана характерно только для циклопропана: неразветвленные непредельные – пропен, пропин – УВ дают присоединение при невысоких температурах, а замещение – при высоких. Таким образом, **X** – **циклопропан**. Его каталитическое гидрирование дает, очевидно, **пропан** – **Y**, каталитическое разложение которого может быть как дегидрированием с образованием пропена (пропадиен и пропин в этих условиях не образуются) и водорода, так и каталитическим крекингом (с расщеплением на этилен и метан). Поскольку по условию $M > 35$, то **Z** может быть только пропеном. Таким образом, **Z** – **пропен**, а три других газа: **водород, метан и этилен**. Возраст химика **A** – 42 года, химика **B** – 44 года, химика **C** – 42 года.

- Циклопропан может быть синтезирован из 1,3-дихлоропропана нагреванием с цинковой пылью в этаноле при 95°C .

Разбалловка:

- каждое из трех правильно определенных веществ – по 1,5 балла:

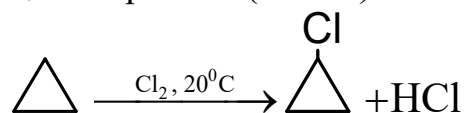
X – циклопропан (0,5 балла), химик **A** – 42 года (1 балл),

Y – пропан (0,5 балла), химик **B** – 44 года (1 балл),

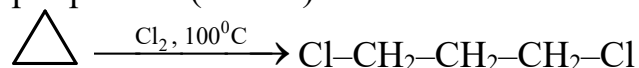
Z – пропен (0,5 балла), химик **C** – 42 года (1 балл).

- запись уравнений реакций:

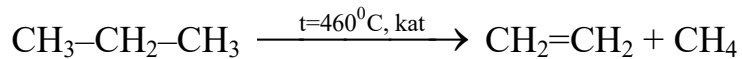
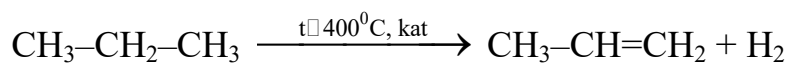
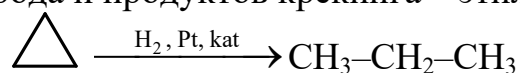
- низкотемпературное хлорирование циклопропана с образованием хлороциклопропана (1 балл)



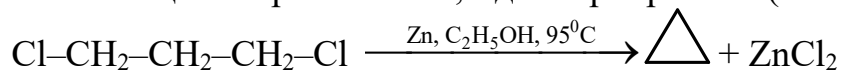
- высокотемпературное хлорирование циклопропана с образованием 1,3-дихлоропропана (1 балл)



- каталитическое гидрирование циклопропана до пропана (0,5 балла) и дегидрирование пропана до пропена (0,5 балла) с дополнительным указанием водорода и продуктов крекинга – этилена и метана (по 0,5 балла каждый)



- синтез циклопропана из 1,3-дихлоропропана (1 балл).



ВУЗОВСКО-АКАДЕМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

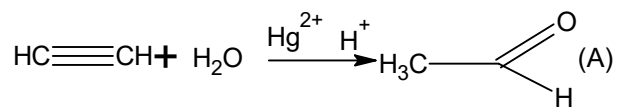
ИМ. М.Н. КОНЮХОВА

11 КЛАСС (теоретический тур)

РЕШЕНИЯ

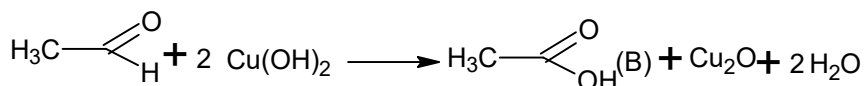
Задача 11.1.

1. Реакция Кучерова – получение уксусного альдегида (1 б)



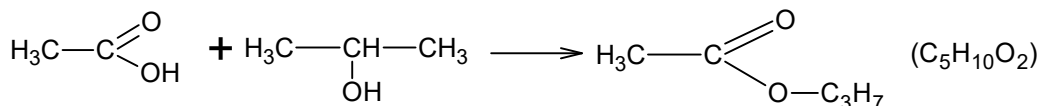
$n(\text{C}_2\text{H}_2) = 22,4 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1 \text{ моль}$, т.к. $\eta = 80\%$, то получилось вещества А 0,8 моль (2 б).

2. Реакция (1 б)



$n(\text{A}) = n(\text{B}) = 0,8 \text{ моль}$ (1 б)

3. Реакция (2 б)



$n(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2) = 0,8 \text{ моль}$ по реакции, но т.к. выход 75%, то получили $0,8 \text{ моль} \cdot 0,75 = 0,6 \text{ моль}$ (1 б)

$m(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2) = n \cdot M$, $M(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2) = 102 \text{ г/моль}$, $m(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2) = 0,6 \text{ моль} \cdot 102 \text{ г/моль} = 61,2 \text{ г}$ (1 б)

4. $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

По 2 реакции $n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ моль}$, тогда $n(\text{CuSO}_4) = 1,6 \text{ моль}$,

$m(\text{CuSO}_4) = n \cdot M = 1,6 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 256 \text{ г}$ (1 б)

Ответ: образовалось 61,2 г изопропилового эфира уксусной кислоты. Масса безводного CuSO_4 256 г.

Задача 11.2

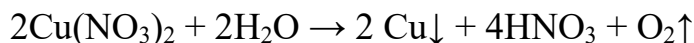
1. $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$ (1 балл)
2. $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2\uparrow$ (1 балл)
3. $2KOH + CO_2 \rightarrow \underline{K_2CO_3} + H_2O$ (1 балл)
4. $K_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow 2\underline{KHCO_3}$ (1 балл)
5. $Zn + 2KOH + 2H_2O \rightarrow \underline{K_2[Zn(OH)_4]} + H_2\uparrow$ (1 балл)
6. $K_2[Zn(OH)_4] + 2CO_2 \rightarrow \underline{K_2CO_3} + \underline{ZnCO_3}\downarrow + 2H_2O$ (1 балл)
7. $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$ (1 балл)
8. $2NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow \underline{(NH_4)_2CO_3}$ (1 балл)
9. $2C_4H_{10} + 10O_2 \rightarrow (t^\circ) 4CH_3COOH + 2H_2O$ (1 балл)
10. $CH_3COOH + KOH \rightarrow \underline{CH_3COOK} + H_2O$ (1 балл)

Задача 11.3.

1. Расчет нитрата меди в исходном растворе (1 балл)

$$m_{Cu(NO_3)_2} = m_{p-pa} \cdot \rho \cdot \varpi = 120 \cdot 1,25 \cdot 0,256 = 38,4 \text{ г}$$

2. Реакции, протекающие при электролизе: на аноде выделяется кислород, а на катоде – медь. Суммарное уравнение (2 балла)



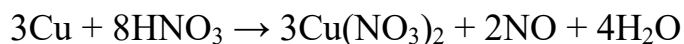
3. Масса выделившегося кислорода (1 балл)

$$n_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_m} = \frac{3,36}{22,4} = 0,15 \text{ моль}$$

или $m(O_2) = 0,15 \cdot 32 = 4,8 \text{ г}$.

4. Согласно уравнению реакции, на катоде выделилось 0,3 моль меди и образуется 0,6 моль азотной кислоты. (1 балл)

5. После прекращения электролиза образовавшаяся на катоде медь будет растворяться в разбавленном растворе азотной кислоты: (2 балла)



Таким образом, меди растворяется $0,6 \cdot 3/8 = 0,225$ моль, а на электроде останется $0,3 - 0,225 = 0,075$ моль меди или $0,075 \cdot 64 = 4,8$ г.

По уравнению реакции выделится оксид азота (II) $0,6 \cdot 2/8 = 0,15$ моль или масса оксид азота (II) $0,15 \cdot 30 = 4,5$ г.

6. В растворе осталось нитрата меди (2 балла)

$$m_{Cu(NO_3)_2} = 38,4 - 0,075 \cdot 188 = 24,3 \text{ г}$$

Масса раствора после электролиза и растворения металла

$$m_{\text{кон. р-ра}} = m_{\text{р-ра}} - m_{Cu(\text{электрод.})} - m_{NO} - m_{O_2} = 150 - 4,8 - 4,5 - 4,8 = 135,9 \text{ г}$$

7. Массовая доля нитрата меди равна (1 балл)

$$\omega = \frac{m_{Cu(NO_3)_2}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{24,3 \cdot 100}{135,9} = 17,9\%$$

Ответ: $w = 17,9\%$