

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2019-2020уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Химия

Финальный тур

11 класс

Задание №1. Дана схема превращений:



Запишите структурные формулы указанных веществ и уравнения соответствующих реакций. Укажите условия проведения реакций.

(21 балл)

Задание №2. Смесь массой 64.8г, содержащую цинк, серебро, медь и неизвестный металл, обработали избытком раствора гидроксида натрия и получили 4.48 л газа (н.у.). Не растворившийся в щелочи остаток обработали соляной кислотой, при этом также выделилось 4,48л газа (н.у.). Последующее нагревание твердого остатка с концентрированной азотной кислотой привело к его полному растворению, для поглощения выделившегося при этом бурого газа потребовалось 800 мл 1М раствора гидроксида калия. При добавлении к полученному азотнокислому раствору избытка хлорида калия выпало 28.7г осадка. Определите металл и рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси.

(30 баллов)

Задание №3. В замкнутом сосуде в молярном соотношении 1:1 при температуре 398 К смешали CO и Cl₂. Через 5 минут после введения катализатора давление в системе оказалось равным $2.3 \cdot 10^5$ Па, скорость образования фосгена в этом промежутке составила $2.5 \cdot 10^3$ моль/(л·мин). Рассчитайте давление хлора в исходной смеси.

(15 баллов)

Задание №4. Через 100 г смеси трех органических соединений, содержащих в молекулах фенильные группы, пропустили сухой хлористый водород. Отфильтровали выпавший осадок (51.8 г) и фильтрат обработали бромной водой. При этом образовалось 33.1 г осадка. О каких соединениях идет речь, и каков состав исходной смеси в мольных %? Известно, что одно соединение обладает антисептическими свойствами, другое широко используется в синтезе красителей, третье – хороший растворитель.

(24 балла)

**Будущие исследователи – будущее науки»
2019-2020уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

Химия

Финальный тур

10 класс

Задание №1. Даны вещества: нитрат калия, соляная кислота, оксид марганца(IV), гидроксид натрия, кремний. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, укажите условия их протекания. Для окислительно-восстановительных реакций расставьте коэффициенты методом электронного баланса.

(15 баллов)

Задание №2. Если смешать газы **А** и **Б** в объемном соотношении 2 : 1, то получится смесь, в 4.83 раза тяжелее гелия. Если к полученной смеси добавлять газ **Б** до тех пор, пока массовое соотношение компонентов **А** и **Б** не станет равным 2 : 1 – получится смесь, в 5.52 раза легче воздуха при одинаковых условиях.

А) какой из газов – **А** или **Б** – легче?

В) определите природу газов **А** и **Б**.

С) если эти газы могут реагировать друг с другом, укажите условия реакций и запишите их уравнения.

(25 баллов)

Задание №3. Навеску смеси кальция и алюминия разделили на две равные части. Одну часть прокалили с избытком графита в инертной атмосфере, затем обработали избытком воды, при этом выделилось 11.2 л газа (н.у.). При растворении второй части навески исходной смеси в водном растворе гидроксида натрия выделилось 17.92 л газа (н.у.). Определите массу исходной смеси.

(30 баллов)

Задание №4. При полном сгорании углеводорода образовалась газовая смесь с плотностью по водороду 17.0. Известно, что этот углеводород не обесцвечивает раствор брома в тетрахлорметане, а при хлорировании на свету образуются два моноклорпроизводных. Установите структурную формулу углеводорода и предложите способ его получения из метана (напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания). Вычислите объем кислорода (25°C, 1 атм), необходимый для сжигания 10 г данного углеводорода.

(30 баллов)

Будущие исследователи – будущее науки»
2019-2020уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Химия

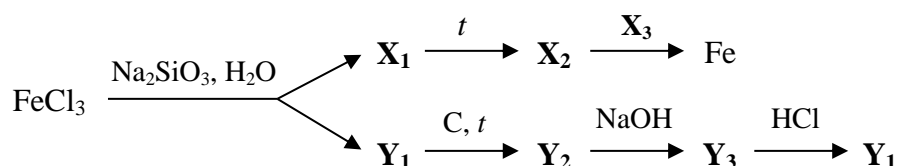
Финальный тур

9 класс

Задание №1. Как химическим путем из смеси опилок Au, Al и Cu выделить эти металлы в чистом виде? Приведите краткое описание последовательности необходимых операций, запишите уравнения происходящих реакций и укажите условия их протекания.

(30 баллов)

Задание №2. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



(30 баллов)

Задание №3. Хлорсодержащие окислители, используемые для очистки воды или отбеливания, характеризуют содержанием «активного хлора» - это отношение массы хлора, полученного взаимодействием окислителя с избытком соляной кислоты, к массе окислителя (в %). Сколько процентов «активного хлора» содержит 15%-й раствор гипохлорита натрия? Может ли содержание «активного хлора» превышать 100%? Если да - приведите пример, если нет - обоснуйте.

(20 баллов)

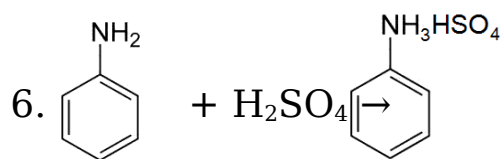
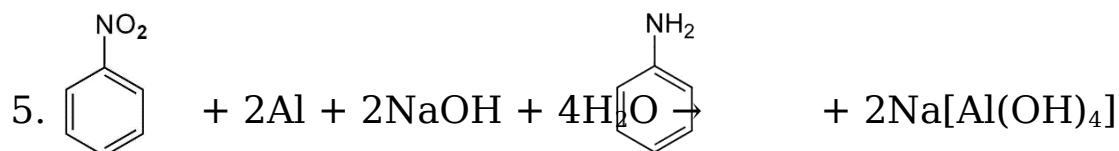
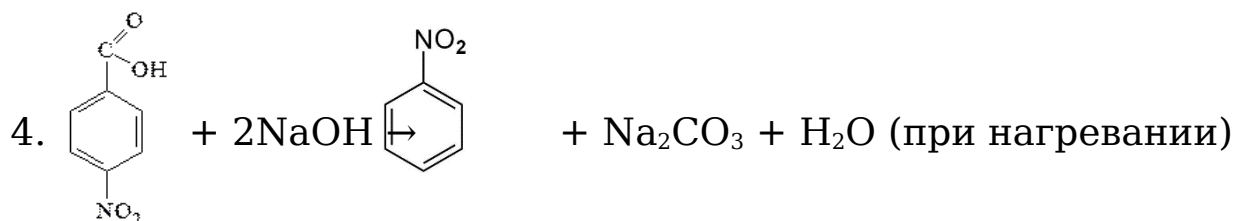
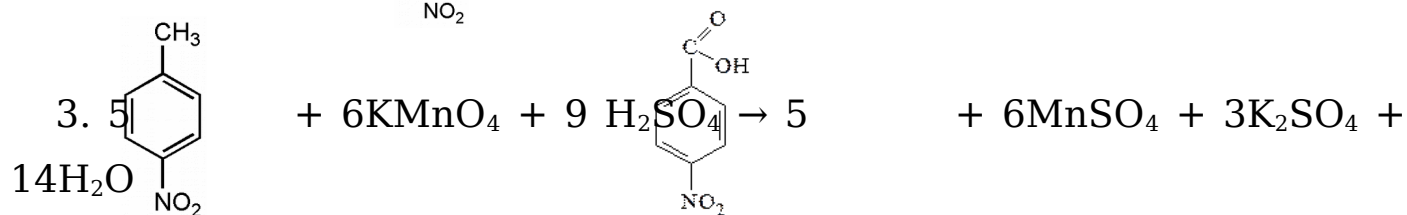
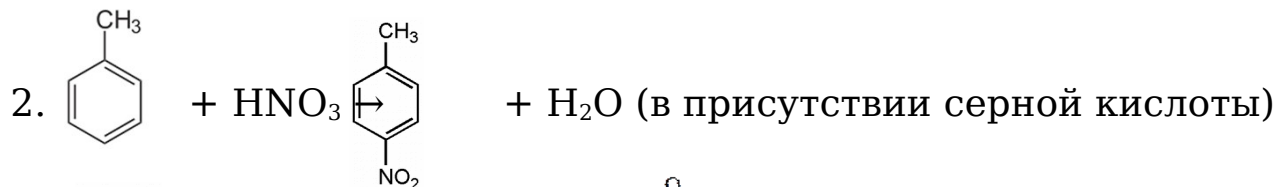
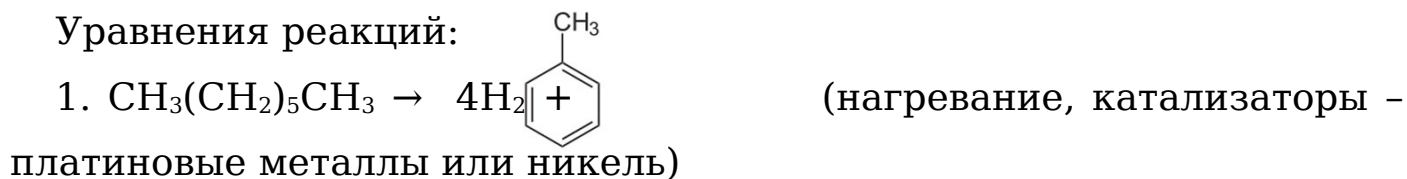
Задание №4. Монету из медно-серебряного сплава растворили в избытке концентрированной азотной кислоты. Полученный раствор упарили досуха, твердый продукт прокалили при температуре 500°C до постоянного веса. Масса полученного в результате этого остатка на 15% больше массы исходной монеты. Рассчитать содержание металлов в монете. Записать соответствующие уравнения реакций.

(20 баллов)

11 класс (решение)

Задание №1 (21 балл)

Уравнения реакций:



Примечание:

1. За запись уравнений реакций - 18 баллов (по 3 балла за каждое уравнение)

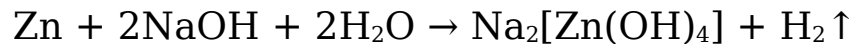
2. За указание условий протекания реакций - 3 балла (по 1 баллу за каждое необходимое условие)

Итого: 21 балл

Задание №2 (30 баллов)

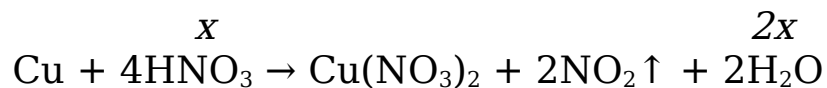
1. Так как медь и серебро не реагируют ни с щелочью, ни с соляной кислотой, можно предположить, что сначала в щелочи растворился цинк, а затем неизвестный металл, не прореагировавший со щелочью, растворился в соляной кислоте.

При растворении цинка в щелочи выделился водород:



Количество образовавшегося водорода: $n(\text{H}_2) = 44.8 / 22.4 = 0.2$ моль, а значит в смеси содержалось 0.2 моль цинка, его масса составляла $m(\text{Zn}) = 0.2 \cdot 65 = 13$ г.

2. Оставшиеся в твердой смеси после растворения металла в кислоте медь и серебро были переведены в раствор концентрированной азотной кислотой:



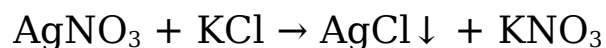
Для поглощения выделившегося оксида азота (IV) по реакции:



потребовалось $n(\text{KOH}) = 0.8 \cdot 1 = 0.8$ моль.

$$2x + y = 0.8$$

При обработке азотнокислого раствора хлоридом калия выпал осадок хлорида серебра:



$$n(\text{AgCl}) = 28.7 / 143.5 = 0.2 \text{ моль,}$$

значит, в исходной смеси содержалось 0.2 моль серебра, его масса равна $m(\text{Ag}) = 0.2 \cdot 108 = 21.6$ г.

Меди в смеси было: $n(\text{Cu}) = (0.8 - 0.2)/2 = 0.3$ моль, $m(\text{Cu}) = 0.3 \cdot 64 = 19.2$ г.

3. Тогда масса неизвестного металла:

$$m(\text{X}) = 64.8 - 13 - 21.6 - 19.2 = 11 \text{ г.}$$

Металл (валентность его нам не известна) растворился в соляной кислоте:



$$n(\text{H}_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль.}$$

Предположим, что металл одновалентный ($n = 1$). Тогда

$$M(X) = 11 / 0.4 = 27.5 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет.}$$

Если $n = 2$, то $M(X) = 11 / 0.2 = 55 \text{ г/моль}$, металл X - марганец.

4. Рассчитаем состав исходной смеси:

$$\omega(\text{Zn}) = 13 / 64.8 = 0.2006 \text{ (20.06 \%)}$$

$$\omega(\text{Ag}) = 21.6 / 64.8 = 0.3333 \text{ (33.33 \%)}$$

$$\omega(\text{Cu}) = 19.2 / 64.8 = 0.2963 \text{ (29.63 \%)}$$

$$\omega(\text{Mn}) = 11 / 64.8 = 0.1698 \text{ (16.98\%)}$$

Ответ: M = марганец, 20.06% цинка, 33.33% серебра, 29.63% меди, 16.98% марганца.

Примечание:

1. за запись уравнений реакции - 12 баллов (по 2 балла за каждое уравнение)

2. за расчет масс металлов в исходной смеси - 10 баллов

3. за определение металла X - 4 балла

4. за расчет состава исходной смеси - 4 балла

Итого: 30 баллов

Задание №3 (15 баллов)

1. Скорость химической реакции выражается по формуле:

$$W = \pm$$

Так как объем постоянный через 5 минут:

$$C(\text{COCl}_2) = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 12.5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 12.5 \text{ моль/м}^3$$

По формуле $pV = nRT$, $p = nRT/V = cRT$ рассчитываем давление COCl_2 через 5 минут:

$$p(\text{COCl}_2) = 12.5 \cdot 8.31 \cdot 393 = 0.41 \cdot 10^5 \text{ Па}$$



было	p_0	p_0	
прореагировало	x	x	
стало	$p_0 - x$	$p_0 - x$	x

Из соотношения видно, что $x = p(\text{COCl}_2) = 0.41 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

$$3. \quad p_{\text{общ}} = 2p_0 - x = 2.3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$2p_0 = 2.3 \cdot 10^5 + 0.41 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 1.355 \cdot 10^5 \text{ Па} = p(\text{Cl}_2)$$

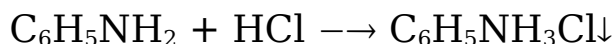
Примечание:

1. за выполнение пункта (1) решения - 3 балла
2. за выполнение пункта (2) решения - 6 баллов
3. за выполнение пункта (3) решения - 6 баллов

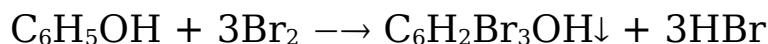
Итого: 15 баллов

Задание №4 (24 балла)

Можно предположить, что речь идет о смеси **фенола, анилина и бензола** - C_6H_5OH , $C_6H_5NH_2$ и C_6H_6 .



Количество анилина: $n(C_6H_5NH_2) = 51.8 / 129.5 = 0.4$ моль, тогда
 $m(C_6H_5NH_2) = 0.4 \text{ моль} \cdot 93 \text{ г/моль} = 37.2 \text{ г}$



Образовавшийся осадок - $C_6H_2Br_3OH$.

$n(C_6H_2Br_3OH)$ осадка = $33.1 \text{ г} / 331 \text{ г/моль} = 0.1$ моль, тогда $n(C_6H_5OH) = 0.1$ моль,

$m(C_6H_5OH) = 0.1 \text{ моль} \cdot 94 \text{ г/моль} = 9.4 \text{ г}$

Масса смеси = 100 г, тогда масса бензола: $100 - 9.4 - 37.2 = 53.4 \text{ г}$

$n(C_6H_6) = 53.4 \text{ г} / 78 \text{ г/моль} = 0.68$ моль

$\Sigma = 0.1 + 0.4 + 0.68 = 1.18$ моль

$\chi(\%)$ анилина = $0.4 \text{ моль} \cdot 100\% / 1.18 \text{ моль} = 33.9 \%$

$\chi(\%)$ фенола = $0.1 \text{ моль} \cdot 100\% / 1.18 \text{ моль} = 8.47 \%$

$\chi(\%)$ бензола = $0.68 \text{ моль} \cdot 100\% / 1.18 \text{ моль} = 57.63 \%$

Примечание:

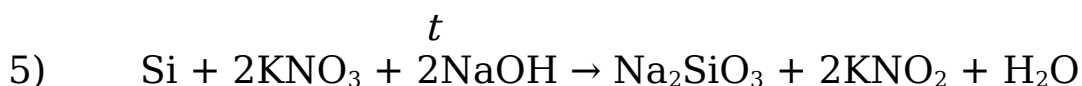
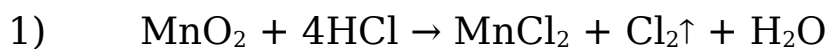
1. за определение веществ - 9 баллов (по 3 балла за каждое вещество)
2. за запись уравнений реакций - 6 баллов (по 3 балла за каждое уравнение)
3. за нахождение количества исходной смеси - 3 балла
4. за нахождение состава исходной смеси - 6 баллов (по 2 балла за каждое вещество)

Итого: 24 балла

10 класс (решение)

Задание №1 (15 баллов)

Между веществами: нитрат калия, соляная кислота, оксид марганца(IV), гидроксид натрия, кремний возможны реакции:



Примечание:

1. за запись уравнений реакции - 10 баллов (по 2 балла за каждое уравнение)

2. за указание условия протекания реакции (5) - 1 балл

3. за расстановку коэффициентов в ОВР - 4 балла (по 1 баллу за каждое уравнение)

Итого: 15 баллов

Задание №2 (25 баллов)

1. Определим молярные массы смесей

$$M(1) = M(\text{He}) \cdot 4.83 = 4 \cdot 4.83 = 19.32 \text{ г/моль.}$$

$$M(2) = M(\text{воздуха}) / 5.52 = 29 / 5.52 = 5.254 \text{ г/моль.}$$

Так как при добавлении газа **Б** молярная масса смеси уменьшается, газ **Б** легче газа **А** (*).

2. Обозначим молярные массы газов x и y и примем, что во второй смеси масса газа **А** - 2 г, а масса газа **Б** - 1 г. Тогда для двух смесей получаем систему:

$$2/3x + 1/3y = 19.32 \text{ и}$$

$$[(2/x) \cdot x] / (2/x + 1/y) + [(1/y) \cdot y] / (2/x + 1/y) = 5.254.$$

Упрощая второе уравнение и решая систему, находим 2 пары решений:

а) $x = 27.99$ и $y = 1.98$ и б) $x = 3.62$ и $y = 50.72$.

С учетом (*), получаем, что $M(\mathbf{A}) = 27.99 \approx 28$ г/моль и $M(\mathbf{B}) = 1.98 \approx 2$ г/моль.

Тогда: газ **А** - **азот, угарный газ или этилен**, газ **Б** - **водород**

3. Газы **А** и **Б** могут реагировать в соответствии со следующими уравнениями:

$3 \text{H}_2 + \text{N}_2 = 2 \text{NH}_3$ (температура не менее 500°C , давление не менее 300 атм, катализатор - оксид железа Fe_3O_4)

$\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}$ (температура 350°C , давление 250 атм, катализатор - оксид цинка), либо

$\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (температура 300°C , давление 1 атм, катализатор - никель)

$\text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_4 = \text{C}_2\text{H}_6$ (катализаторы - платиновые металлы или никель).

Примечание:

1. за выполнение пункта (1) решения - 5 баллов

2. за определение природы газов **А** и **Б** - 12 баллов (4 балла за систему уравнений + 2 балла за каждое установленное вещество)

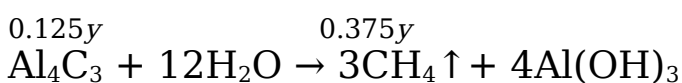
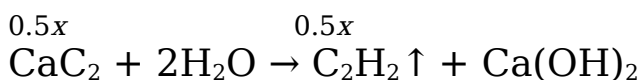
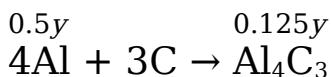
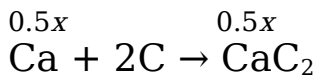
3. за запись уравнений реакции - 8 баллов (по 2 балла за каждое уравнение)

Итого: 25 баллов

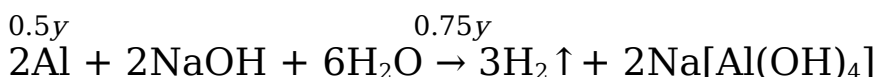
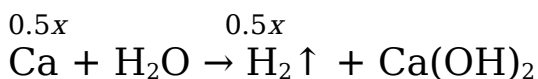
Задание №3 (30 баллов)

1. Пусть в исходной смеси было x моль Ca и y моль Al. При разделении смеси на две равные порции в каждой из них оказалось $0.5x$ моль Ca и $0.5y$ моль Al.

2. Реакции первой порции:



Реакции второй порции:



3. При реакции с водным раствором щелочи выделилось:

$$n(\text{H}_2) = 17.92/22.4 = 0.8 \text{ моль водорода,}$$

а при реакции с водой выделилось:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2 + \text{CH}_4) = 11.2/22.4 = 0.5 \text{ моль газообразных продуктов.}$$

Составим и решим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$0.5x + 0.75y = 0.8$$

$$0.5x + 0.375y = 0.5$$

Решение системы являются $x = 0.4$; $y = 0.8$.

$$m(\text{смеси}) = m(\text{Al}) + m(\text{Ca}) = 0.8 \cdot 27 + 0.4 \cdot 40 = 37.6 \text{ г}$$

Ответ: 37.6 г

Примечание:

1. за запись уравнений реакций - 18 баллов (по 3 балла за каждое уравнение)

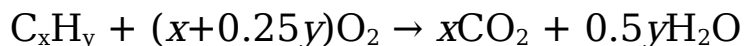
2. за составление и решение системы уравнений - 10 баллов

3. за нахождение массы исходной смеси - 2 балла

Итого: 30 баллов

Задание №4 (30 баллов)

Реакция полного сгорания углеводорода C_xH_y :



1. Найдем среднюю молярную массу образовавшейся газовой смеси (CO_2 и H_2O):

$$M_{cp} = 17 \cdot 2 = 34 \text{ г/моль}$$

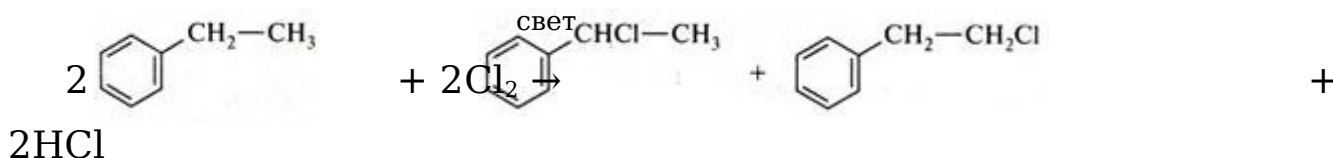
Выразим среднюю молярную массу смеси через молярные массы и количества компонентов смеси:

$$M_{cp} = = 34$$

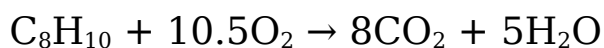
Отсюда получаем соотношение $y = 1.25x$.

Установим простейшую формулу исходного углеводорода: $x : y = 1 : 1.25 = 4 : 5$, простейшая формула C_4H_5 , ей не соответствует ни один углеводород.

Подходит углеводород C_8H_{10} , и, поскольку при хлорировании образуется смесь двух изомеров, то искомым углеводород - это этилбензол, а не диметилбензол:



2. Реакция сжигания:

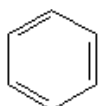
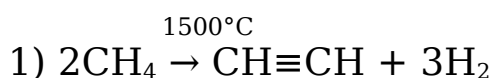


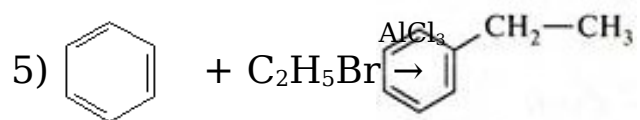
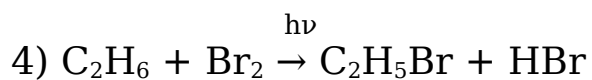
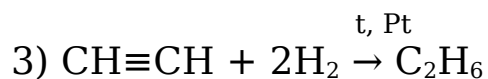
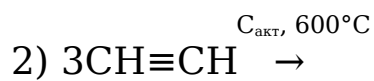
$$n(C_8H_{10}) = 10/106 = 0.094 \text{ моль,}$$

$$n(O_2) = 10.5 \cdot 0.094 = 0.987 \text{ моль,}$$

$$V(O_2) = nRT/p = 0.987 \cdot 8.31 \cdot 298/101.3 = 24.13 \text{ л}$$

3. Один из возможных путей синтеза этилбензола из метана:





Примечание:

1) за установление структурной формулы углеводорода - 10 баллов

2) за нахождение объема кислорода - 5 баллов

3) за способ получения этилбензола из метана - 15 баллов (по 3 за каждое уравнение)

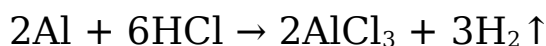
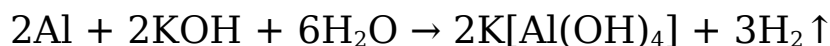
Итого: 30 баллов

9 класс (решения)

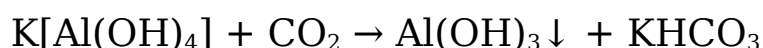
Задание №1 (30 баллов)

В качестве примера:

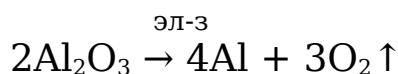
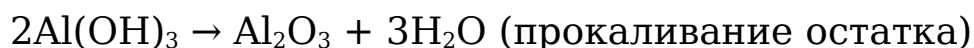
Сначала можно поместить смесь опилок или в раствор щелочи, или в соляную кислоту. И в том, и в другом случае прореагирует (растворится) только алюминий:



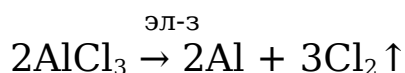
В случае реакции со щелочью (после отделения фильтрованием не растворившихся Cu и Au) алюминий можно выделить из раствора в результате реакций:



(осаждение гидроксида алюминия при пропускании углекислого газа в раствор);



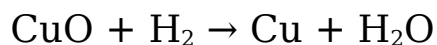
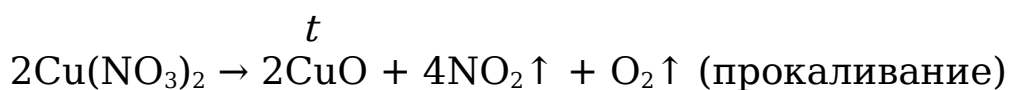
В случае реакции с соляной кислотой (также после отделения не растворившихся меди и алюминия) раствор выпариваем, и далее выделяем алюминий электролизом расплава AlCl_3 :



Оставшуюся смесь опилок золота и меди обрабатываем азотной кислотой, в результате чего медь растворится:



Опилки золота отделяем фильтрованием, раствор упариваем, и выделяем медь из твердой соли следующим образом:

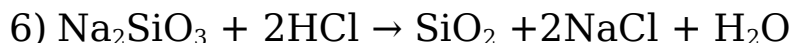
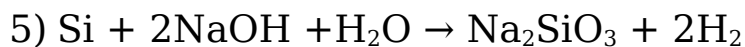
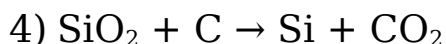
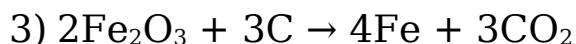
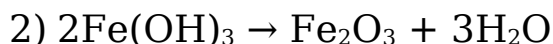
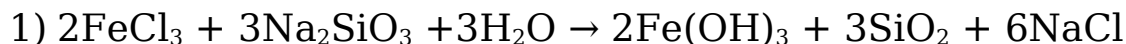


Примечание:

за получение каждого из металлов в чистом виде - 30 баллов (по 10 баллов за каждое)

Итого: 30 баллов

Задание №2 (30 баллов)



$\text{X}_1 - 2\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{X}_2 - \text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{X}_3 - \text{C}$; $\text{Y}_1 - \text{SiO}_2$; $\text{Y}_2 - \text{Si}$; $\text{Y}_3 - \text{Na}_2\text{SiO}_3$

Примечание:

1) За запись уравнений реакций - 24 балла (по 4 балла за каждое уравнение)

2) За определение веществ X_{1-3} и Y_{1-3} - 6 баллов (по 1 баллу за каждое вещество)

Итого: 30 баллов.

Задание №3

1. Возьмем 100 г раствора гипохлорита натрия, тогда $m(\text{NaClO}) = 15$ г.



Количество вещества гипохлорита $n(\text{NaClO}) = 15 / 74.5 = 0.2$ моль, $n(\text{Cl}_2) = n(\text{NaClO}) = 0.2$ моль, тогда $m(\text{Cl}_2) = 0.2 \cdot 71 = 14.2$ г.

Процент «активного хлора» в растворе NaClO: $14.2 \text{ г} / 100 \text{ г} \cdot 100\% = 14.2\%$.

2. Содержание «активного хлора» может быть больше 100%.

Пример - чистый хлорат калия:



Здесь процент «активного хлора»: $3 \cdot 71 / 122.5 \cdot 100\% = 174\%$.

Примечание:

1) за расчет содержания «активного хлора» в гипохлорите натрия - 10 баллов

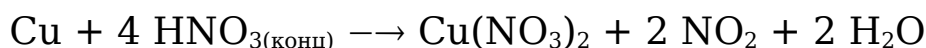
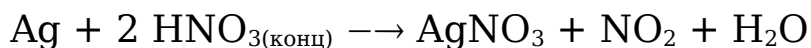
2) за обоснование избыточного содержания «активного хлора» в окислителях - 10 баллов

Итого: 20 баллов

Задание №4 (20 баллов)

Пусть масса монеты x г, а масса меди в ней y г. Тогда количество меди в монете $n(\text{Cu}) = y / 64 = 0.0156y$, а количество серебра $n(\text{Ag}) = (x - y) / 108 = 0.00926(x - y)$.

При растворении монеты в концентрированной азотной кислоте протекают следующие реакции:



Твердый продукт после растворения - смесь нитратов серебра и меди.

При прокаливании твердого продукта протекают реакции:



Окончательный остаток - смесь серебра и оксида меди (II).

По условию и в соответствии с принятыми обозначениями масса остатка равна: $m(\text{остатка}) = 1.15x$. С другой стороны, $m(\text{остатка}) = m(\text{Ag}) + m(\text{CuO}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) + n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) + n(\text{Cu}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.00926(x - y) \cdot 108 + 0.0156y \cdot 80 = (x - y) + 1.25y = x + 0.25y$.

Тогда: $1.15x = x + 0.25y$

$$0.15x = 0.25y$$

$$x = 1.67y$$

Массовая доля меди в монете равна:

$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / m(\text{монеты}) = m(\text{Cu}) / [m(\text{Cu}) + m(\text{Ag})] = y / x = y / (1.67y) = 1 / 1.67 = 0.60 \text{ или } 60 \%, \text{ тогда содержание серебра в монете } 40\%.$$

Примечание:

1. За запись уравнений реакций - 12 баллов (по 3 балла за каждое уравнение)
2. За введение неизвестных и составление системы уравнений для определения количеств прореагировавших и образовавшихся веществ - 6 баллов.
3. Определение массовой доли меди в монете - 2 балла.

Итого: 20 баллов