

**Задачи 79-ой Санкт-Петербургской олимпиады
школьников по химии 2013 года**

Задания отборочного (районного) этапа
79-ой Санкт-Петербургской олимпиады по химии

8 класс

автор заданий – Бегельдиева С.М.

1 вариант

1. В соединении титана с кислородом отношение масс элементов составляет 2 : 1. Установите формулу данного соединения. Определите степень окисления титана.
2. Великий волшебник Пристли заполнил 10-литровую колбу воздухом (при н.у.) и принялся изучать его состав. Он выяснил, что около 78% приходится на газ, которому было дано имя «БЕЗЖИЗНЕННЫЙ». Определите количество вещества и объем этого газа, приведите его формулу.
3. Выпишите из предложенного ряда химические явления. Укажите признаки, которые подтверждают Ваш выбор.
Плавление парафина; Горение свечи; Скисание молока; Выпечка блинов; Образование накипи
4. Недавно в Периодической системе Д.И.Менделеева появился новый химический элемент под № 114. Укажите: а) в какой группе (подгруппе) и в каком периоде он должен находиться; б) строение внешнего энергетического уровня. Опишите свойства этого элемента в соответствии с его положением в Периодической системе Д.И. Менделеева.
5. Кофеин принадлежит к тем немногим веществам, содержащимся в чае, которые практически не изменяются в процессе переработки. Его формула — $C_6H_{12}O_2N_4$. Определите массу (в граммах) одной молекулы кофеина.

2 вариант

1. В соединении железа с кислородом отношение масс элементов составляет 7 : 3. Установите формулу данного соединения. Определите степень окисления железа.
2. Великий волшебник Пристли заполнил 10 л колбу воздухом (при н.у.) и принялся изучать его состав. Он выяснил, что около 21% приходится на газ, которому было дано имя «ФЛОГИСТОН». Определите количество вещества и объем этого газа, приведите его формулу.

3. Выпишите из предложенного ряда химические явления. Укажите признаки, которые подтверждают Ваш выбор.

Закипание воды; Горение спиртовки; Гашение соды; Выпечка пирога; Вздутие консервов

4. Недавно в Периодической системе Д.И. Менделеева появился новый химический элемент под № 116. Укажите: а) в какой группе (подгруппе) и в каком периоде он должен находиться; б) строение внешнего энергетического уровня. Опишите свойства этого элемента в соответствии с его положением в Периодической системе Д.И. Менделеева.

5. Основным витамином, содержащимся в чае, является витамин Р. Его формула — $C_{36}H_{28}O_{15}$. Определите массу одной молекулы витамина Р (в граммах).

9 класс

Автор заданий – Злотников Э.Г.

1 вариант

1. При химическом анализе в лаборатории был установлен количественный состав четырех веществ: **А** – $H_8N_2O_3C$; **Б** – H_2FeO_2Cl ; **В** – $H_2S_2O_6Ba$; **Г** – $S_3Al_2O_{12}$.

К каким классам неорганических соединений относится каждое вещество? Назовите вещества **А, Б, В, Г**. Приведите по одному уравнению химической реакции, характерной для каждого вещества, и укажите условия их протекания.

2. Сульфид железа (II), полученный при сплавлении 4,8 г серы с порошком железа, обработали избытком раствора соляной кислоты. Выделившийся газ пропустили через раствор нитрата свинца (II). При этом выпал осадок массой 21,15 г. Напишите уравнения указанных реакций и определите выход получившегося осадка в процентах от теоретически возможного.

3. Какую массу кристаллической соды ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) надо растворить в 250 г воды, чтобы получить раствор с массовой долей карбоната натрия 10%?

4. Из металла, проявляющего в своих соединениях валентность равную 2, изготовили две одинаковые пластинки и поместили в избыток растворов солей равной концентрации. Одну пластинку поместили в раствор соли свинца, а другую – в раствор соли меди. Через некоторое время оказалось, что масса пластинки, находившейся в растворе соли свинца, увеличилась на 9,5%, а масса второй пластинки уменьшилась на 4,8%. Из какого металла были изготовлены пластинки? Напишите уравнения описанных в условии задачи реакций.

5. Купоросы – это обширный класс солей двухвалентных металлов. Розовые кристаллы купороса **X** нагрели до 300°C. При этом масса образца уменьшилась на 37,4%. Раствор,

содержащий 3,000 г **X**, обработали избытком подкисленного раствора нитрата бария. При этом выпал белый осадок **Y** массой 2,904 г. Определите состав купороса **X**. Напишите уравнения реакций.

2 вариант

1. При химическом анализе в лаборатории был установлен количественный состав четырех веществ: **A** – $\text{H}_2\text{Cu}_2\text{O}_5\text{C}$; **B** – $\text{O}_2\text{Cl}_2\text{Ca}$; **B** – $\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_7\text{Cr}_2$; **Г** – $\text{H}_4\text{O}_8\text{MgP}_2$.

К каким классам неорганических соединений относится каждое вещество? Назовите вещества **A**, **B**, **B**, **Г**. Приведите по одному уравнению химической реакции, характерной для каждого вещества, и укажите условия их протекания.

2. В избытке кислорода сожгли 7,5 г фосфора. Полученное вещество растворили в воде и к раствору добавили избыток раствора гидроксида бария. При этом выпал осадок массой 71,7 г. Напишите уравнения указанных реакций и определите выход получившегося осадка в процентах от теоретически возможного.

3. В какой массе воды нужно растворить 57,4 г глауберовой соли ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), чтобы получить раствор сульфата натрия с массовой долей 5%?

4. Из металла, проявляющего в своих соединениях валентность равную 2, изготовили две одинаковые пластинки и поместили в избыток растворов солей равной концентрации. Одну пластинку поместили в раствор соли свинца, а другую – в раствор соли кобальта. Через некоторое время оказалось, что масса одной пластинки увеличилась на 1,42%, а масса другой – уменьшилась на 0,06%. Из какого металла были изготовлены пластинки? Напишите уравнения описанных в условии задачи реакций.

5. Купоросы – это обширный класс солей двухвалентных металлов. Зеленые кристаллы купороса **X** нагрели до 300 °С. При этом масса образца уменьшилась на 44,9%. Раствор, содержащий 2,000 г **X**, обработали избытком подкисленного раствора хлорида бария. При этом выпал белый осадок **Y** массой 1,662 г. Определите состав купороса **X**. Напишите уравнения реакций.

10 класс

Авторы заданий – Скрипкин М.Ю. (№№ 1-4), Пошехонов И.С. (№ 5), Байгозин Д.В. (№ 6)

1 вариант

1. Выпишите в порядке убывания порядковые номера процессов, идущих без изменения степени окисления элементов:

- 1) превращение сухого льда в углекислый газ;
- 2) взаимодействие хлорида алюминия с водой;
- 3) термическое разложение сульфита бария без доступа воздуха;
- 4) термическое разложение нитрата меди;
- 5) взаимодействие пропилена с водородом;
- 6) взаимодействие твердого нитрата калия с концентрированной серной кислотой;
- 7) взаимодействие свинца с водным раствором трихлорида железа.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Предложите способ синтеза иодата натрия (NaIO_3) из природного сырья, т.е. используя в качестве исходных веществ только те соединения, которые встречаются в природе. Напишите уравнения соответствующих реакций, приведите условия их протекания. Укажите, где в природе встречаются предложенные Вами исходные вещества.

3. Раствор, полученный при обработке 4,00 г некоторого металла избытком очень разбавленной азотной кислоты, осторожно выпарили досуха, а полученный остаток прокалили при 550°C . При этом получилось 1,92 л газа (в пересчете на н.у.). Определите исходный металл. Приведите уравнения описанных в задании реакций.

4. Исходя из теплот образования оксидов, определите, какие из указанных металлов могут быть получены из оксидов методом магнийтермии: кальций, галлий, лантан, титан, цинк?

Оксид	MgO	CaO	Ga ₂ O ₃	La ₂ O ₃	TiO ₂	ZnO
Q _{обр} , кДж/моль	602	635	1820	1795	944	351

Какие факторы, на Ваш взгляд, могут препятствовать получению чистого металла данным методом?

5. Анализ моногалогенпроизводного некоторого углеводорода X показал, что оно содержит 40,33% углерода, 6,11% водорода по массе. Вычислите относительную погрешность определения содержания элементов. Существуют ли такие моногалогенпроизводные X, что число их структурных изомеров равно а) 2, б) 3, в) 6? Если есть, назовите соответствующие углеводороды по номенклатуре IUPAC. *Примечание: все расчеты проводите с точностью до сотых.*

6. Продукты бромирования на свету 10,50 г циклогексана обработали избытком водно-спиртового раствора нитрата серебра. В результате выпало 35,10 г желтоватого, темнеющего на свету осадка. Определите состав продуктов бромирования, изобразите для них все возможные структурные и геометрические изомеры.

2 вариант

1. Выпишите в порядке возрастания чисел порядковые номера процессов, идущих с изменением степени окисления хотя бы одного из элементов:

- 1) переход кристаллическая сера – пластическая сера;
- 2) термическое разложение нитрата аммония;
- 3) взаимодействие твердого хлорида аммония с твердым гидроксидом стронция;
- 4) взаимодействие твердого хлорида аммония с концентрированной серной кислотой;
- 5) термическое разложение метана;
- 6) реакция термического разложения перекиси бария;
- 7) взаимодействие цинка с концентрированным водным раствором гидроксида калия.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Предложите способ синтеза бромата калия (KBrO_3) из природного сырья, т.е. используя в качестве исходных веществ только те соединения, которые встречаются в природе. Напишите уравнения соответствующих реакций, приведите условия их протекания. Укажите, где в природе встречаются предложенные Вами исходные вещества

3. Раствор, полученный при обработке 5,00 г некоторого металла избытком очень разбавленной азотной кислоты, осторожно выпарили досуха, а полученный остаток прокалили при 550°C . При этом получилось 1,53 л газа (в пересчете на н.у.). Определите исходный металл. Приведите уравнения описанных в задании реакций.

4. Исходя из теплот образования оксидов, определите, какие из указанных металлов могут быть получены из оксидов методом алюминотермии: магний, олово, индий, хром, кадмий?

Оксид	Al_2O_3	MgO	SnO_2	In_2O_3	Cr_2O_3	CdO
$Q_{\text{обр}}, \text{кДж/моль}$	1676	602	581	926	1141	260

Какие факторы, на Ваш взгляд, могут препятствовать получению чистого металла данным методом?

5. Анализ моногалогенпроизводного некоторого углеводорода X показал, что оно содержит 30,66% углерода, 4,64% водорода по массе. Вычислите относительную погрешность определения содержания элементов. Существуют ли такие моногалогенпроизводные X, что число их структурных изомеров равно а) 2, б) 3, в) 6? Если есть, назовите соответствующие

углеводороды по номенклатуре IUPAC. *Примечание: все расчеты проводите с точностью до сотых.*

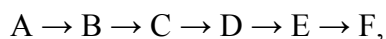
6. Продукты хлорирования на свету 5,50 г циклогексана обработали избытком водно-спиртового раствора нитрата серебра. В результате выпало 14,00 г белого, темнеющего на свету осадка. Определите состав продуктов хлорирования, изобразите для них все возможные структурные и геометрические изомеры.

11 класс

Авторы заданий – Скрипкин М.Ю. (№№ 1-3), Пошехонов И.С. (№№ 4, 5), Михайлов К.И. (№ 6)

1 вариант

1. Предложите последовательность химических превращений, соответствующих схеме:

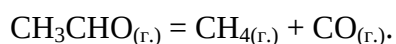


где вещества А – F содержат общий элемент, первая и четвертая реакции являются окислительно-восстановительными, а остальные реакции окислительно-восстановительными не являются. Укажите условия протекания процессов. Разными буквами в схеме обозначены различные вещества.

2. Смесь двух бинарных соединений кальция растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по аргону 0,65. Если же исходную смесь обрабатывать селенистой кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по аргону составляет 0,85. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

3. Через водный раствор хлороводорода объемом 250 мл (массовая доля растворенного вещества 10%, плотность 1,05 г/мл) пропустили 5 000 Кл электричества. Газообразные продукты электролиза пропустили через 300 г баритовой воды с массовой долей растворителя 95%. Какую максимальную массу осадка можно получить, выпарив приготовленный таким образом раствор? Возможностью образования кристаллогидратов пренебречь.

4. Реакция необратимого разложения ацетальдегида протекает по уравнению:



Температурный коэффициент скорости разложения равен 2,2. Как изменится скорость реакции, если одновременно уменьшить температуру на 10 °С и увеличить давление с 1,1 атм. до 1,52 атм., учитывая, что реакция имеет 2 порядок по ацетальдегиду? Известно, что

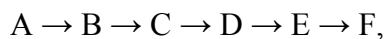
эта реакция катализируется газообразным иодом. Объясните, почему иод обладает таким действием.

5. Смесь двух предельных одноатомных спиртов (массовая доля углерода в одном больше, чем в другом на 4,9%) нагрели до 130°C в присутствии 80%-ной серной кислоты. При этом образуются 2 продукта, причем массовая доля углерода в одном из них на 11,9% больше, чем в другом. Установите структурные формулы спиртов и напишите уравнения реакций.

6. Хлорпропан имеет два структурных изомера. При некоторой температуре смесь этих изомеров находится в термодинамическом равновесии, т.е. изомеры способны переходить один в другой. Зная, что константа равновесия реакции изомеризации равна 0,25, рассчитайте содержание изомеров в равновесной смеси. Какого из изомеров в смеси больше? Предложите способ синтеза преобладающего изомера из неорганических соединений.

2 вариант

1. Предложите последовательность химических превращений, соответствующих схеме:

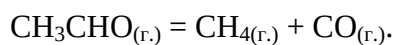


где вещества А – F содержат общий элемент, первая и третья реакции являются окислительно-восстановительными, а остальные реакции окислительно-восстановительными не являются. Укажите условия протекания процессов. Разными буквами в схеме обозначены различные вещества.

2. Смесь двух бинарных соединений натрия растворили в воде. При этом выделилась смесь газообразных продуктов с относительной плотностью по неону 1,00. Если же исходную смесь обрабатывать фосфористой кислотой, то относительная плотность выделившегося газа по аргону составляет 1,30. Определите, какие вещества и в каком массовом соотношении были взяты.

3. Через водный раствор бромоводорода объемом 200 мл (массовая доля растворенного вещества 15%, плотность 1,15 г/мл) пропустили 7 000 Кл электричества. Газообразные продукты электролиза пропустили через 200 г водного раствора поташа с массовой долей растворителя 92%, после чего раствор выпарили. Какую максимальную массу осадка можно получить, выпарив приготовленный таким образом раствор?

4. Реакция необратимого разложения ацетальдегида протекает по уравнению:



Температурный коэффициент скорости разложения равен 2,2. Как изменится скорость реакции, если одновременно увеличить температуру на 20°C и уменьшить давление с 1,5 атм. до 0,72 атм., учитывая, что реакция имеет 2 порядок по ацетальдегиду? Известно, что

эта реакция катализируется газообразным иодом. Объясните, почему иод обладает таким действием.

5. Смесь двух предельных одноатомных спиртов (массовая доля углерода в одном больше, чем в другом на 4,9%) нагрели до 110°C в присутствии 85%-ной фосфорной кислоты. При этом образуются 2 продукта, причем массовая доля углерода в одном из них на 15,1% больше, чем в другом. Установите структурные формулы спиртов и напишите уравнения реакций.

6. Бромпропан имеет два структурных изомера. При некоторой температуре смесь этих изомеров находится в термодинамическом равновесии, т.е. изомеры способны переходить один в другой. Зная, что константа равновесия реакции изомеризации равна 0,11, рассчитайте содержание изомеров в равновесной смеси. Какого из изомеров в смеси больше? Предложите способ синтеза преобладающего изомера из неорганических соединений.

Решение заданий отборочного (районного) этапа.

8 класс

1 вариант

Задача 1.

Массовая доля элемента в соединении рассчитывается по формуле

$$\frac{m(x.э.)}{m(общ)} = \frac{A(x.э.)}{M(с-ва)} = \omega(x.э.)$$

Запишем формулу оксида титана в виде Ti_xO_y , тогда, зная из условия, что отношение масс титана и кислорода составляет 2 : 1, получим следующее уравнение: $2/3 = 48x/(48x+16y)$

Предположим, что $x=1$, тогда, решая уравнение, получим $y=1,5$.

Если $x=2$, то получим $y=3$. x и y должны быть целыми числами, то есть подходит последний вариант – тогда исходный оксид – Ti_2O_3 . Ответ: оксид титана (III)

Задача 2.

Как известно, для газов характерна способность занимать весь предоставленный объем.

Тогда объем газа составит 10 литров. Количество вещества газа находят по формуле $n = \frac{V(г)}{V_{\mu}}$ (газа), следовательно, $n(\text{газа}) = 7,8:22,4 = 0,35$ моль. «Безжизненным» газом называли азот.

Задача 3.

Химическими процессами являются:

- Горение свечи, так как выделяется тепло, образуются новые вещества – сажа и вода.
- Скисание молока, так как появляется запах и осадок.
- Выпечка блинов, так как происходит изменение цвета.
- Образование накипи, так как образуется осадок.

Плавление парафина не является химическим процессом.

Задача 4.

Химический элемент №114 находится в главной подгруппе IV группы, в VII периоде. Конфигурация внешнего энергетического уровня $7s^27p^2$. Он является аналогом свинца, поэтому по химическим свойствам должен быть похож на него. Он должен быть типичным металлом, более химически активным, чем свинец. В своих соединениях он должен проявлять степени окисления +2 и +4. Его оксиды и гидроксиды должны проявлять основные свойства, давая два ряда солей.

Задача 5.

Массу одной молекулы кофеина находим по формуле $m(C_6H_{12}O_2N_4) = \frac{N \cdot M}{N_A}$, где N_A - число

Авогадро

$$m(C_6H_{12}O_2N_4) = 1 \cdot 172 : 6,02 \cdot 10^{23} = 28,57 \cdot 10^{-23} \text{ (г)}$$

2 вариант

Задача 1.

Массовая доля элемента в соединении рассчитывается по формуле

$$\frac{m(x.э.)}{m(общ.)} = \frac{A(x.э.)}{M(соед.)} = \omega(x.э.)$$

Запишем формулу оксида железа в виде Fe_xO_y , тогда, зная из условия, что отношение масс железа и кислорода составляет 7 : 3, получим следующее уравнение:

$$\frac{7}{10} = \frac{56x}{56x + 16y}$$

Предположим, что $y=1$, тогда, решая уравнение, получим $x=0,7$.

Если $y=2$, то $x=1,3$.

Если $y=3$, то $x=2$.

x и y должны быть целыми числами, то есть подходит последний вариант – тогда исходный оксид- Fe_2O_3 .

Ответ: оксид железа (III).

Задача 2.

Как известно, для газов характерна способность занимать весь предоставленный объем.

Тогда объем газа составит 10 литров. Количество вещества газа находят по формуле $n = \frac{V(г)}{V_{\mu}}$

(газа), следовательно, $n(\text{газа}) = 2,1 : 22,4 = 0,09$ моль. «Флогистоном» Пристли называл кислород.

Задача 3.

Химическими процессами являются:

- Горение спиртовки, так как выделяется тепло.
- Гашение соды, так как выделяется газ.
- Выпечка пирога, так как происходит изменение цвета.
- Вздутие консервов, так как выделяется газ и появляется запах.

Закипание воды химическим процессом не является.

Задача 4.

Химический элемент №116 должен находиться в главной подгруппе VI группы, в VII периоде. Конфигурация внешнего электронного слоя $7s^27p^4$. Он является аналогом полония, поэтому по химическим свойствам должен быть похож на него. В химическом отношении он должен проявлять свойства как металла, так и неметалла. В своих соединениях он должен проявлять степени окисления +4 и +6. Его оксиды и гидроксиды должны проявлять кислотные свойства (возможно амфотерные).

Задача 5.

Массу одной молекулы витамина Р находим по формуле $m(C_{36}H_{28}O_{15}) = \frac{N \cdot M}{N_A}$, где N - число Авогадро

$$m(C_{36}H_{28}O_{15}) = 1 \cdot 700 : 6,02 \cdot 10^{23} = 116,3 \cdot 10^{-23} (\text{г})$$

9 класс

1 вариант

Задача 1

Анализ брутто-формул позволил определить строение веществ А-Г:

А – $H_8O_3N_2C$ - $(NH_4)_2CO_3$ – карбонат аммония, средняя соль.

Б – $H_2O_2Cl Fe$ – $Fe(OH)_2Cl$ – хлорид дигидроксожелеза(III), основная соль.

В – $H_2O_6S_2 Ba$ – $Ba(HSO_3)_2$ - гидросульфит бария, кислая соль.

Г – $O_{12} S_3 Al_2$ - $Al_2(SO_4)_3$ - сульфат алюминия, средняя соль.

Уравнения характерных реакций:

А: $(NH_4)_2CO_3 = NH_3 \uparrow + H_2O + CO_2 \uparrow$ (нагрев.) или $(NH_4)_2CO_3 + 2NaOH = NH_3 \uparrow + H_2O + Na_2CO_3$ (нагрев.).

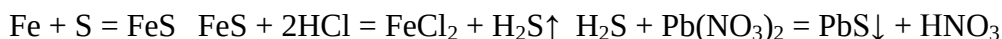
Б: $Fe(OH)_2Cl + 2HCl = FeCl_3 + 2H_2O$ (обычные усл.)

В: $Ba(HSO_3)_2 + Ba(OH)_2 = 2BaSO_3 \downarrow + 2H_2O$ (об.усл.) или $Ba(HSO_3)_2 = BaSO_3 + SO_2 \uparrow + H_2O$ (нагрев.)

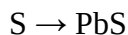
Г: $Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4$ (об.усл.) или $Al_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 = 3BaSO_4 \downarrow + 2AlCl_3$ (об.усл.).

Задача 2

Уравнения протекающих реакций:



Из этих уравнений можно составить стехиометрическую схему:



из 32 г серы получается 239 г сульфида свинца из 4,8 г серы x г

отсюда масса сульфида свинца теоретическая равна: $(4,8 \cdot 239) : 32 = 35,85$ (г).

Практический выход осадка: $21,15 : 35,85 = 0,590$ или **59,0%**.

Задача 3

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ (г/моль)} \quad M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ (г/моль)}$$

Находим соотношение между **массой «свободной» воды** и **массой кристаллогидрата** в 100 г 10%-ного раствора. Пересчитаем массу Na_2CO_3 на массу кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

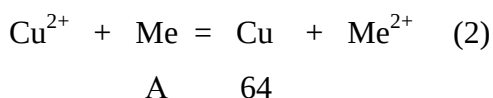
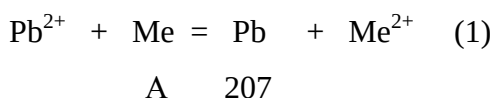
106 г Na_2CO_3 содержатся в 286 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 10 г Na_2CO_3 содержатся в x г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Масса $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ равна: $(10 : 106) \cdot 286 = 26,98$ (г). Масса «свободной воды» равна $100 - 26,98 = 73,02$ (г).

Зная это соотношение, находим необходимую массу кристаллогидрата: В 73,02 г воды растворится 26,98 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. В 250 г воды растворится x г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Масса $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ равна: $(250 \cdot 26,98) : 73,02 = 92,37$ (г)

Задача 4



Увеличение массы пластинки может происходить тогда, когда атомная масса исходного металла будет **меньше** атомной массы вытесняемого металла (в данном свинца), а уменьшение массы пластинки тогда, когда атомная масса исходного металла **больше** атомной массы вытесняемого металла.

Таким образом, по реакции (1) увеличение массы составляет $(207 - A)$, а по реакции (2) уменьшение массы составляет $(A - 64)$, где A – атомная масса неизвестного металла.

Масса выделившегося свинца: $207n$ Масса выделившейся меди: $64n$

Увеличение массы пластинки: $207n - An$ Уменьшение массы пластинки: $An - 64n$ (n – число молей)

Пусть масса пластинки – m , тогда:

m составляет 100% $(207n - A_n)$ составляет 9,5%

$m = (207n - A_n) \cdot 100\% : 9,5\%$ m составляет 100%

$(A_n - 64n)$ составляет 4,8% $m = (A_n - 64n) \cdot 100\% : 4,8\%$

По условию задачи $(207n - A_n) \cdot 100\% : 9,5\% = (A_n - 64n) \cdot 100\% : 4,8\%$

$A = 112$, металл кадмий – Cd

Задача 5.

Белый нерастворимый в кислой среде осадок, выпадающий при добавлении $Ba(NO_3)_2$, является сульфатом $BaSO_4$. Следовательно, купоросы – соли серной кислоты. При нагревании до $300^\circ C$ может удаляться кристаллизационная вода. Следовательно, купоросы – это кристаллогидраты сульфатов двухвалентных металлов. Представим формулу **X** в виде $MSO_4 \cdot nH_2O$. Прокаливание 3,000 г **X** привело к потере $3,000 \cdot 0,374 = 1,122$ г воды, что соответствует $1,122 : 18,02 = 0,06226$ моль H_2O . В осадок выпало $2,904 : 233,40 = 0,01244$ моль $BaSO_4$. Очевидно, что число молей купороса такое же. Следовательно, на моль купороса приходится $0,06226 : 0,01244 = 5$ моль H_2O , то есть $n = 5$. Молярная масса купороса **X** равна $3,000 : 0,01244 = 241,15$ г/моль. Молярную массу купороса **X** можно представить в виде $M(X) = M(M) + M(SO_4) + nM(H_2O)$, где $M(M)$ – молярная масса металла **M**. Отсюда $M(M) = 241,15 - 96,06 - 5 \cdot 18,02 = 54,99$. Это – марганец. Таким образом, формула искомого купороса купороса – $MnSO_4 \cdot 5H_2O$.

Уравнения реакций: $MnSO_4 \cdot 5H_2O = MnSO_4 + 5H_2O \uparrow$ $MnSO_4 + Ba(NO_3)_2 = Mn(NO_3)_2 + BaSO_4 \downarrow$.

2 вариант

Задача 1

Анализ брутто-формл позволил определить строение веществ А-Г:

А – $H_2O_5C Cu_2 - (CuOH)_2CO_3$ – карбонат гидроксомеди, основная соль.

Б – $O_2Cl_2Ca - Ca(ClO)_2$ – гипохлорит кальция, средняя соль.

В – $H_8O_7N_2Cr_2 - (NH_4)_2Cr_2O_7$ – дихромат аммония, средняя соль.

Г – $H_4O_8P_2Mg - Mg(H_2PO_4)_2$ -дигидроортофосфат магния, кислая соль.

Уравнения характерных реакций:

А: $(CuOH)_2CO_3 = 2 CuO + H_2O \uparrow + CO_2 \uparrow$ (нагрев.) или $(CuOH)_2CO_3 + 4HCl = 2CuCl_2 + 3H_2O + CO_2 \uparrow$ (об.усл.)

Б: $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 4\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (об.усл.) или $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HOCl}$

В: $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{NH}_3\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (об.усл.) или $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{N}_2\uparrow + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}\uparrow$ (нагрев.)

Г: $3\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 12\text{NaOH} = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 4\text{Na}_3\text{PO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ (об.усл.)

Задача 2

Уравнения протекающих реакций:



Из этих уравнений можно составить стехиометрическую схему:

$2\text{P} \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ из 62 г фосфора получается 601 г фосфата бария, из 7,5 г фосфора получается x г фосфата бария, отсюда теоретическая масса фосфата бария равна: $(7,5 \cdot 601) : 62 = 72,7(\text{г})$.

Практический выход осадка: $61,7 : 72,7 = 0,849$ или **84,9%**.

Задача 3

$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142$ (г/моль) $M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322$ (г/моль)

Находим соотношение между **массой «свободной» воды** и **массой кристаллогидрата** в 100 г 5%-ного раствора: Пересчитаем массу Na_2SO_4 на массу кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

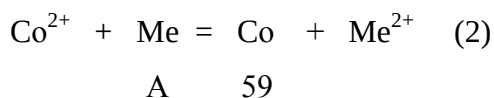
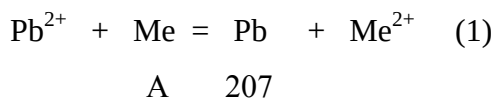
В 322 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ содержатся 142 г Na_2SO_4 В 57,4 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ содержатся x г Na_2SO_4

Масса Na_2SO_4 равна: $(57,4 : 322) \cdot 142 = 25,31(\text{г})$. Находим массу 5%-ного раствора, в которой должен содержаться безводный Na_2SO_4 : $25,31 : 0,05 = 506,26$ (г).

Из этой массы раствора вычитаем массу исходного кристаллогидрата и получаем необходимую массу воды:

$506,26 - 57,4 = 448,86$ (г). Масса воды необходимая для получения раствора равна **448,86** (г).

Задача 4



Увеличение массы пластинки может происходить тогда, когда атомная масса исходного металла будет **меньше** атомной массы вытесняемого металла (в данном свинца), а уменьшение массы пластинки тогда, когда атомная масса исходного металла **больше** атомной массы вытесняемого металла. Таким образом, по реакции (1) увеличение массы составляет $(207 - A)$, а по реакции (2) уменьшение массы составляет $(A - 59)$, где A – атомная масса неизвестного металла. Масса выделившегося свинца: $207n$

Масса выделившегося кобальта: $59n$ Увеличение массы пластинки: $207n - An$

Уменьшение массы пластинки: $An - 59n$ (n - число молей) Пусть масса пластинки – m , тогда:

m составляет 100% $(207n - An)$ составляет 1,42% $m = (207n - An) \cdot 100\% : 1,42\%$

m составляет 100% $(An - 59n)$ составляет 0,06% $m = (An - 59n) \cdot 100\% : 0,06\%$

По условию задачи $(207n - An) \cdot 100\% : 1,42\% = (An - 59n) \cdot 100\% : 0,06\%$

$A = 65$, металл цинк – Zn

Задача 5.

Белый нерастворимый в кислой среде осадок, выпадающий при добавлении $BaCl_2$, является сульфатом $BaSO_4$. Следовательно, купоросы – соли серной кислоты. При нагревании до $300^\circ C$ может удаляться кристаллизационная вода. Следовательно, купоросы – это кристаллогидраты сульфатов двухвалентных металлов. Представим формулу **X** в виде $MSO_4 \cdot nH_2O$. Прокаливание 2,000 г **X** привело к потере $2,000 \cdot 0,449 = 0,898$ г воды, что соответствует $0,898 : 18,02 = 0,0498$ моль H_2O . В осадок выпало $1,662 : 233,40 = 0,00712$ моль $BaSO_4$. Очевидно, что число молей купороса такое же. Следовательно, на моль купороса приходится $0,0498 : 0,00712 = 7$ моль H_2O , то есть $n = 7$. Молярная масса купороса **X** равна $2,000 : 0,00712 = 280,90$ г/моль. Молярную массу купороса **X** можно представить в виде $M(X) = M(M) + M(SO_4) + nM(H_2O)$, где $M(M)$ – молярная масса металла **M**. Отсюда $M(M) = 280,90 - 96,06 - 7 \cdot 18,02 = 58,70$. Это – никель. Таким образом, формула искомого купороса купороса – $NiSO_4 \cdot 7H_2O$.

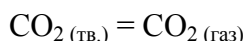
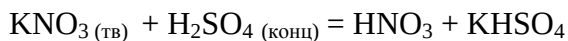
Уравнения реакций: $NiSO_4 \cdot 7H_2O = NiSO_4 + 7H_2O \uparrow$ $NiSO_4 + BaCl_2 = NiCl_2 + BaSO_4 \downarrow$.

10 класс

1 вариант

Задача 1.

6, 3, 2, 1

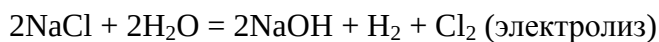
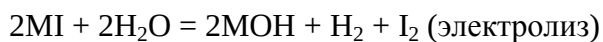


Задача 2.

Один из возможных вариантов:

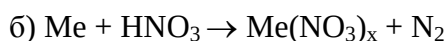
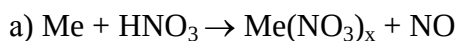
Источник иода – водоросли. В золе после сгорания водорослей содержатся иодиды калия и натрия. Иод может быть получен электролизом водной суспензии золы с инертными электродами. Гидроксид натрия легко получить электролизом водного раствора каменной соли. При растворении иода в щелочи получается смесь иодида и иодата.

Реакции:



Задача 3.

При взаимодействии металлов с очень разбавленной азотной кислотой возможно три варианта:



Реакции (а) и (б) относятся к случаю малоактивных металлов, а реакция (в) будет протекать в случае активных металлов. В случаях (а) и (б) при прокаливании сухого остатка будет происходить разложение нитрата либо до оксида металла, кислорода и диоксида азота, либо до металла, кислорода и диоксида азота.

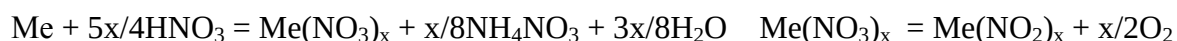
$\text{Me}(\text{NO}_3)_x = \text{MeO}_{x/2} + x\text{NO}_2 + x/4\text{O}_2$ Из 1 моль нитрата получается 1,25х моль газообразных продуктов.

Тогда получаем: $1,92:22,4 = 0,0857 = 4 \cdot 1,25 \cdot x : \text{M}$ $\text{M} = 58,34x$ – таких металлов нет

$\text{Me}(\text{NO}_3)_x = \text{Me} + x\text{NO}_2 + x/2\text{O}_2$ Из 1 моль нитрата получается 1,5х моль газообразных продуктов.

Тогда получаем: $0,0857 = 4 \cdot 1,5 \cdot x : M$ $M = 70,01x$ – таких металлов нет

В случае (в) сухой остаток будет смесью нитрата металла и нитрата аммония. При прокаливании нитрата такого металла он будет разлагаться на нитрит и кислород или на оксид металла и диоксид азота, а нитрат аммония - на азот, кислород и воду (N_2O при данной температуре термически неустойчив). Рассмотрим первый вариант

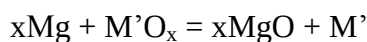


$2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ Таким образом, на 1 моль металла приходится 0,9375х моль газов.

$0,0857 = 4 \cdot 0,9375 \cdot x : M$ $M = 43,76x$. При $x = 2$ $M = 87,52$ г/моль, металл – стронций.

Задача 4.

Условием осуществления процесса получения металла из его оксида методом металлотермии является экзотермичность соответствующей реакции восстановления



Тепловой эффект этой реакции легко рассчитать по закону Гесса:

$$Q = xQ_{\text{обр}}(\text{MgO}) - Q_{\text{обр}}(\text{M}'\text{O}_x)$$

Тогда получаем:

Металл	X	Q, кДж/моль	
Ca	1	-33	Эндо
Ga	1,5	-7	Эндо
La	1,5	5,5	Экзо
Ti	2	260	Экзо
Zn	1	251	Экзо

Таким образом, из приведенных металлов методом магнийтермии могут быть получены лантан, титан и цинк. Препятствовать получению металла данным методом могут процессы образования твердых растворов и сплавов, снижающие чистоту продукта.

Задача 5.

Пусть $M(\text{Hal}) = x$ г/моль, тогда по результатам анализа можно получить соотношение элементов в X-Hal:

$$\frac{40,33}{12} : \frac{6,11}{1} : \frac{(100-40,33-6,11)}{x} = 3,36 : 6,11 : 53,56/x = x/15,94 : x/8,77 : 1.$$

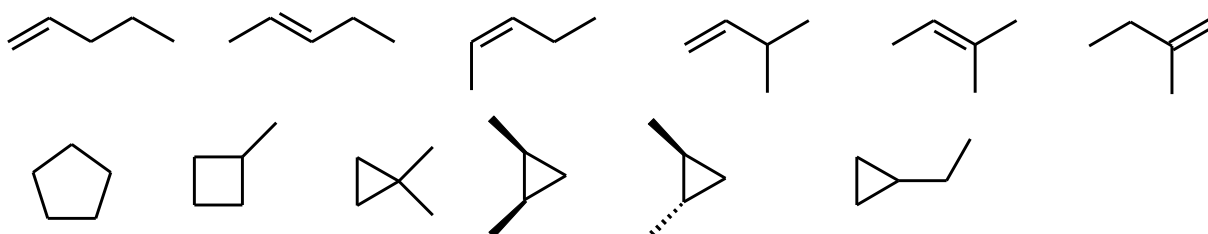
Hal	M(Hal) = x, г/моль	Соотношение
F	19	1,19 : 2,17 : 1
Cl	35,5	2,23 : 4,05 : 1
Br	80	5,02 : 9,12 : 1
I	127	7,97 : 14,48 : 1

По химическому смыслу подходит только вариант с бромом: C_5H_9Br ($X - C_5H_{10}$ – удовлетворяет формуле C_nH_{2n} , соответствующей алкенам или циклоалканам)

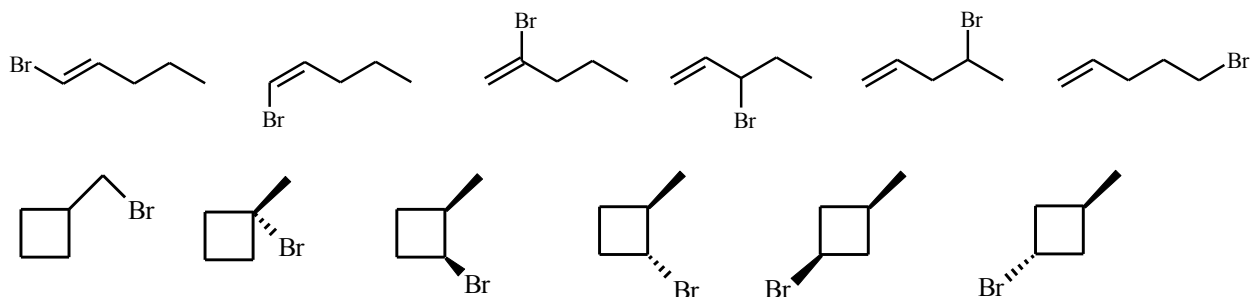
Исходя из этой формулы, получим теоретические значения: $\omega(C) = 40,29\%$ и $\omega(H) = 6,10\%$. Следовательно, $\Delta(C) = 100 \cdot (40,33 - 40,29) : 40,29 = 0,1\%$.

$$\Delta(H) = 100 \cdot (6,11 - 6,10) : 6,10 = 0,16\%.$$

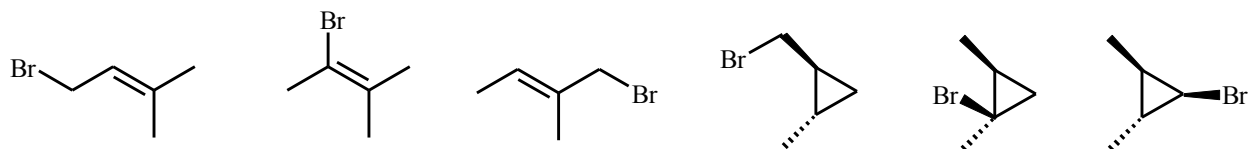
Всего существует 12 изомерных углеводородов:



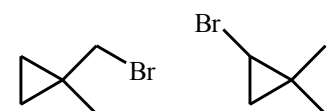
По 6 моногалогенпроизводных имеют пентен-1 и метилциклобутан:



По 3 моногалогенпроизводных имеют 2-метилбутена-2 и *транс*-1,2-диметилциклопропан:



2 моногалогенпроизводных имеет 1,1-диметилциклопропан:



Задача 6.

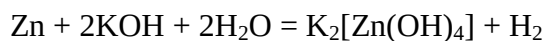
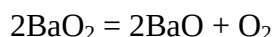
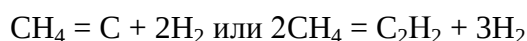
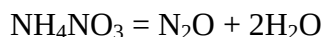
По схеме реакций получается: $C_6H_{12} \rightarrow C_6H_{12-n}Br_n \rightarrow nAgBr$

Числа моль циклогексана и бромида серебра равны, соответственно: $10,5:84,18=0,1247$ и $35,10:187,77=0,1869$, а их отношение: $0,1869:0,1247=1,50$. Это означает, что продукт представляет собой эквимольную (т.е., с соотношениям по молям 1:1) смесь моно- и дибромциклогексана.

2 вариант

Задача 1.

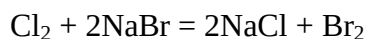
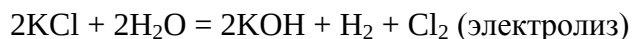
2, 5, 6, 7



Задача 2.

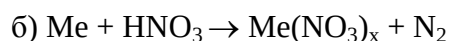
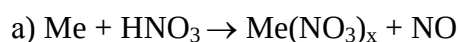
Бром содержится в морской воде в виде бромид-ионов и легко может быть вытеснен хлором (отделить от иода можно путем охлаждения и последующего выделения кристаллов иода). Хлор для этих целей легко получить электролизом раствора хлорида калия, встречающегося в природе в виде минерала сильвина. При последующем растворении брома в щелочи получается смесь бромида и бромата.

Реакции:



Задача 3.

При взаимодействии металлов с очень разбавленной азотной кислотой возможно три варианта:



Реакции (а) и (б) относятся к случаю малоактивных металлов, а реакция (в) будет протекать в случае активных металлов. В случаях (а) и (б) при прокаливании сухого остатка будет происходить разложение нитрата либо до оксида металла, кислорода и диоксида азота, либо до металла, кислорода и диоксида азота.

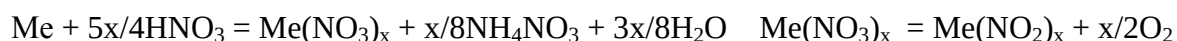
$\text{Me}(\text{NO}_3)_x = \text{MeO}_{x/2} + x\text{NO}_2 + x/4\text{O}_2$ Из 1 моль нитрата получается $1,25x$ моль газообразных продуктов.

Тогда получаем: $1,53:22,4 = 0,0683 = 5 \cdot 1,25 \cdot x : M$ $M = 91,5x$ – таких металлов нет

$\text{Me}(\text{NO}_3)_x = \text{Me} + x\text{NO}_2 + x/2\text{O}_2$ Из 1 моль нитрата получается $1,5x$ моль газообразных продуктов.

Тогда получаем: $0,0683 = 5 \cdot 1,5 \cdot x : M$ $M = 109,81x$ – таких металлов нет

В случае (в) сухой остаток будет смесью нитрата металла и нитрата аммония. При прокаливании нитрата такого металла он будет разлагаться на нитрит и кислород или на оксид металла и диоксид азота, а нитрат аммония - на азот, кислород и воду (N_2O при данной температуре термически неустойчив). Рассмотрим первый вариант

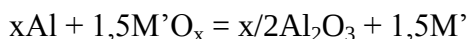


$2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ Таким образом, на 1 моль металла приходится $0,9375x$ моль газов.

$0,0683 = 5 \cdot 0,9375 \cdot x : M$ $M = 68,63x$ При $x = 2$ $M = 137,26$ г/моль, металл – барий.

Задача 4.

Условием осуществления процесса получения металла из его оксида методом металлотермии является экзотермичность соответствующей реакции восстановления



Тепловой эффект этой реакции легко рассчитать по закону Гесса:

$$Q = x/2Q_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{O}_3) - 1,5Q_{\text{обр}}(\text{M}'\text{O}_x)$$

Тогда получаем:

Металл	X	Q, кДж/моль	
Mg	1	-65	эндо
Sn	2	804,5	Экзо
In	1,5	375	Экзо
Cr	1,5	267,5	Экзо
Cd	1	448	экзо

Таким образом, из приведенных металлов методом алюминотермии могут быть получены олово, индий, хром и кадмий. Препятствовать получению металла данным методом могут процессы образования твердых растворов и сплавов, снижающие чистоту продукта.

Задача 5.

Пусть $M(\text{Hal}) = x$ г/моль, тогда по результатам анализа можно получить соотношение элементов в X-Hal:

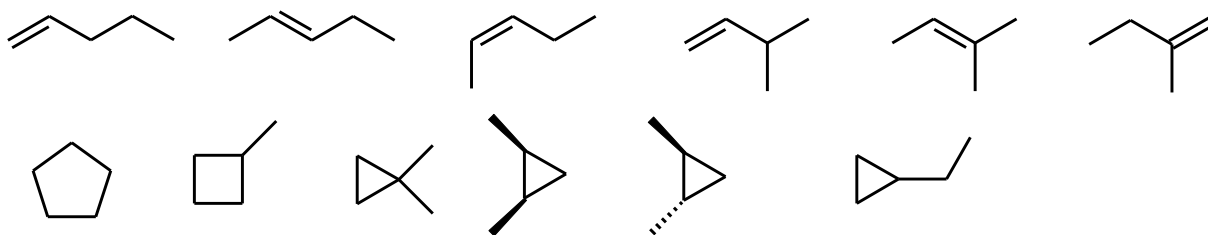
$$\frac{30,66 \cdot 4,64 \cdot (100 - 30,66 - 4,64)}{12 \cdot 1 \cdot x} = 2,56 : 4,64 : 64,70/x = x/25,27 : x/13,94 : 1.$$

Hal	M(Hal) = x, г/моль	Соотношение
F	19	0,75 : 1,36 : 1
Cl	35,5	1,40 : 2,55 : 1
Br	80	3,17 : 5,74 : 1
I	127	5,03 : 9,11 : 1

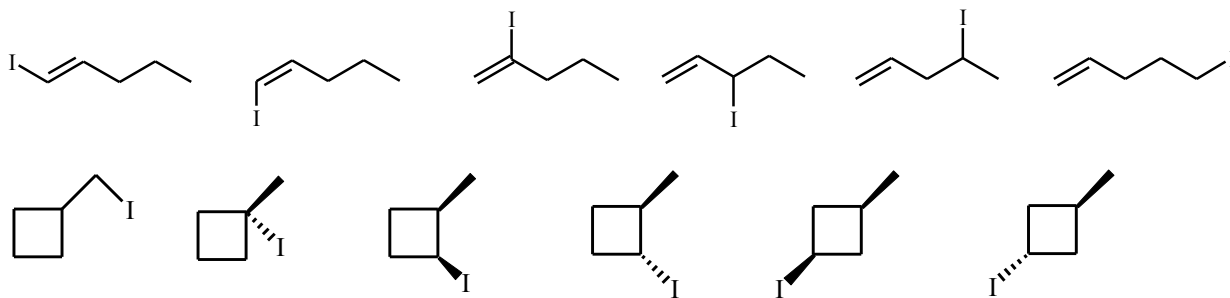
По химическому смыслу подходит только вариант с иодом: C_5H_9I ($X - C_5H_{10}$ – удовлетворяет формуле C_nH_{2n} , соответствующей алкенам или циклоалканам). Исходя из этой формулы, получим теоретические значения: $\omega(C) = 30,63\%$ и $\omega(H) = 4,64\%$. Следовательно, $\Delta(C) = 100 \cdot (30,66 - 30,63) : 30,63 = 0,1\%$.

$\Delta(H) = 100 \cdot (4,64 - 4,64) : 4,64 = 0,0\%$. (Водород определен точно).

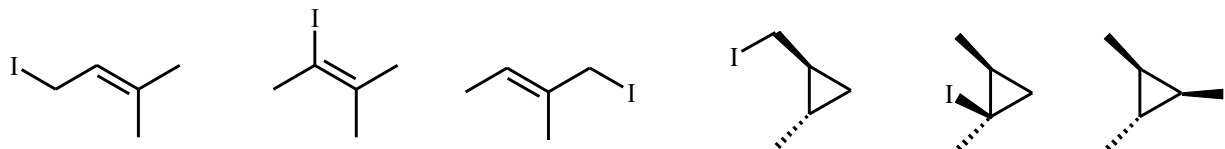
Всего существует 12 изомерных углеводородов:



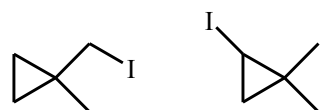
По 6 моногалогенпроизводных имеют пентен-1 и метилциклобутан:



По 3 моногалогенпроизводных имеют 2-метилбутена-2 и *транс*-1,2-диметилциклопропан:



2 моногалогенпроизводных имеет 1,1-диметилциклопропан:



Задача 6.

По схеме реакций получается: $C_6H_{12} \rightarrow C_6H_{12-n}Cl_n \rightarrow nAgCl$

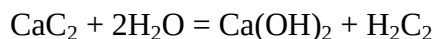
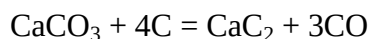
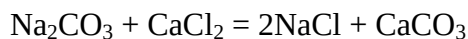
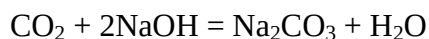
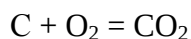
Числа моль циклогексана и хлорида серебра равны, соответственно: $5,5:84,18=0,0653$ и $14:143,32=0,0977$, а их отношение: $0,1869:0,1247=1,50$. Это означает, что продукт представляет собой эквимольную (т.е., с соотношением по молям 1:1) смесь моно- и дихлорциклогексана.

11 класс

1 вариант

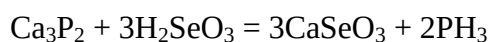
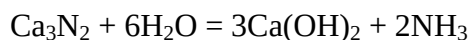
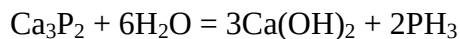
Задача 1.

Один из возможных вариантов:



Задача 2.

Из бинарных соединений кальция при взаимодействии с водой газ будут образовывать гидрид, карбид, нитрид, фосфид. Соответственно, продуктами взаимодействия с водой могут быть водород, ацетилен, аммиак и фосфин. Поскольку относительная плотность по аргону выделяющегося при взаимодействии с селенистой кислотой газа равна 0,85, молярная масса этого газа составляет $M = 0,85 \cdot 40 = 34$ г/моль. Данному условию отвечает фосфин, PH_3 . По-видимому, второй газ поглощается кислотой. Из указанных выше вариантов основные свойства проявляет только аммиак. Следовательно, исходная смесь состояла из фосфида и нитрида кальция.

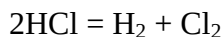


Определим мольное соотношение нитрида и фосфида кальция. Пусть мольная доля аммиака в смеси газообразных продуктов составляет x . Тогда: $17x + 34 \cdot (1-x) = 0,65 \cdot 40 = 26$, $x = 0,47$, т.е., на 0,47 моль нитрида кальция приходится 0,53 моль фосфида. Тогда массовая доля нитрида кальция составит

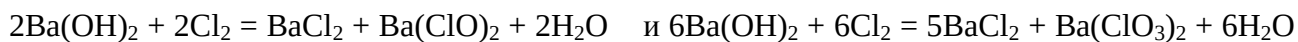
$$0,47 \cdot 148 : (0,47 \cdot 148 + 0,53 \cdot 182) = 41,9\% \quad \text{Массовая доля фосфида кальция} - 58,1\%.$$

Задача 3.

При электролизе будет протекать процесс:



Полученный хлор будет взаимодействовать с гидроксидом бария:



Следует отметить, что массы образующихся солей в обоих случаях одинаковы. В исходном растворе хлороводорода присутствовало $250 \cdot 1,05 \cdot 0,10 : 36,5 = 0,72$ моль HCl . Для получения 1 моль хлора требуется $96500 \cdot 2 = 193000$ Кл. По условию задачи через раствор пропустили 5 000 Кл электричества, следовательно, хлороводород в недостатке. В результате электролиза получилось $5000 : 193000 = 0,026$ моль хлора. В баритовой воде присутствовало $300 \cdot 0,05 : 171,3 = 0,088$ моль гидроксида бария. По-видимому, хлор взят в недостатке. Тогда в результате реакции получится 0,044 моль хлорида бария и 0,044 моль гипохлорита бария или 0,0073 моль хлорида и 0,0367 моль хлората или смесь хлорида, хлората и гипохлорита. Также останется непрореагировавший гидроксид бария в количестве 0,036 моль. Масса продукта при этом составит $m = 0,044 \cdot 208,3 + 0,044 \cdot 240,3 + 0,036 \cdot 171,3 = 25,91$ г

Задача 4.

Запишем кинетическое уравнение реакции.

$$V = k[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$$

Повышение давления равнозначно увеличению концентрации газообразных веществ. Следовательно, концентрация увеличилась в $1,52 : 1,1 = 1,382$ раза.

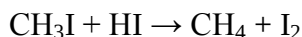
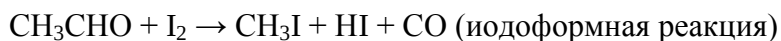
$$V' = k[\text{CH}_3\text{CHO}]'^2 = k \cdot 1,382^2 [\text{CH}_3\text{CHO}]^2 = 1,91V$$

По условию также уменьшили температуру на 10°C . По правилу Вант-Гоффа:

$$V' = V \cdot \gamma^{\Delta T/10} = V \cdot 2^{-1} = 0,4545V$$

В результате скорость реакции увеличится в $1,91 \cdot 0,4545 = 0,87$ раза (< 1). Т.е. скорость реакции уменьшится в $1 : 0,87 = 1,15$ раза.

Схема катализа:



Ответ: скорость реакции уменьшится в 1,15 раза.

Задача 5.

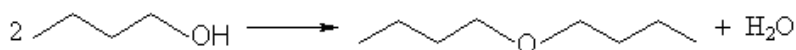
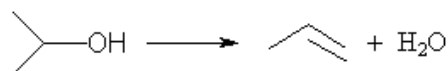
Кислотная дегидратация спиртов приводит к образованию алкенов или простых эфиров (только в случае первичных спиртов). Рассмотрим возможные случаи образования продуктов

в температурном интервале нагревания до 140 °С (тогда исключается возможность образования алкенов из первичных спиртов):

- 1) первичный (1)/первичный (2) – эфир (1), эфир(2), эфир (3) – продукт перекрестной дегидратации: образуется 3 продукта, противоречит условию;
- 2) вторичный (1)/вторичный (2) – алкен (1), алкен (2); для случаев третичный (1)/третичный (2) и вторичный/третичный аналогично: массовая доля углерода $12n:14n = 6/7$ есть величина постоянная для любого алкена (C_nH_{2n}), противоречит условию;
- 3) первичный/ вторичный – эфир, алкен; для случая первичный/третичный аналогично – удовлетворяет условию.

Легко показать, что массовая доля углерода в любом эфире всегда меньше, чем в алкене. Общая формула эфира $C_nH_{2n+2}O$, $\omega(C) = 12n:(14n + 18) = 6/7 - 0,119$. Решая это уравнение, получим $n = 8$. В спирте число атомов углерода в 2 раза меньше. Таким образом, один из спиртов $n-C_4H_9OH$.

$\omega(C \text{ в } n-C_4H_9OH) = 100 \cdot 12 \cdot 4 : 74 = 64,9\%$, тогда $\omega(C \text{ в } C_mH_{2m} + 2O) = (64,9 \pm 4,9)\% = 100 \cdot 12m : (14m + 18)$. Решая два уравнения, получим, $m = 5,5$ и $m = 3$. m должно быть натуральным числом, т.е. $m = 3$. Второй спирт – $i-C_3H_7OH$.

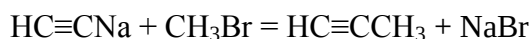
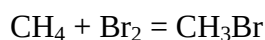
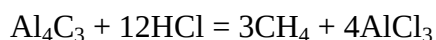


Задача 6.

Пусть X – доля минорного компонента. Константа равновесия реакции изомеризации может тогда быть представлена следующим образом:

$K = X:(1-X) = 0,25$. Отсюда $X=0,2$, т.е. доли изомеров составляют 20% и 80%. Наиболее термодинамически стабилен 2-хлорпропан, он будет в избытке.

Одним из удобных способов синтеза является следующий:

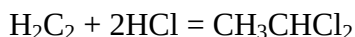
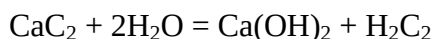
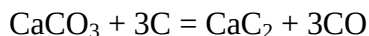
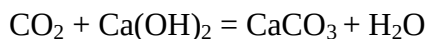
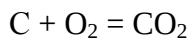


Однако возможны и другие пути синтеза.

2 вариант

Задача 1.

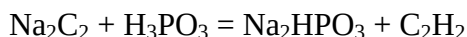
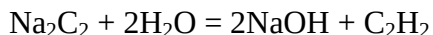
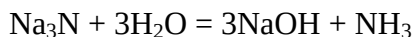
Один из возможных вариантов:



Задача 2.

Из бинарных соединений натрия при взаимодействии с водой газ будут образовывать гидрид, карбид, нитрид, фосфид. Соответственно, продуктами взаимодействия с водой могут быть водород, ацетилен, аммиак и фосфин. Поскольку относительная плотность выделяющегося при взаимодействии с водой газа по неону равна 1,30, молярная масса этого газа составляет $M = 1,30 \cdot 20 = 26$ г/моль. Данному условию отвечает ацетилен, C_2H_2 .

По-видимому, второй газ поглощается кислотой. Из указанных выше вариантов основные свойства проявляет только аммиак. Следовательно, исходная смесь состояла из карбида и нитрида натрия.



Определим мольное соотношение нитрида и карбида натрия. Пусть мольная доля аммиака в смеси газообразных продуктов составляет x . Тогда: $17x + 26 \cdot (1-x) = 1,00 \cdot 20 = 20$; $x = 2/3$, т.е., на $2/3$ моль нитрида натрия приходится $1/3$ моль карбида. Тогда массовая доля нитрида натрия составит $2/3 \cdot 83 : (2/3 \cdot 83 + 1/3 \cdot 70) = 70,3\%$ Массовая доля карбида натрия – $29,7\%$.

Задача 3.

При электролизе будет протекать процесс: $2\text{HBr} = \text{H}_2 + \text{Br}_2$

Полученный бром будет взаимодействовать с раствором поташа: $3\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Br}_2 = 5\text{KBr} + \text{KBrO}_3 + 3\text{CO}_2$

В исходном растворе хлороводорода присутствовало $200 \cdot 1,15 \cdot 0,15 : 81 = 0,426$ моль HBr . Для получения 1 моль брома требуется $96500 \cdot 2 = 193000$ Кл. По условию задачи через раствор

пропустили 7 000 Кл электричества, следовательно, бромоводород в недостатке. В результате электролиза получилось $7000:193000 = 0,036$ моль брома. В растворе поташа присутствовало $200 \cdot 0,08:138 = 0,116$ моль карбоната калия. По-видимому, бром взят в недостатке. Тогда в результате реакции получится 0,18 моль бромида калия и 0,036 моль бромата калия, а также останется 0,01 моль карбоната калия. Масса сухого остатка составит $m = 0,18 \cdot 110 + 0,036 \cdot 167 + 0,01 \cdot 138 = 27,192$ г

Задача 4.

Запишем кинетическое уравнение реакции.

$$V = k[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$$

Понижение давления равнозначно уменьшению концентрации газообразных веществ. Следовательно, концентрация стала равна $(0,72:1,5)[\text{CH}_3\text{CHO}] = 0,48[\text{CH}_3\text{CHO}]$.

$$V' = k[\text{CH}_3\text{CHO}]'^2 = k \cdot 0,48^2 [\text{CH}_3\text{CHO}]^2 = 0,2304V$$

По условию также увеличили температуру на 20 °С. По правилу Вант-Гоффа:

$$V' = V \cdot \gamma^{\Delta T/10} = V \cdot 2,2^2 = 4,84V$$

В результате скорость реакции увеличится в $0,2304 \cdot 4,84 = 1,12$ раза.

Схема катализа: $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{I}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{I} + \text{HI} + \text{CO}$ $\text{CH}_3\text{I} + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{I}_2$

Ответ: скорость реакции увеличится в 1,12 раза.

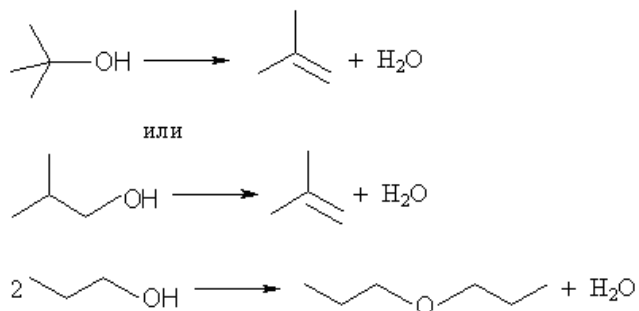
Задача 5.

Кислотная дегидратация спиртов приводит к образованию алкенов или простых эфиров (только в случае первичных спиртов). Рассмотрим возможные случаи образования продуктов в температурном интервале нагревания до 140 °С (тогда исключается возможность образования алкенов из первичных спиртов):

- 1) первичный (1)/первичный (2) – эфир (1), эфир(2), эфир (3) – продукт перекрестной дегидратации: образуется 3 продукта, противоречит условию;
- 2) вторичный (1)/вторичный (2) – алкен (1), алкен (2); для случаев третичный (1)/третичный (2) и вторичный/третичный аналогично: массовая доля углерода $12n:14n = 6/7$ есть величина постоянная для любого алкена (C_nH_{2n}), противоречит условию;
- 3) первичный/ вторичный – эфир, алкен; для случая первичный/третичный аналогично – удовлетворяет условию.

Легко показать, что массовая доля углерода в любом эфире всегда меньше, чем в алкене. Общая формула эфира $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$, $\omega(\text{C}) = 12n:(14n + 18) = 6/7 - 0,151$. Решая это уравнение, получим $n = 6$. В спирте число атомов углерода в 2 раза меньше. Таким образом, один из спиртов $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH}$.

$\omega(\text{C в н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 100 \cdot 12 \cdot 3 : 60 = 60\%$, тогда $\omega(\text{C в C}_m\text{H}_{2m+2}\text{O}) = (60 \pm 4,9)\% = 100 \cdot 12m : (14m + 18)$. Решая два уравнения, получим, $m = 2,3$ и $m = 4$. m должно быть натуральным числом, т.е. $m = 4$. Второй спирт – $t\text{-C}_4\text{H}_9\text{OH}$ или $i\text{-C}_4\text{H}_9\text{OH}$.

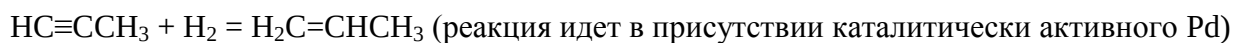
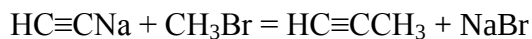
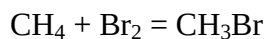
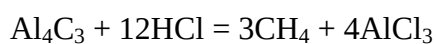


Задача 6.

Пусть X – доля минорного компонента. Константа равновесия реакции изомеризации может тогда быть представлена следующим образом:

$K = X:(1-X) = 0,11$. Отсюда $X = 0,099$, т.е. доли изомеров составляют 9,9% и 90,1%. Наиболее термодинамически стабилен 2-бромпропан, он будет в избытке.

Одним из удобных способов синтеза является следующий:



Однако возможны и другие пути синтеза.

**Задания теоретического тура заключительного (городского) этапа
79-ой Санкт-Петербургской олимпиады по химии.**

8 класс

Автор заданий – Бегельдиева С.М.

1. В какой массе воды необходимо растворить 213 г оксида фосфора (V) для получения раствора с массовой долей растворенного вещества 49%? Запишите молекулярную и структурную формулы этого растворенного вещества, назовите его.
2. Атомная масса элемента X относится к молекулярной массе его бромида как 1 : 5. Определите формулу этого соединения. Назовите его. Ответ подтвердите расчетами.
3. Рассчитайте относительную молекулярную массу углекислого газа по системе Берцелиуса, в которой атомная масса кислорода была принята равной 100 единицам.
4. Простое вещество, молекула которого имеет массу $1,18 \cdot 10^{-22}$ г, вступает в реакции с железом, водородом, фосфором и водой. Определите и назовите данное простое вещество. Напишите уравнения упомянутых химических реакций и укажите условия их протекания.
5. Обведите варианты правильного ответа
 1. Укажите сумму протонов, нейтронов и электронов для $^{35}\text{S}^{+4}$.
Варианты ответов: а) 47 б) 35 в) 19 г) 16 д) нет правильного ответа.
 2. Какой заряд приобретет атом бария, если он достигнет электронной конфигурации ближайшего инертного газа?
Варианты ответов: а) +1 б) +2 в) -6 г) -2 д) нет правильного ответа.
 3. Масса 2,24 л газа (н.у.) равна 2,8 г. Чему равна молекулярная масса газа?
Варианты ответов: а) 14 б) 28 в) 42 г) 5,6 д) нет правильного ответа.
 4. Ангидридом какой кислоты можно считать SO_2 ?
Варианты ответов: а) серной б) сернистой в) серноватой г) сероводородной д) нет правильного ответа.
 5. Какой газ выделяется при действии соляной кислоты на раствор сульфида цинка?
Варианты ответов: а) аммиак б) сернистый в) сероводород г) выделения газа в этих условиях не происходит д) нет правильного ответа.

6. Какое максимальное количество вещества углекислого газа может поглотить раствор, содержащий 1 моль гидроксида калия?

Варианты ответов: а) 0,5 моль б) 1 моль в) 2 моль г) 22 г д) нет правильного ответа.

7. Укажите состав твердого остатка, который образуется при термическом разложении бертолетовой соли.

Варианты ответов: а) твердый остаток не образуется б) хлорид калия в) оксид алюминия г) гидроксид калия и оксид алюминия д) нет правильного ответа.

8. В двух одинаковых колбах объемом по 2 литра при одинаковом давлении и температуре находятся соответственно угарный газ и аммиак. Сравните число молекул аммиака и водорода в колбах. Варианты ответов: а) в колбах содержится равное число молекул б) молекул аммиака больше в) молекул водорода больше г) невозможно сравнить число молекул, исходя из представленных данных д) нет правильного ответа.

9. Формула высшего оксида элемента с порядковым номером 32:

Варианты ответов: а) R_2O б) R_2O_3 в) RO_2 г) RO_3 д) нет правильного ответа.

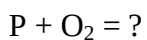
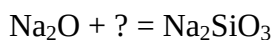
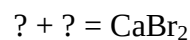
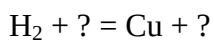
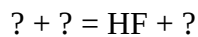
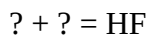
10. Смесь водорода и кислорода объемом 5 литров взорвали. После конденсации паров воды объем оставшегося газа составил 2 литра, причем в оставшемся газе вспыхивает тлеющая лучинка.

Определите объем водорода в исходной смеси, учитывая, что объемы всех газов измерены при одинаковых условиях.

Варианты ответов: а) 3 л б) 2л в) 1л г) 1,5л д) нет правильного ответа.

6. Определите количество вещества воды, которое приходится на 1 моль соли в 10%-ном растворе сульфата меди (II).

7. Завершите уравнения химических реакций. Назовите продукты этих реакций.



9 класс

Авторы заданий – Злотников Э.Г. (№№ 1-4, 6-7). Скрипкин М.Ю. (№ 5)

№1

В таблице Вам предложены результаты анализа пяти минералов:

№ минерала	Содержание элемента, %									
	H	O	C	Cl	S	Mg	Fe	Ca	K	Cu
1	0,58	36,99	6,94	-	-	-	-	-	-	55,49
2	-	52,17	13,04	-	-	13,05	-	21,74	-	-
3	2,42	45,07	-	14,28	12,88	9,66	-	-	15,69	-
4	4,32	34,60	-	38,38	-	8,65	-	-	14,05	-
5	-	-	-	-	34,78	-	30,44	-	-	34,78

По этим данным воспроизведите их формулы в виде химических соединений. Как эти минералы называются? Приведите для каждого минерала по два уравнения химических реакций с его участием.

№2

В соответствии с положением в периодической системе фосфор может образовывать два наиболее характерных оксида. Эти оксиды растворили в воде. На полученные растворы последовательно действовали избытком растворов: а) щелочи; б) хлорной воды; в) нитрата бария. Полученные в обоих случаях осадки отфильтровали, смешали с песком, углем и прокалили. Напишите уравнения всех указанных в условии задачи реакций.

№3

Предложите формулу для расчета количественного состава водородно-метановой смеси в объемных долях, если анализ проводился следующим образом. Объем **A** газовой смеси сожгли в избыточном объеме кислорода **B**. После поглощения углекислого газа и конденсации образовавшейся воды, измерили объем непрореагировавшего кислорода **C**. Все измерения проводились при одинаковых условиях.

№4

В водный раствор нитрата меди (II) поместили несколько кусочков металлического кальция. Какие химические реакции могут произойти при этом? Напишите уравнения возможных реакций и дайте соответствующие пояснения.

№5

Как известно, нанотехнологии являются одним из наиболее быстро развивающихся направлений науки и техники. При этом все большее внимание уделяется синтезу и исследованию сферических биметаллических “core-shell” наночастиц, т.е., наночастиц, у которых внутреннее ядро состоит из атомов одного, а внешняя оболочка – из атомов другого металла.

А) Что такое наночастица?

Б) Оцените размер наночастицы, ядро которой состоит из 50 атомов золота, а оболочка – из 50 атомов серебра. Для справки: плотность серебра составляет $10,50 \text{ г/см}^3$, а плотность золота – $19,32 \text{ г/см}^3$.

В) Предложите способ синтеза суспензии, содержащей такие наночастицы, с использованием в качестве исходных веществ тригидрата тетрахлорозолотой кислоты, ляписа, формиата натрия, воды.

№6

В соответствии с правилами техники безопасности химические реагенты надо хранить в плотно закрытых склянках или банках. Какие химические реагенты и почему нельзя хранить в открытых или неплотно закрытых склянках? Дайте мотивированный ответ.

Назовите 5 реагентов, которые нельзя хранить на свету. Приведите примеры несовместимых реагентов. В чем заключается их несовместимость? Ваши ответы подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

№7

При горении 16,8 л (н. у.) смеси аммиака и кислорода выделилось 94,95 кДж теплоты, а при горении того же количества смеси с некоторым количеством водорода – 300,0 кДж

теплоты. Вычислите состав исходной смеси в объемных долях, если теплоты образования аммиака и воды соответственно равны 46,1 и 241,6 кДж/моль.

10 класс

Авторы заданий – Скрипкин М.Ю. (№№ 1, 2, 4), Гусев И.М. (№ 3), Байгозин Д.В. (№ 5), Пошехонов И.С. (№ 6), Башмаков В.Я. (№ 7)

№1

Как известно, восстановительные свойства металлов коррелируют с их положением в электрохимическом ряду напряжений. Вместе с тем, анализ различных экспериментальных данных позволяет увидеть некоторые противоречия между «теорией» и «практикой». Рассмотрите приведенные ниже случаи и объясните их:

а) Как известно, восстановительные свойства простых веществ возрастают при движении вниз по группе периодической системы. Вместе с тем, в ряду напряжений литий находится левее калия и натрия, калий – левее цезия.

б) железо находится в ряду напряжений левее меди, однако водный раствор хлорного железа растворяет металлическую медь;

в) медь находится в ряду напряжений правее водорода, однако выделяет водород из водного раствора иодоводорода и из раствора хлороводорода в ацетонитриле ($\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N}$).

№2

При растворении в воде 3,00 г бесцветного кристаллического вещества А выделилось 4,98 л (н.у.) газа Б с плотностью 89 мг/л и образовался мутный раствор. Через полученный раствор пропустили углекислый газ – при этом выпал бесцветный студенистый осадок В, растворимый как в кислотах, так и в щелочах. Осадок отфильтровали, прокалили до постоянной массы и взвесили, масса его после прокаливания составила 2,83 г. Фильтрат прокипятили и выпарили, полученный остаток представлял собой индивидуальное вещество Г.

А) Определите вещество А. Приведите его название.

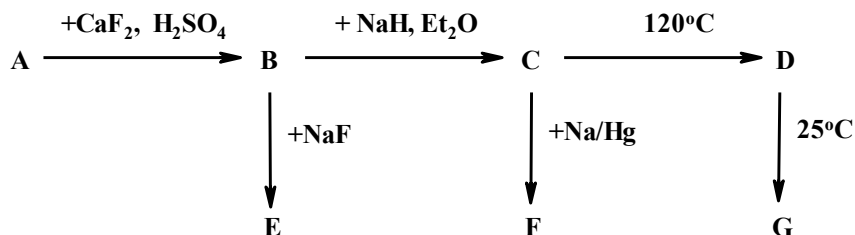
Б) Напишите уравнения описанных реакций.

В) предложите метод синтеза вещества А из простых веществ.

Г) Что получится при взаимодействии вещества А с ацетофеноном (метилфенилкетон), метилформиатом?

№3

Ниже приведена схема превращений соединений элемента X



Известно, что A – слабая кислота, F – сильный восстановитель, D и G – бинарные соединения элемента X, содержащие 17,05 и 18,94 % (массовых) водорода, соответственно. Соединение A при нагревании с “*aqua vita*” и небольшим количеством купоросного масла горит зелёным пламенем.

- 1) Определите элемент X.
- 2) Определите вещества A – G и напишите все уравнения реакций.
- 3) Какие процессы протекают при растворении кислоты A в воде?
- 4) Предложите пространственную структуру молекулы G.
- 5) Предложите два метода синтеза вещества C кроме приведённого в схеме.
- 6) Напишите уравнение реакции кислоты A с фторидом натрия.

№4

В ампулу объемом 100 мл поместили 10,00 г карбоната лития, запаяли под вакуумом и нагрели до 600 °С. При этом давление в ампуле составило 2602 мм рт. ст.

Если в такую же ампулу поместить 10,00 г графита и заполнить ее углекислым газом при атмосферном давлении, а затем запаять и нагреть от 25 °С до 600 °С, то давление в ампуле возрастает в 3,38 раз, при этом масса твердого вещества уменьшится на 0,006 г.

Как изменится в обоих опытах давление, если а) уменьшить массу твердого вещества вдвое? б) увеличить объем ампулы в 2 раза? Дайте обоснованный качественный ответ.

При проведении расчетов термическим расширением материала ампулы пренебречь. Считать объем твердой фазы пренебрежимо малым по сравнению с объемом ампулы.

№5

Восстановление ароматических соединений под действием щелочных металлов в жидких безводных алкиламинах (реакция Бенкезера) позволяет в зависимости от условий

проведения реакции получать различные соединения. Например, реакция нафталина с литием в этиламинe при $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ дает смесь двух изомерных соединений (**A** и **B**). Каждый из продуктов (**A** и **B**) легко реагируют с бромом, образуя продукты **C** и **D**, содержащие по 53,98% Br (по массе). Озонирование **A** и **B** дает изомерные продукты **E** и **F**, соответственно. Взаимодействие 0,1346 г вещества **F** с аммиачным раствором оксида серебра приводит к выделению 0,1726 г серебра. Вещество **E** с аммиачным раствором оксида серебра не реагирует.

1. Установите строение соединений **A – F**.
2. Напишите схемы указанных в задаче превращений.
3. Какой из продуктов (**A** или **B**) образуется в большем количестве и почему?
4. Почему, по Вашему мнению, введение алкильных заместителей в молекулу нафталина приводит к снижению скорости реакции?
5. С какой целью при проведении озонирования в реакционную смесь добавляют какой-нибудь восстановитель?

№6

Смесь паров веществ **X** и **Y** в соотношении 1:3 (по объему) имеет плотность по водороду 33,25, а в соотношении 3:1 – 45,75. Эмульсию 4,78 г сополимера **Z**, образованного веществами **X** и **Y**, обработали раствором брома в четыреххлористом углероде. При этом в реакцию вступило 8,00 г брома. Вычислите соотношение звеньев **X** и **Y** в **Z**.

В результате длительного нагревания **X** и **Y** в толуоле образуется соединение **A**, при дегидрировании которого можно получить углеводород **B** с массовой долей углерода 93,51%.

Изобразите структурные формулы **A**, **B**, **X**, **Y**.

№7

Смесь алкана и алкена с равным числом атомов водорода в молекулах общим объемом 3,92 л (н.у.) пропустили последовательно через склянки со слабощелочным раствором перманганата калия и с бромной водой. Масса первой склянки увеличилась на 0,7 г, а второй – на 1,4 г. Относительная плотность по водороду смеси газов на выходе из второй склянки составила 18. Вычислите массовые доли углеводородов в исходной смеси.

11 класс

Авторы заданий – Миссюль А.Б. (№ 1), Гусев И.М. (№ 2), Скрипкин М.Ю. (№ 3), Байгозин Д.В. (№№ 4-6), Ростовский Н.В. (№ 7)

№1

Работа литий-ионных аккумуляторов основана на обратимом переносе ионов лития между катодом и анодом. Типичная конструкция содержит в качестве анодного материала графит, в качестве катодного – LiCoO_2 .

Определите, какие вещества образуются при зарядке такого аккумулятора, если известно, что:

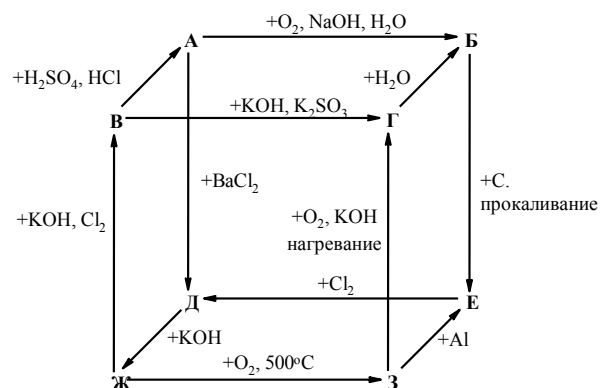
1. При взаимодействии 100 мг заряженного анодного материала с водой образуется 14,18 мл (н.у.) газа.

2. При обработке 100 мг заряженного катодного материала избытком соляной кислоты и пропускании полученного газа через водный раствор KI образуется раствор, на титрование которого расходуется 15,9 мл 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Емкость аккумулятора смартфона Samsung Galaxy SIII составляет 2100 мА·ч, а вес телефона 133 г. Какие массы графита и LiCoO_2 необходимо взять, чтобы получить аккумулятор такой емкости? (Побочными процессами в аккумуляторе пренебречь.) Какую долю массы телефона составляют материалы аккумулятора?

№2

Ниже приведена схема превращений элемента Е, соединения которого играют важнейшую роль в процессе фотосинтеза. Известно, что взаимодействием минерала Б с "морской" кислотой было впервые получено простое вещество, кислородсодержащие соединения которого широко используются в качестве отбеливателя. Соединение В кроме Е содержит 24,7 % массовых долей калия и 40,5% кислорода. Определите вещества А – З, напишите все уравнения реакций.



№3

При определении состава газообразных соединений нередко реакцию проводят непосредственно в масс-спектрометре с последующей идентификацией присутствующих в газовой фазе молекулярных ионов по значениям m/z (отношение массы молекулярного иона (а.е.м.) к его заряду (в единицах e)). При этом прибор обычно калибруется таким образом, чтобы определять только положительные значения m/z при $z=1$.

В масс-спектрометр ввели пары двух простых веществ. При этом зарегистрировали две группы сигналов со значениями m/z 162 и 164, вторую – со значениями m/z 464, 466, 468, 470, 472, 474 и 476.

- А) определите, какие вещества были введены в масс-спектрометр;
- Б) определите, какие продукты образовались при взаимодействии этих веществ;
- В) какова пространственная структура этих продуктов? Ответ аргументируйте;
- Г) каково соотношение интенсивностей двух крайних сигналов внутри этих двух групп?
- Д) Какие новые группы сигналов будут регистрироваться при повышении температуры в масс-спектрометре?

№4

В органическом синтезе важное значение имеют доступные высокоактивные реагенты. К ним относится вещество **X**, легко получаемое при взаимодействии метилового эфира муравьиной кислоты и пентахлорида фосфора. **X** вступает в реакции со многими органическими веществами. Некоторые реакции и свойства образующихся органических продуктов приведены в таблице:

Реакция	Продукт	Массовая доля углерода в продукте, %	Температура кипения продукта, °C	Некоторые свойства продукта
$\text{HCOOCH}_3 + \text{PCl}_5$ при 20°C	X	20,89	85	Положительная проба Бейльштейна
$\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{X}$	A	30,60	50	Положительная проба Бейльштейна. Бурно реагирует с водой

$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3 + \text{X}$	В	31,89	68	Положительная проба Бейльштейна
$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{X} + \text{TiCl}_4$, затем H_2O	С	79,23	178	Отрицательная проба Бейльштейна. Легко окисляется.
$\text{CH}_3\text{ONa} + \text{X}$	Д	45,27	101	Отрицательная проба Бейльштейна. Легко гидролизуеться водными растворами кислот, но не щелочей

Примечание. Проба Бейльштейна: медная проволочка, смоченная веществом, вносится в пламя горелки. Проба положительна, если пламя окрашивается в голубовато-зеленый цвет.

1. Какой реагент обозначен буквой **X**? Предложите еще один способ его синтеза.
2. Какие вещества обозначены буквами **A–D**? Напишите схемы соответствующих превращений.
3. Какова предположительная структура продукта взаимодействия **X** с C_6H_6 до взаимодействия с H_2O ?
4. Объясните химическую основу пробы Бейльштейна.

№5

Алкилсульфаты являются важными поверхностно-активными веществами, но их широкое использование приводит к загрязнению окружающей среды. Основным процессом их разрушения в природе является гидролиз, исследование которого представляет большой интерес. Для исследования зависимости кинетики гидролиза от pH среды был выбран неопентилсульфат калия, $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{OSO}_3\text{K}$ (**I**). Результаты исследования оказались достаточно неожиданными.

Во-первых, если при гидролизе в кислой среде образовывался ожидаемый неопентиловый спирт, то в нейтральной или щелочной – изомерный продукт (**II**). При небольшом нагревании с водным раствором серной кислоты **II** образует газообразный продукт **III**, озонирование которого дает смесь **IV** и **V**, причем **IV** является популярным растворителем.

Во-вторых, наблюдаемая константа скорости реакции гидролиза **I** зависела от pH и имела значение $k_{\text{набл}} = 2,3 \cdot 10^{-1} \cdot c_{\text{H}^+} + 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$.

1. Определите строение продукта гидролиза **I** в нейтральных и щелочных средах. Напишите уравнения всех упомянутых в задаче превращений.

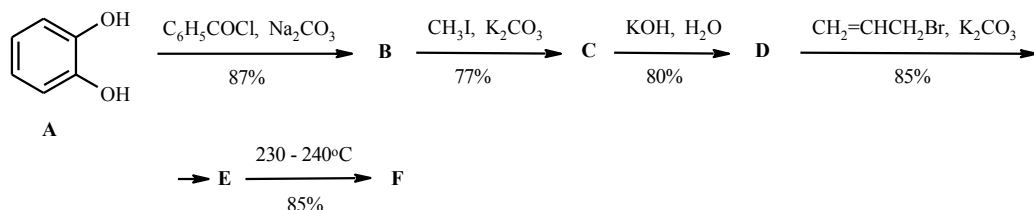
2. Постройте график зависимости $\lg k_{\text{набл}}$ от pH в диапазоне от 2 до 10, объясните его вид.

3. Напишите кинетические уравнения для гидролиза **I** в неопентиловый спирт, соединение **II** и суммарное кинетическое уравнение гидролиза **I**. Определите соотношение неопентилового спирта и продукта **II** при pH 5.

4. Объясните, почему попадание некоторых бактерий в почву резко ускоряет разложение присутствующих в почве алкилсульфатов.

№6

В рамках программы поиска интересных для парфюмерной промышленности соединений был синтезирован *o*-эвгенол (**F**) – изомер природного эвгенола. Синтез был осуществлен по схеме:



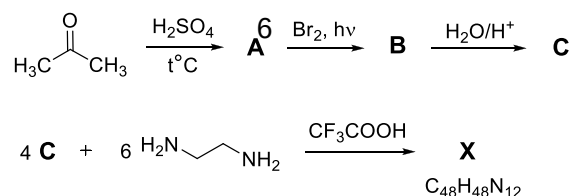
Вещества **A**, **B**, **D**, **F** дают характерное окрашивание при взаимодействии с раствором FeCl_3 , вещества **C** и **E** – нет. Соединения **E** и **F** являются изомерами с молекулярной формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$. Для установления точной структурной формулы *o*-эвгенола его обработали сначала безводным хлористым водородом, а образовавшееся производное (**G**) – спиртовым раствором KOH . Образовавшийся продукт (**H**) имеет молекулярную формулу $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ и не взаимодействует с раствором FeCl_3 .

1. Установите строение *o*-эвгенола и соединений **B–E** и **G–H**.

2. Рассчитайте общий выход *o*-эвгенола.

3. Почему при добавлении раствора FeCl_3 к некоторым веществам образуются окрашенные растворы?

Поиск и синтез пористых органических молекул является актуальной задачей для получения металл-органических пористых полимеров. Вещество **X** – возможная основа для таких материалов. Синтез **X** описывается следующей схемой:



Соединение **A** (углеводород, содержащий 90 % углерода) имеет два, а вещество **X** – три типа атомов водорода (по данным спектров ЯМР ^1H). Вещество **B** содержит 80.8 % брома.

Вопросы.

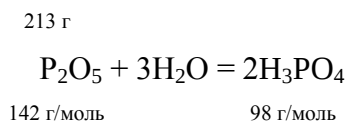
1. Расшифруйте схему синтеза **X** и напишите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C** и **X**.
2. Возможно ли использование на стадии **B** – **C** раствора щёлочи?
3. Какова роль CF_3COOH на стадии получения **X**?

Решения заданий теоретического тура заключительного (городского) этапа

8 класс

№1

При растворении P_2O_5 в воде происходит реакция с образованием фосфорной кислоты:

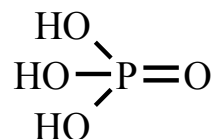


Из 213 г P_2O_5 получается: $m(H_3PO_4) = 213 \cdot 2 \cdot 98 : 142 = 294 \text{ (г)}$

Масса раствора фосфорной кислоты: $m(\text{раствора } H_3PO_4) = 294 : 0,49 = 600 \text{ (г)}$.

Суммарная масса исходных веществ тоже равна 600 г. Следовательно, масса взятой воды равна: $m(H_2O) = 600 - 213 = 387 \text{ (г)}$

Структурная формула фосфорной кислоты:



№2

Запишем формулу неизвестного бромида в виде $ЭBr_n$.

Пусть атомная масса неизвестного элемента равна x , тогда молекулярная масса бромида равна $x + 80n$.

Тогда $(x + 80n) : x = 5$. Отсюда $x = 20n$.

При $n=1$ $x = 20$. Такого элемента нет.

При $n=2$ $x = 40$. Это – кальций.

При $n \geq 3$ решений нет.

Искомое соединение – бромид кальция, $CaBr_2$.

№3

Пусть молекулярная масса CO_2 в системе Берцелиуса равна x . Так как отношение молекулярных масс не зависит от выбора единиц измерения, то можно записать соотношение:

$$44:16 = x:100. \text{ Тогда } x = 275.$$

№4

Молярная масса простого вещества равна: $M = m \cdot N_A = 1,18 \cdot 10^{-22} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 71$ (г/моль).

Это – хлор (Cl_2).

Реакции, о которых говорится в условии задачи:



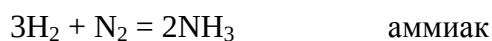
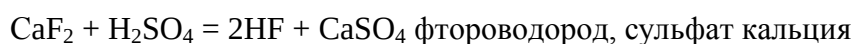
№ 5

1 – а. 2 – б. 3 – б. 4 – б. 5 – в. 6 – б. 7 – б. 8 – а. 9 – в. 10 – б.

№6

Предположим, что взято 100 г раствора. Он содержит 10 г CuSO_4 и 90 г воды. Эти массы соответствуют $10:160 = 0,0625$ моль CuSO_4 и $90:18 = 5$ моль H_2O . Отношение $n(\text{CuSO}_4):n(\text{H}_2\text{O}) = 5: 0,0625 = 80$. То есть в растворе на каждый моль CuSO_4 приходится 80 моль воды.

№7



$\text{Ba} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ гидроксид бария, водород

$\text{Ca} + \text{Br}_2 = \text{CaBr}_2$ бромид кальция

$\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3$ силикат натрия

$4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ оксид фосфора(V)

$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 = \text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ оксид меди(II), диоксид углерода, вода.

9 класс

№1

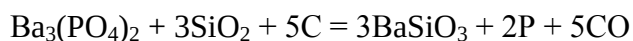
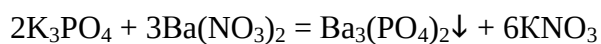
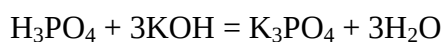
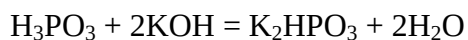
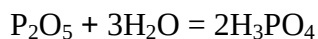
Поделив массовые доли на атомные массы, находим целочисленный атомный состав минералов:

1. $\text{H}_2\text{O}_8\text{C}_2\text{Cu}_3 \rightarrow 2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ - азурит
2. $\text{O}_6\text{C}_2\text{MgCa} \rightarrow \text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ - доломит
3. $\text{H}_6\text{O}_7\text{ClSMgK} \rightarrow \text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ - каинит
4. $\text{H}_{12}\text{O}_6\text{Cl}_3\text{MgK} \rightarrow \text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - карналлит
5. $\text{S}_4\text{Fe}_2\text{Cu}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{S}$ - халькопирит (медный колчедан)

Уравнения реакций:

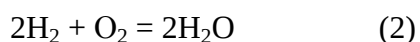
1. $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CuCl}_2 + 2\text{CO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (обычные условия)
 $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 = 3\text{CuO} + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (нагревание)
2. $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 + 4\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (обычные условия)
 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 = \text{MgO} + \text{CaO} + 2\text{CO}_2\uparrow$ (нагревание)
3. $2[\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}] + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} = 2\text{MgSO}_4 + \text{KHSO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ (обычные условия)
 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O} = \text{KCl} + \text{MgSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ (нагревание)
4. $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} = \text{MgSO}_4 + \text{KHSO}_4 + 3\text{HCl}\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ (обычные условия)
 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \text{KCl} + \text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (нагревание)
5. $\text{Fe}_2\text{S}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{S} + 6,5\text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CuO} + 4\text{SO}_2$ (нагревание)
(при $t > 800^\circ\text{C}$ CuO разлагается до Cu_2O)
 $3[\text{Fe}_2\text{S}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{S}] + 40\text{HNO}_{3(\text{разб.})} = 6\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 12\text{S} + 10\text{NO} + 20\text{H}_2\text{O}$ (обычные условия)

№2



№3

Уравнения реакций горения метана и водорода:



Объем метана в смеси - X л

Объем водорода в смеси - Y л

$$X + Y = A$$

Общий расход кислорода: (B – C) (л)

Объем кислорода на метан: 2X (л)

Объем кислорода на водород: 0,5Y (л)

$$\text{Тогда: } 2X + 0,5Y = B - C$$

Получаем систему двух уравнений:

$$X + Y = A$$

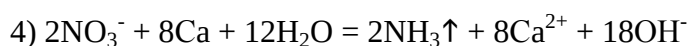
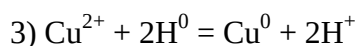
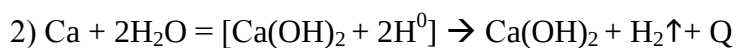
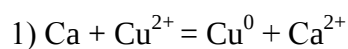
$$2X + 0,5Y = B - C$$

Решая эту систему, находим:

$$\text{Объемная доля метана } (\varphi): X/A \cdot 100\% = [2(B - C) - A] : 3A \cdot 100\%$$

$$\text{Объемная доля водорода } (\varphi): Y/A \cdot 100\% = 2(2A - B + C) : 3A \cdot 100\%$$

№4



- 5) $2\text{NO}_3^- + 5\text{Ca} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2\uparrow + 5\text{Ca}^{2+} + 12\text{OH}^-$
 6) $2\text{NO}_3^- + 4\text{Ca} + 5\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2\text{O}\uparrow + 4\text{Ca}^{2+} + 10\text{OH}^-$
 7) $2\text{NO}_3^- + 3\text{Ca} + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{NO}\uparrow + 4\text{Ca}^{2+} + 8\text{OH}^-$
 8) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$
 9) $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$
 10) $2\text{CuO} + 2\text{H}^0 = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

№5

А). Под наночастицами принято понимать твердые частицы, размеры которых во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм.

Б). Как следует из условия задачи, ядро наночастицы представляет собой шар из золота

Его масса составит $50 \cdot 197 / (6,02 \cdot 10^{23}) = 1,64 \cdot 10^{-20}$ г

Объем ядра составит $1,64 \cdot 10^{-20} / 19,32 = 8,49 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 = 8,49 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3 = 0,849 \text{ нм}^3$

Объем шара связан с его радиусом в соответствии с формулой

$$V = 4/3 \cdot \pi \cdot R_1^3$$

Тогда $R_1 = 0,587 \text{ нм}$

Серебро образует шаровой слой с радиусом R_2 . Его масса составит $50 \cdot 108 \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 8,97 \cdot 10^{-21}$ г

Объем шарового слоя составит $8,97 \cdot 10^{-21} / 10,50 = 8,543 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 = 8,543 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3 = 0,8543 \text{ нм}^3$

Объем шарового слоя может быть вычислен в соответствии с формулой

$$V = 4/3 \cdot \pi \cdot R_1^3 - 4/3 \cdot \pi \cdot R_2^3 = 4/3 \cdot \pi \cdot (R_2^3 - R_1^3)$$

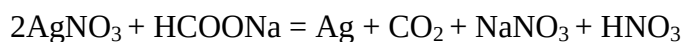
$R_2 = 1,017 \text{ нм}$

Радиус наночастицы составляет 1,017 нм.

В) В первую очередь следует получить «ядро» наночастицы. Для этого раствор HAuCl_4 нагревают с восстановителем – формиатом натрия:



Затем в полученную суспензию вводят ляпис:



№6

1. В открытых сосудах нельзя хранить:

А) Летучие вещества (спирт, эфир, бром, иод);

Б) Растворы газов и летучих веществ (раствор аммиака, соляную кислоту, бромную воду, иодную настойку);

В) Вещества, реагирующие с газами, входящими в состав воздуха (кислород, углекислый газ, пары воды): гигроскопичные вещества (оксид фосфора (5), серная кислота, хлорид кальция); щелочи и их растворы; активные металлы (щелочные и щелочноземельные, их оксиды и гидроксиды); растворы сульфитов и сульфидов.

2. На свету нельзя хранить реагенты, которые разлагаются под действием света. Такие реагенты обычно хранят в склянках из темного стекла (пероксид водорода, некоторые галогениды, иодоводородная кислота, хлорная вода, нитрат серебра).

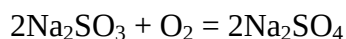
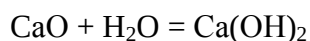
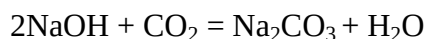
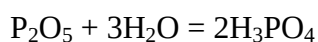
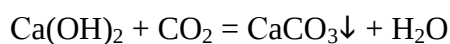
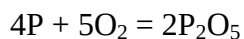
3. Несовместимость по химической природе многих реагентов выражается в том, что при их случайном соприкосновении могут происходить различные реакции с образованием веществ :

а) поддерживающих горение; б) со значительным экзотермическим эффектом;

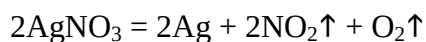
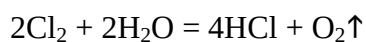
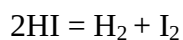
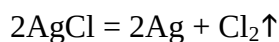
в) взрывоопасных или ядовитых (токсичных) веществ.

Уравнения реакций:

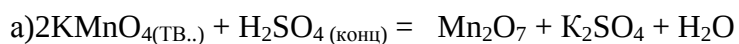
К п. 1. В):



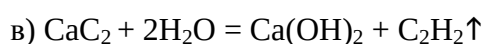
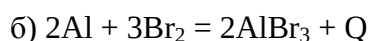
К п. 2 :

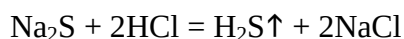
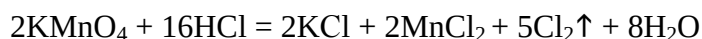


К п. 3 :



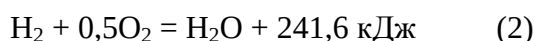
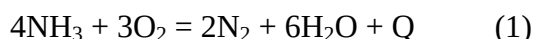
Полученный Mn_2O_7 неустойчив ($2Mn_2O_7 = 4MnO_2 + 3O_2$). При соприкосновении с горючими веществами воспламеняет их (возможно со взрывом).





№7

Уравнения реакций горения:



Для расчета состава смеси необходимо определить, полностью ли аммиак вступил в реакцию горения. По условию при добавлении водорода теплоты выделилось больше, чем при сжигании аммиака без него. Отсюда делаем вывод, что кислород в смеси был в избытке.

По следствию из закона Гесса, находим тепловой эффект реакции горения аммиака:

$$Q_{\text{(реакц.)}} = 6q(\text{H}_2\text{O}) - 4q(\text{NH}_3) = 6 \cdot 241,6 - 4 \cdot 46,1 = 1265,2 \text{ (кДж)}$$

По уравнению (1) рассчитываем объем аммиака в смеси:

$$1265,2 \text{ кДж выделяются при горении } 4 \cdot 22,4 \text{ (л) } \text{NH}_3$$

$$94,95 \text{ кДж} \quad \ll \quad X \text{ (л) } \text{NH}_3$$

Решая эту пропорцию, находим объем NH_3 в смеси:

$$(4 \cdot 22,4 \cdot 94,95) : 1265,2 = 6,72 \text{ (л)}$$

Объемная доля NH_3 равна: $6,72 : 16,8 = 0,40$ или **40%**

Объемная доля O_2 : **60%**

10 класс

№1

Прежде всего, следует иметь в виду, что ряд напряжений отражает не восстановительные свойства металлов вообще, а их восстановительную способность в условиях превращения металл $\rightarrow$ ион металла в водном растворе (т.е., гидратированный ион металла). При этом рассматривается низшая устойчивая в водном растворе степень окисления металла.

Тогда:

А) Вследствие относительно высокой плотности заряда иона лития он будет очень эффективно связывать молекулы воды, что приводит к выделению большого количества энергии. Этот эффект перекрывает большую невыгодность отрыва электрона от лития по сравнению с калием. Для пары калий – цезий наблюдается аналогичная ситуация.

Б) Имеется в виду раствор трихлорида железа, а в ряду напряжений положение железа соответствует процессу $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. Пара же $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ находилась бы правее меди.

В) При взаимодействии меди с иодоводородом образуется малорастворимый осадок моноиодида, что также сдвигает псевдоравновесие $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+$ вправо. Ион меди намного сильнее сольватируется ацетонитрилом, нежели водой, что также будет сильно сдвигать вправо указанное псевдоравновесие, а следовательно, будет смещать влево положение меди в ряду напряжений

№2

Определим молярную массу выделившегося газа. Она составляет

$89 \cdot 22,4 / 1000 = 2$ (г/моль). Следовательно, выделяющийся газ – водород.

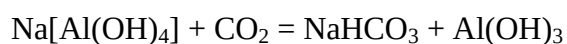
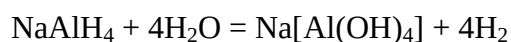
По условию задачи при взаимодействии исходного вещества с водой помимо газа образовался мутный раствор, при пропускании через который углекислого газа выпал осадок, растворимый как в кислотах, так и в щелочах. Очевидно, что речь идет о выпадении амфотерного гидроксида, первоначально частично растворенного в щелочи. Можно предположить, что в состав исходного соединения входили щелочной металл, водород и либо металл 13 группы (алюминий, галлий, индий), либо цинк (именно эти металлы образуют бесцветные амфотерные гидроксиды).

Поскольку количество моль выделившегося водорода обязательно будет равно количеству присутствующего в веществе гидридного водорода, можно составить следующие соотношения:

Оксид	Количество металла (моль)	Количество водорода (моль)	Формула	Молярная масса щелочного металла (г/моль)
Al_2O_3	0,0555	0,222	MAlH_4	23 (Na)
Ga_2O_3	0,0302	0,222	$\text{M}_{4,35}\text{GaH}_{7,35}$	5,12 (–)
In_2O_3	0,0102	0,222	$\text{M}_{18,76}\text{InH}_{21,76}$	8,40 (–)
ZnO	0,0348	0,222	$\text{M}_{4,38}\text{ZnH}_{6,38}$	19,35 (–)

Таким образом, искомое вещество – NaAlH_4 , тетрагидридоалюминат натрия (аланат натрия, алюмогидрид натрия).

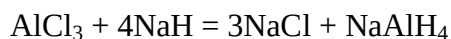
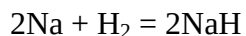
Реакции:



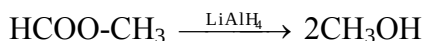
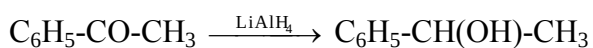


Синтез тетрагидридоалюмината натрия можно проводить двумя способами:

А) прямой синтез из алюминиевой пудры и измельченного натрия, суспензированных в тетрагидрофуране, при пропускании водорода под давлением;

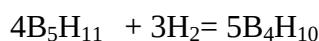
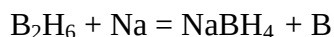
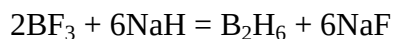
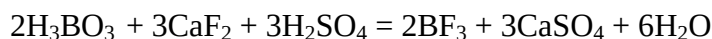
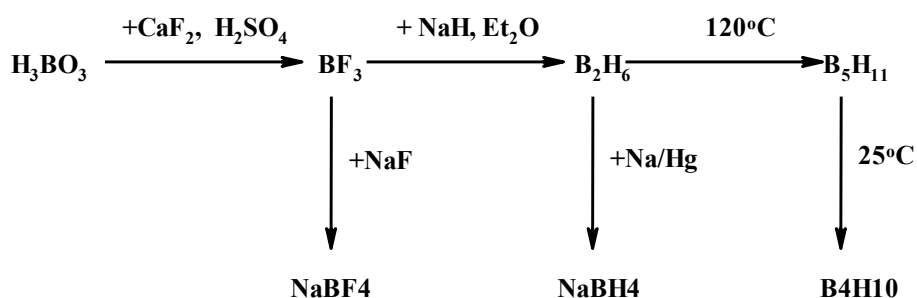


Вследствие присутствия гидридного водорода данное соединение является хорошим восстановителем, восстанавливает карбонильные соединения до спиртов. Соответственно, из ацетофенона получается вторичный спирт. Сложные эфиры восстанавливаются алюмогидридом натрия с разрывом С-О связи и образованием двух молекул спирта:



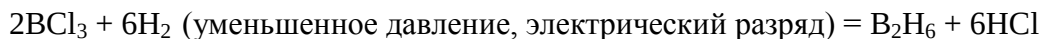
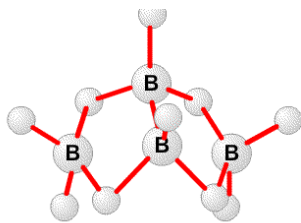
№3

1) X – В. На это отчетливо указывает качественная реакция – горение зеленым пламенем продуктов взаимодействия борной кислоты со спиртом в присутствии серной кислоты.

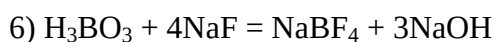


3) Борная кислота H_3BO_3 в водном растворе присоединяет молекулу воды превращаясь в следующий ассоциат $\text{H}[\text{B}(\text{OH})_4]$, который имеет 1 кислый водород.

4)



Гидролиз сплава бора с магнием в H_3PO_4



№4

1. Определим, идет ли речь о равновесных или неравновесных процессах.



$n(\text{CO}_2) = pV/(RT) = (2602:760 \cdot 101325 \cdot 0,1:1000):(8,31 \cdot 873) = 0,0048$ моль, в то время как в ампулу было загружено 0,135 моль карбоната лития Константа равновесия указанного процесса выглядят следующим образом:

$$K_1 = P(\text{CO}_2) = 2602:760 = 3,42 \text{ (атм)}$$

Если уменьшить вдвое массу карбоната лития или вдвое увеличить объем ампулы, вещества все равно будут разлагаться не до конца. Следовательно, суммарное давление не изменится.

В случае графита совершенно очевидно, что в системе установилось равновесие между графитом, углекислым и угарным газом: $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$, так как графит израсходовался не до конца

Константа равновесия:

$$K_2 = P^2(\text{CO}):P(\text{CO}_2)$$

Для расчета численного значения константы равновесия определим количества газообразных веществ:

$$n(\text{CO}) + n(\text{CO}_2) = pV/(RT) = 3,38 \cdot 101325 \cdot 0,1:1000:(8,31 \cdot 873) = 0,00472 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}) = 2 n(\text{C}_{\text{прореаг}}) = 2 \cdot 0,006/12 = 0,001 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } n(\text{CO}_2) = 0,00372 \text{ моль}$$

$$P(\text{CO}) = 3,38 \cdot 0,001:0,00472 = 0,716 \text{ (атм)}$$

$$P(\text{CO}_2) = 3,38 \cdot 0,00372:0,00472 = 2,664 \text{ (атм)}$$

$$K_2 = 0,716^2:2,664 = 0,192 \text{ атм}$$

Если уменьшить вдвое массу графита, то он все равно взят в большом избытке. Количество вещества графита не входит в выражение для константы K_2 и, следовательно, давление в системе при 600°C останется таким же. Если вдвое увеличить объем ампулы, вещества все равно будут расходоваться не до конца. Следовательно, суммарное давление не изменится.

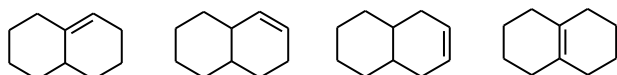
№5

Способность продуктов **A** и **B** взаимодействовать с бромом и озоном указывает на их непредельный характер. Молярная масса **C** и **D** может быть вычислена из данных по содержанию брома:

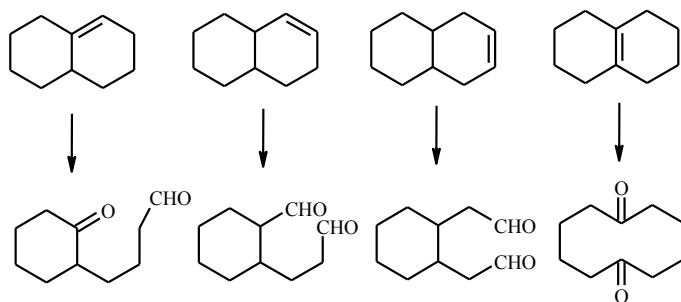
$$M(\text{C}) = M(\text{D}) = nM(\text{Br}) : \omega(\text{Br}), \text{ где } n - \text{число атомов брома в молекуле.}$$

При $n = 2$ $M(\text{C}) = M(\text{D}) = 2 \cdot 79,90 : 0,5398 = 296,04$. Эта молярная масса соответствует соединениям с формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{Br}_2$.

Очевидно, что соединения **A** и **B** имеют формулу $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ и содержат одну двойную связь. Таких изомерных углеводородов может быть 4:



Их озонирование приводит к соответствующим дикарбонильным соединениям:



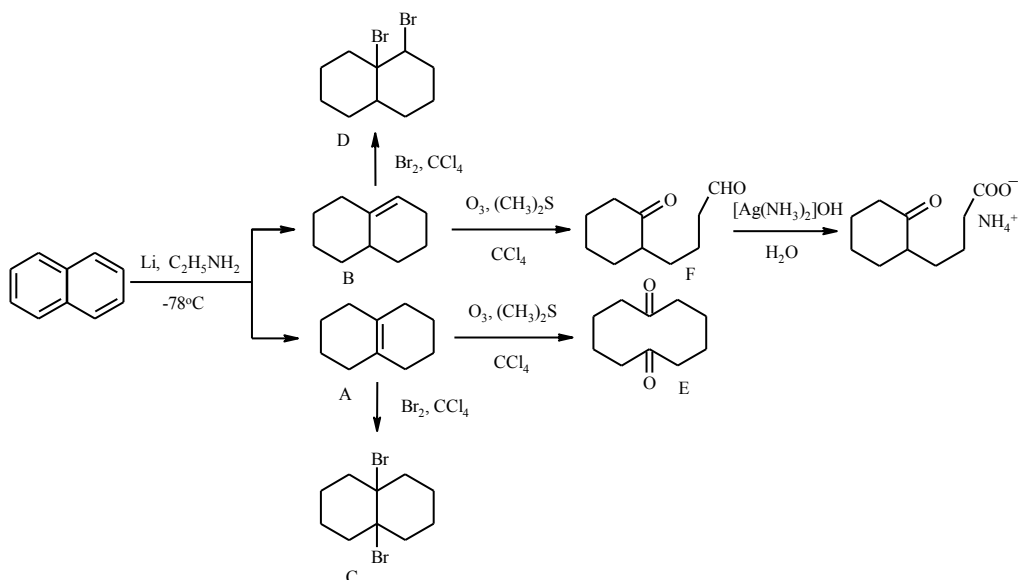
Реакция альдегидов с реактивом Толленса идет согласно уравнению:



то есть на каждую альдегидную группу выделяется 2 атома серебра.

В реакцию вступило $0,1346 : 168,24 = 0,0008$ моль вещества **F**, а выделилось $0,1726 : 107,87 = 0,0016$ моль серебра. Следовательно, в соединении **F** содержится только одна альдегидная группа, то есть **F** – это первый из представленных изомеров. Вещество **E** не имеет альдегидных групп, это – последний изомер.

Описанные в задаче превращения могут быть описаны схемой:



Изомер А должен образовываться в несколько большем количестве, так как он является наиболее замещенным алкеном из всех возможных октагидронафталинов, а следовательно, наиболее устойчивым.

На начальной стадии реакции литий передает свой электрон на молекулу нафталина. Введение алкильных заместителей, обладающих $+I$ -эффектами, повышает электронную плотность в ароматическом ядре нафталина, что затрудняет передачу электрона от восстановителя и уменьшает скорость реакции.

При озонировании выделяется перекись водорода, которая может окислять альдегиды и искажать результаты эксперимента. Поэтому ее разрушают подходящим восстановителем (Me_2S , Bu_3P , Zn и т.д.).

№6

Исходя из условия, составим систему:

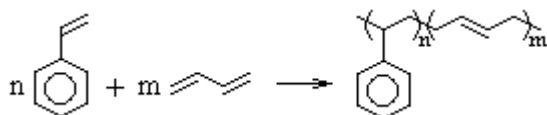
$$\begin{cases} 0,25M_1 + 0,75M_2 = 33,25 \cdot 2 \\ 0,75M_1 + 0,25M_2 = 52 \cdot 2, \end{cases}$$

где M_1 и M_2 – молярные массы X и Y соответственно. Решая, получим: $M_1 = 104$ г/моль и $M_2 = 54$ г/моль. Пусть X – C_xH_y , а Y – C_nH_m , тогда:

$$\begin{cases} y = 104 - 12x \\ m = 54 - 12n. \end{cases}$$

Перебирая натуральные значения для x и n, получим единственное рациональное решение: x = 8, n = 4 и X – C_8H_8 , а Y – C_4H_6 .

Схема сополимеризации:



$$M_{\text{сополимера}} = (104n + 54m) \text{ г/моль}$$

Вычислим число молей прореагировавшего Br_2 :

$$(160 \cdot 0,2 - 160x)/(160 + 4,78) = 0,1456, \text{ откуда } x = 0,05 \text{ моль.}$$

1 моль сополимера – $(104n + 54m)$ г присоединяет m моль Br_2

$$4,78 \text{ г} \quad \ll \quad 0,05 \text{ моль}$$

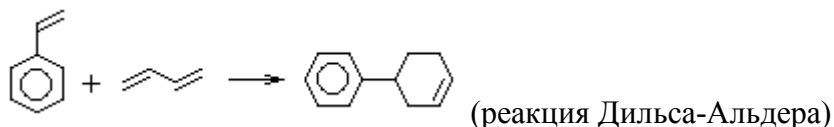
Следовательно, $(54m + 104n)/4,78 = m/0,05$, откуда $n : m = 2 : 5$.

Определим углеводород **В**:

$93,51/12 : 6,49 = 7,7925 : 6,49 = 1,2 : 1 = 6 : 5$, простейшая формула C_6H_5 . Истинная формула $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ (дифенил).



Тогда становится понятным структура вещества **А**, т.к. это, формально, частный случай при $n = m = 1$:



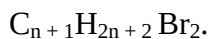
Только в этом случае можно прийти к **В**.

№7

Исходные углеводороды имеют формулы: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$; $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+2}$.

Их общее количество в смеси: $v(\text{смеси}) = 3,92 / 22,4 = 0,175(\text{моль})$

При пропускании исходной смеси через склянки с растворами KMnO_4 (OH^-); Br_2 (H_2O) в реакцию вступает только алкен с образованием веществ, находящихся в жидком состоянии: $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+2}(\text{OH})_2$ и



Масса, вступившего алкена в реакцию, равна $(0,7 + 1,4) = 2,1$ (г).

После реакций остались газообразные вещества с относительной плотностью по водороду 18. Их молярная масса равна: $D = M/M(\text{H}_2)$, $M = 18 \cdot 2 = 36$ (г/моль).

Алкана с такой молярной массой нет. Вывод: алкен вступил в реакции не полностью, смесь состоит из исходного алкана и оставшегося алкена.

В состав исходной смеси могут входить только C_2H_6 и C_3H_8 . $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30$ г/моль, $M(\text{C}_3\text{H}_8) = 44$ г/моль. Только эта смесь газов может иметь молярную массу 36 г/моль.

Определяем объемный состав смеси газов после реакции.

$v(\text{смеси}) = 1$ моль, $v(\text{C}_2\text{H}_6) = x$ моль, $v(\text{C}_3\text{H}_6) = (1 - x)$ моль

$30x + 42(1 - x) = 36$, $x = 0,5$ $\varphi\%(\text{C}_3\text{H}_6) = 50\%$ после реакции

Определяем $v(\text{C}_3\text{H}_6)$ вступившего в реакции:

$v(\text{C}_3\text{H}_6) = 2,1 / 42 = 0,05$ (моль).

$v(\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_6)$ осталось после реакций $= (0,175 - 0,05) = 0,125$ (моль)

Мольный состав этой смеси 50%, следовательно,

$v(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0625$ моль, $v(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,0625$ моль

$v(\text{C}_3\text{H}_6) = (0,0625 + 0,05) = 0,1125$ (моль) всего в исходной смеси газов.

Находим их массы и процентный состав.

$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0625 \cdot 30 = 1,875$ (г), $m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,1125 \cdot 42 = 4,725$. $m(\text{смеси}) = 6,6$ г

$\omega\%(\text{C}_2\text{H}_6) = 1,875 / 6,6 \cdot 100\% = 28,41\%$, $\omega\%(\text{C}_3\text{H}_6) = 71,59\%$.

Ответ: 28,41%, 71,59%.

11 класс

№1

Так как в ходе зарядки происходит перенос лития, можно обозначить образующиеся вещества как Li_xC и $\text{Li}_{1-y}\text{CoO}_2$.

1. $\text{Li}_x\text{C} + x \text{H}_2\text{O} = \text{C} + x \text{LiOH} + 0,5x \text{H}_2$

$v(\text{H}_2) = 0,633$ моль

$v(\text{Li}) = 1,266$ моль

$m(\text{Li}) = 8,787$ г

$m(\text{C}) = 91,213$ г

$v(\text{C}) = 7,594$ моль

$v(\text{C})$: $v(\text{Li}) = 5,998 \approx 6$, формула образующегося вещества LiC_6 .

2. В исходном катодном материале кобальт находится в степени окисления +3 и является сильным окислителем. Восстановление кобальта в ходе анализа протекает до наиболее устойчивой в водном растворе степени окисления +2.

На титрование выделившегося в ходе анализа иода затрачено $0,1 \cdot 15,9 = 1,59$ мэкв тиосульфата натрия. Следовательно, 100 мг заряженного катодного материала соответствуют 1,59 мэкв кобальта, при этом он находится частично в степени окисления +3, частично в

степени окисления +4, так как удаление части ионов лития должно компенсироваться увеличением заряда (окислением) кобальта. Поскольку молярная масса материала не может быть ниже 91 (CoO_2), то восстановлением кобальта до Co(III) такого количества эквивалентов кобальта добиться невозможно.

Запишем состав заряженного катодного материала как $\text{Li}_{1-y}\text{Co}^{\text{IV}}_y\text{Co}^{\text{III}}_{1-y}\text{O}_2$.

Тогда $v(\text{Co}) = 100 : ((1-y) \cdot 6,941 + 58,933 + 2 \cdot 15,999)$

С другой стороны,

$$1,59 = v(\text{Co}) \cdot (2 \cdot y + 1 \cdot (1-y))$$

Отсюда

$$1,59 / (1+y) = 100 : (97,872 - 6,941y)$$

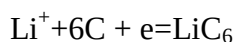
$$155,616 - 11,036y = 100 + 100y$$

$y = 0,5$, формула образовавшегося вещества $\text{Li}_{0,5}\text{CoO}_2$.

3. Переведем емкость аккумулятора в кулоны:

$$2100 \text{ мА} \cdot \text{ч} = 2,1 \text{ А} \cdot 3600 \text{ с} = 7560 \text{ Кл}$$

Следовательно, емкость аккумулятора $2100 \text{ мА} \cdot \text{ч}$ соответствует переносу $78,3 \text{ ммоль Li}$. По найденному ранее, реакции переноса имеют вид



Таким образом, необходимо $6 \cdot 78,3 \cdot 12,011 = 5643 \text{ мг} = 5,643 \text{ г}$ графита и

$$2 \cdot 78,3 \cdot 97,872 = 15327 \text{ мг} = 15,327 \text{ г LiCoO}_2.$$

4. Материалы аккумулятора составляют $(5,643 + 15,327) / 133 \cdot 100 = 15,8\%$.

№2

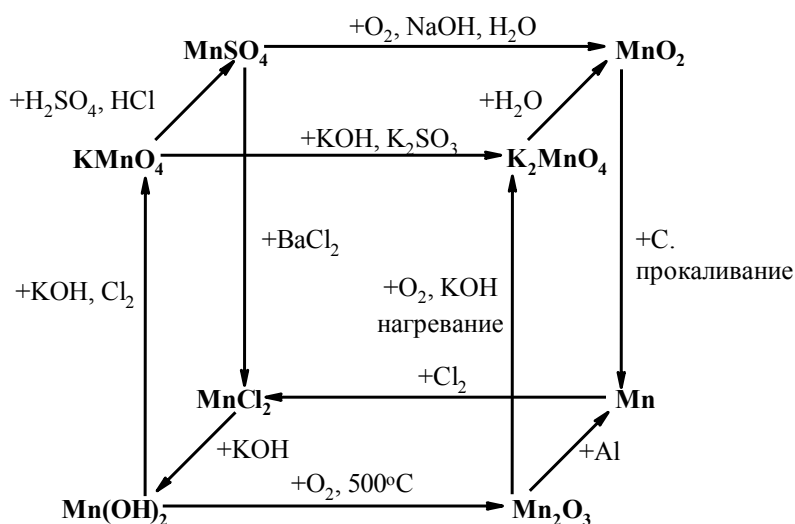
Определим индексы для элементов в формуле соединения В:

$$\frac{\omega(\text{K})}{M(\text{K})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{24,7}{39,1} : \frac{40,5}{16,0} = 0,632 : 2,531 = 1 : 4$$

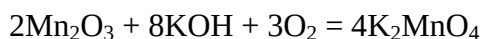
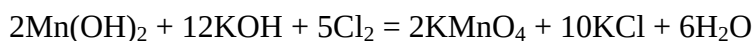
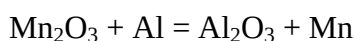
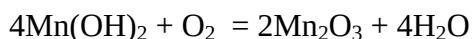
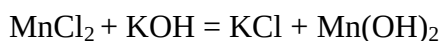
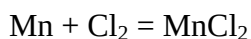
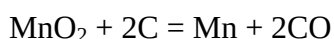
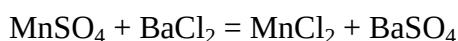
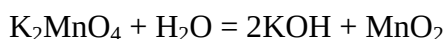
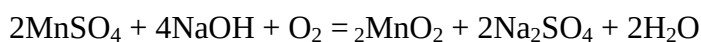
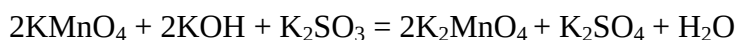
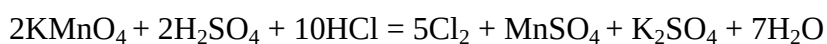
Следовательно, индексы при калии и кислороде равны 1 и 4.

Молекулярная масса соединения В равна $39,1 : 0,247 = 158,3$. На неизвестный элемент приходится $158,3 - 39,1 - 4 \cdot 16,0 = 55,2$. Это – марганец. Следовательно, В – это KMnO_4 .

В этом случае Е – это элементарный марганец. Формулы остальных соединений определяются при анализе превращений, приведенных на схеме:



Уравнения реакций:



№3

А) Очевидно, что простых веществ с такими значениями молекулярной массы не существует. Следовательно, обе группы пиков соответствуют двум образующимся веществам. Обозначим их формулы XY_a и XY_b . Тогда разность масс должна соответствовать атомной массе элемента Y, умноженной на разность индексов. Взяв в качестве истинных масс среднее арифметическое значение для каждой группы пиков, получаем $\Delta m = 307$. Анализ разных значений разности индексов не позволяет найти ни одного удовлетворительно решения.

Рассмотрим далее вариант соединений XY_a и X_2Y_{2b} . Тогда получаем $2a \cdot m(Y) - 2b \cdot m(Y) = 144$. То есть, $(a - b) \cdot m(Y) = 72$, что хорошо соответствует хлору при $a - b = 2$. Тогда второй элемент – иод. Две группы пиков соответствуют соединениям ICl и I_2Cl_6 .

В) Первая из молекул линейна (две точки всегда лежат на одной прямой). Доля определения структуры второй из них определим число электронных пар на валентных орбиталях иода. У него 7 собственных электронов, 3 электрона предоставляют на связь 3 атома хлора и еще одну электронную пару – один из мостиковых атомов хлора (в молекуле два атома иода соединены двумя мостиковыми атомами хлора). Итого на валентных орбиталях иода находится 12 электронов, т.е., 6 пар. Они будут располагаться в вершинах октаэдра. Поскольку две из этих пар являются неподеленными, они будут находиться напротив друг друга, а частица ICl_4 будет представлять собой квадрат. I_2Cl_6 – два квадрата с общим ребром.

Г) Интенсивность отдельных сигналов определяется распространенностью конкретных изотопов хлора. Как известно, иод моноизотопен (только ^{127}I), а хлор в природе представлен двумя изотопами – ^{35}Cl (75%) ^{37}Cl (25%). Тогда

Соотношение интенсивностей пиков 162 и 164 ($^{127}I^{35}Cl$ и $^{127}I^{37}Cl$) должно составлять 75:25, т.е., 3:1.

Соотношение интенсивностей пиков 464 и 476 ($^{127}I_2^{35}Cl_6$ и $^{127}I_2^{37}Cl_6$) составит:

$$75^6 : 25^6 = 729$$

Д) При повышении температуры будет происходить распад гексахлорида диода на мономеры. Появится группа сигналов ICl_3 с m/z 232, 234, 236 и 240.

№4

Положительные результаты пробы Бейльштейна указывают на то, что в молекулах соединений **X**, **A** и **B** содержатся атомы хлора.

Низкие температуры кипения продуктов (кроме **C**) указывают на их небольшие молекулярные массы.

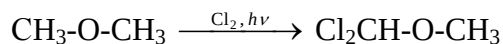
Вещество **X**: $M(X) = nM(C) : \omega(C)$, где n – число атомов углерода в молекуле.

При $n=1$ $M(X) = 12,01 : 0,2089 = 57,49$, что соответствует формуле $CH_{10}Cl$. Это невозможно.

При $n=2$ $M(X) = 114,98$. Молекула **X** может содержать 1 или 2 атома Cl , но при одном атоме хлора молекулярная масса не может быть целочисленной. Значит, имеем варианты: $C_2H_{20}Cl_2$, $C_2H_4OCl_2$. Первая формула невозможна, а вторая соответствует метилформиату, в

котором один атом кислорода замещен двумя атомами хлора: $\text{Cl}_2\text{CHOCH}_3$. Это – α,α -дихлордиметиловый эфир.

α,α -Дихлордиметиловый эфир можно получить также прямым хлорированием диметилового эфира:



Вещество **A**:

При $n=1$ $M(\text{A}) = 12,01:0,3060 = 39,25$, что невозможно, так как молекула содержит хлор.

При $n=2$ $M(\text{A}) = 78,50$. Единственная разумная формула – $\text{C}_2\text{H}_3\text{OCl}$. Это – хлорангидрид уксусной кислоты, $\text{CH}_3\text{-COCl}$.

Вещество **B**:

При $n=1$ $M(\text{B}) = 12,01:0,3189 = 37,66$.

Разумным является вариант с $n=3$ и $M(\text{A}) = 112,98$. Целочисленная молекулярная масса соответствует наличию двух атомов хлора в молекуле. Из возможных брутто формул реальной является $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$. Это – 2,2-дихлорпропан, $\text{CH}_3\text{-CCl}_2\text{-CH}_3$.

Вещество **D**:

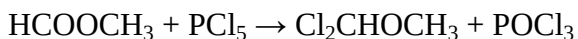
При $n=1$ $M(\text{D}) = 12,01:0,4527 = 26,53$. Так как атомов хлора в молекуле нет, то молекулярная масса должна быть целочисленной и четной. Это возможно только при $n=4$, тогда $M(\text{D}) = 106,12$. Тогда соответствующая брутто-формула $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$. Чтобы определить строение **D**, нужно обратить внимание на то, что по сравнению с **X** в **D** отсутствуют два атома хлора, но добавились 2 атома углерода и 6 атомов водорода, то есть две группы OCH_3 . Очевидно, что прошла реакция замещения с образованием $\text{HC}(\text{OCH}_3)_3$. Это – триэтилортоформиат.

В случае вещества **C** расчет дает при $n=1$ $M(\text{C}) = 12,01:0,7923 = 15,16$. Вероятнее всего, соединение **C** содержит бензольное кольцо, то есть $n \geq 6$.

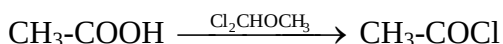
При $n=6$ $M(\text{C}) = 90,96$, но она должна быть четная.

При $n=7$ $M(\text{C}) = 106,12$, что соответствует формуле $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$. Это – бензальдегид, $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHO}$. Это подтверждается тем, что альдегиды легко окисляются.

Протекают следующие реакции:



X



A



B



Галогенорганические соединения, сгорая в пламени горелки, выделяют галогеноводород, который в окислительной части пламени взаимодействует с медью, образуя достаточно летучий CuCl_2 . Летучие соединения меди окрашивают пламя в зеленый цвет.

№5

II



Зависимость $\lg k_{\text{набл}}$ от рН выражается графиком:



Видно, что график состоит из двух прямолинейных отрезков с некоторым переходным участком. Причем в кислой области график является рН-зависимым, то есть скорость реакции линейно зависит от c_{H^+} . Таким образом, в щелочной среде скорость реакции описывается выражением $v = kc_I$, а в кислой – выражением $v = kc_I c_{H^+}$. Иными словами, при переходе из кислой в щелочную среду меняется общий порядок реакции и происходит смена механизма гидролиза.

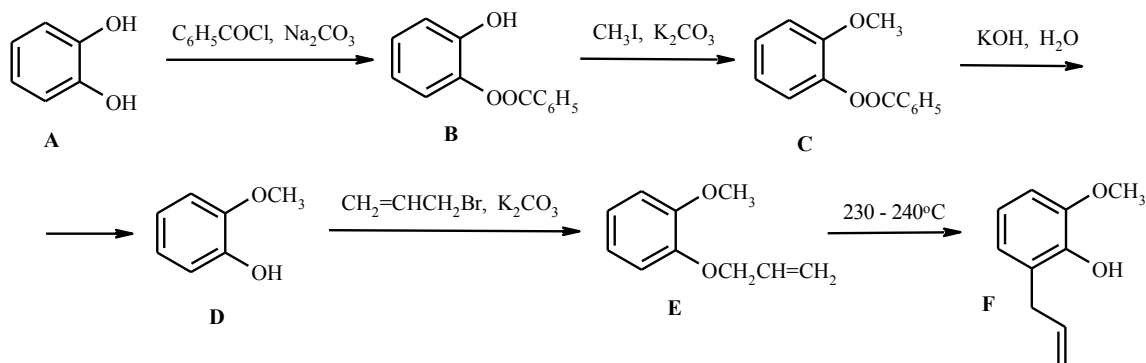
При рН = 5 реализуются оба механизма гидролиза. Если значение рН поддерживается постоянным, то в кислой среде реакция имеет псевдопервый порядок и значение $k = 2,3 \cdot 10^{-1} \cdot c_{H^+} = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$.

В этом случае $\frac{[\text{неопентанол}]}{[\text{трет-пентанол}]} = \frac{2,3 \cdot 10^{-6}}{2,7 \cdot 10^{-6}} = 0,85$, то есть при рН 5 продукт содержит 46% неопентанола и 54% трет-пентанола.

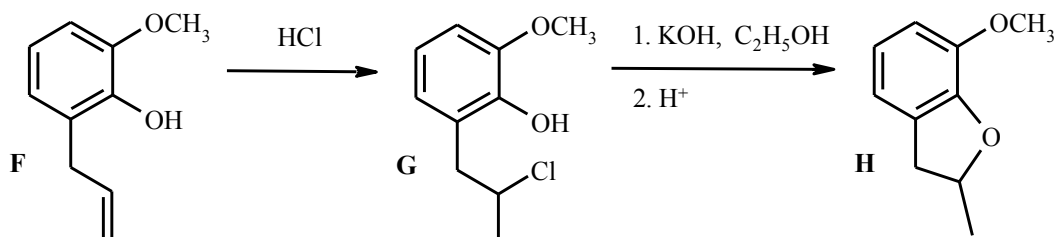
Ускорение гидролиза алкилсульфатов в присутствии бактерий, несомненно, связано с ферментативными процессами. Действительно, многие бактерии содержат фермент сульфатазу, которая увеличивает скорость гидролиза более чем на 20 порядков.

№6

Все реакции, входящие в схему синтеза *o*-эвгенола, протекают по фенольным группам:

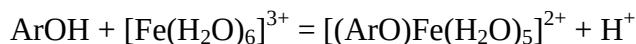


Строение *o*-эвгенола однозначно устанавливается за счет синтеза циклического эфира по схеме



Общий выход *o*-эвгенола в это синтезе составляет $0,87 \cdot 0,77 \cdot 0,80 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 100\% = 38,7\%$.

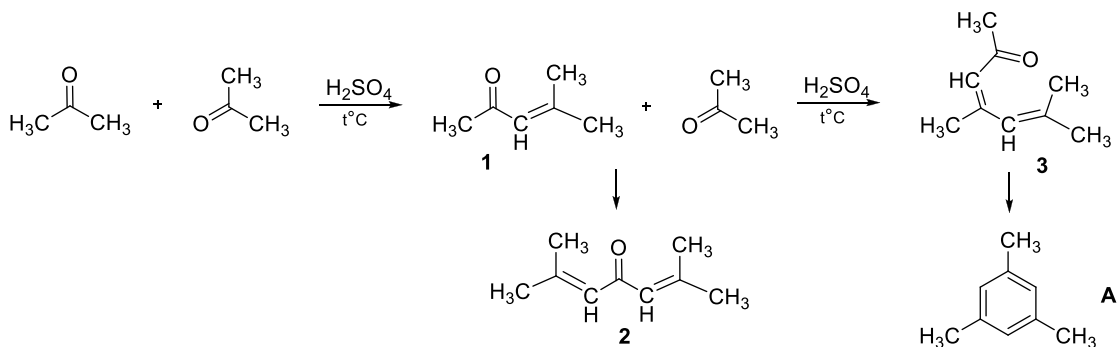
Растворы хлорного железа реагируют с фенольными гидроксильными группами, образуя комплексы различного состава, причем для появления окраски достаточно одного фенолятного лиганда:



№7

Рассчитаем состав углеводорода **A**. $\nu_{\square}(\text{C}): \nu_{\square}(\text{H}) = (90/12): ((100-90)/1) = 7.5:10 = 3:4$. Отсюда формула **A** – $(\text{C}_3\text{H}_4)_n$.

Так как в **A** кислорода не обнаруживается, то при действии серной кислоты на ацетон можно предположить выделение воды – это кротоновая конденсация. Однако при первом рассмотрении в случае образования ациклического соединения кислород должен сохраняться (соединения 1,2,3):

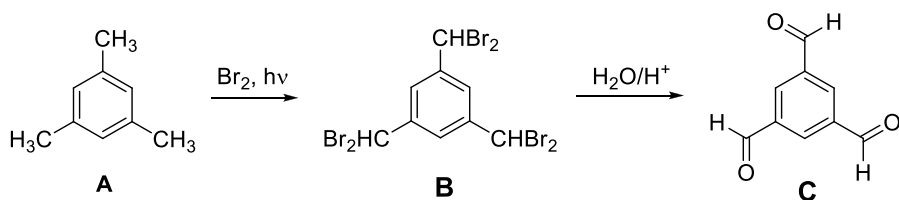


Нужный результат (вещество **A** – мезитилен, C_9H_{12}) даёт внутримолекулярная кротоновая конденсация соединения 3. Наличие только двух типов атомов водорода в **A** также удовлетворяет условию задачи.

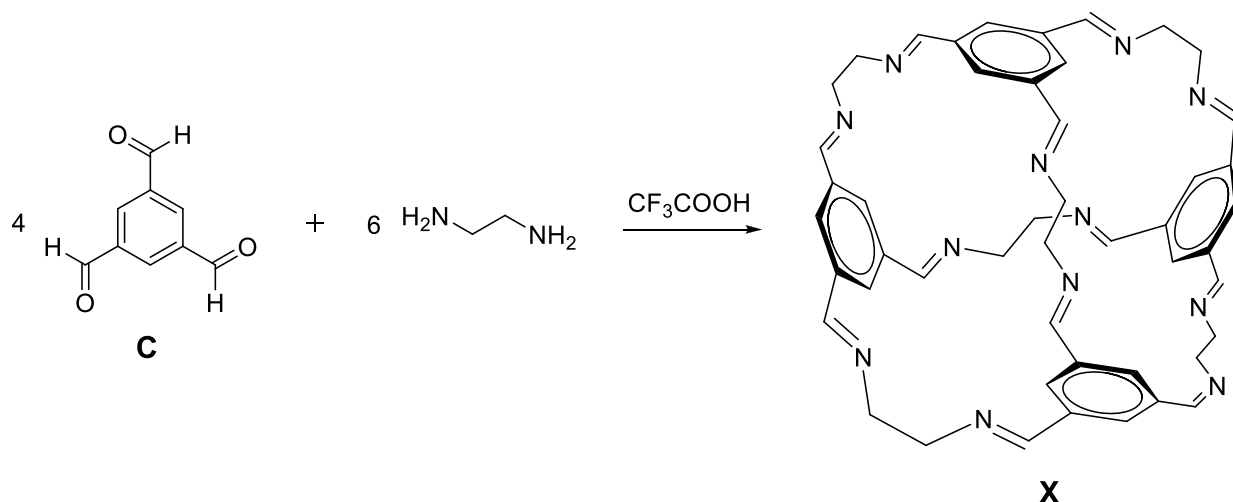
При бромировании на свету происходит радикальное замещение водорода на бром в метильной группе мезитилена, при этом углеродный скелет сохраняется, то есть остаётся 9 атомов углерода.

Рассчитаем степень замещения H на Br (k): $80k/(120-k+80k) = 0.808$, отсюда $16.168k = 96.96$ и $k = 6$. В каждой метильной группе произошло замещение двух атомов водорода на бром. Три атома водорода в метильной группе не могут заместиться на бром из-за стерических препятствий.

Гидролиз бромпроизводного **B** в кислой среде приводит к бензол-1,3,5-трикарбальдегиду **C**. Применение щелочного гидролиза в данном случае невозможно из-за чувствительности **C** к щёлочи (реакция Канницаро).



Реакция альдегидов и кетонов с первичными аминами приводит к образованию иминов (соединений со связью C=N) с выделением молекулы воды. Сумма атомов исходных веществ (4 молекулы альдегида и 6 молекул этилендиамина) – $\text{C}_{48}\text{H}_{72}\text{N}_{12}\text{O}_{12}$. При сравнении с брутто-формулой **X** $\text{C}_{48}\text{H}_{48}\text{N}_{12}$ видно, что в результате реакции выделяется 12 молекул воды. Наличие только трёх типов атомов водорода в **X** свидетельствует о высокой симметрии этой молекулы. Из-за наличия трёх альдегидных групп в **C** и двух аминогрупп в этилендиамене происходит сшивка с образованием **X**, имеющего полость внутри. Трифторуксусная кислота используется в качестве катализатора, активирующего альдегидную группу для присоединения атома азота этилендиамина.



Задания практического тура заключительного (городского) этапа

8 класс

Автор заданий – Хлебникова Л.А.

Вариант 1.

Задание. В пробирках находятся водные растворы растворимых солей калия, магния, алюминия, аммония, железа(II), железа (III). Можно ли используя только один реактив, различить растворы этих солей? Если это невозможно, укажите набор необходимых реактивов. Опишите ход определения. **Посуда и оборудование:** Штатив для пробирок, пробирки.

Вариант 2.

Задание. В пробирках находятся водные растворы хлорида натрия, гидроксида натрия, иодида калия, нитрата свинца, сульфата алюминия. Используя растворы только этих солей, определите содержимое этих пробирок. Опишите ход определения. Напишите уравнения реакций. **Посуда и оборудование:** Штатив для пробирок, пробирки.

9 класс

Автор заданий – Хлебникова Л.А.

Задание: В пакетах находятся сухие соли: хлориды натрия, бария, свинца и карбонаты натрия и кальция, а в пробирках без надписей - растворы соляной кислоты, серной кислоты и вода. Используя только растворы, находящиеся в пробирках без надписей, определите содержимое каждого пакета и пробирок. Напишите ход определения и уравнения реакций в молекулярном и ионном виде. **Посуда и оборудование:** Штатив для пробирок, пробирки, ложечка для отбора проб.

10 класс

Автор заданий – Хлебникова Л.А.

Определение состава смеси солей. В растворе имеется смесь двух солей натрия : карбонат натрия и одна из солей галогенидов натрия (бромид натрия отсутствует).

1. Предложите методики качественного и количественного определения смеси, если известна масса навески.
2. Проведите качественное и количественное определение смеси.

3. Напишите уравнения проводимых реакций.
4. Определите массовые доли (в %%) карбоната натрия и галогенида натрия в смеси.

Реактивы:

1. раствор CaCl_2
2. раствор HNO_3 (конц.)
3. раствор AgNO_3
4. раствор H_2SO_4 $C_n=0,1000N$
5. индикатор - метиловый оранжевый

Посуда:

1. Штатив для пробирок
2. Пробирки
3. Установка для титрования
4. Мерная колба на 200 мл. с задачей
5. Пипетка на 20 мл.
6. Маленький химический стакан для промывания пипетки
7. Коническая колба для титрования

11 класс

Автор заданий – Хлебникова Л.А.

Определение состава карбоновых кислот. В отличие от неорганических кислот карбоновые кислоты даже при больших разбавлениях диссоциируют очень слабо, для растворения таких кислот используют растворы щелочей.

Задание:

1. Предложите методику определения состава карбоновой кислоты методом объемного анализа (методом нейтрализации)
2. Выберите индикатор, используемый при титровании, объясните свой выбор .
3. Напишите уравнения проводимых реакций.
4. По данным, полученным при титровании, проведите расчеты и определите состав карбоновой кислоты.
5. Напишите структурную формулу карбоновой кислоты

Реактивы:

1. Раствор NaOH
2. Раствор H_2SO_4 $C_n = 0,1000N$
3. Набор индикаторов

Посуда и оборудование:

1. Установка для титрования
2. Две конические колбы с навесками.
3. Коническая колба для титрования
4. Пипетка на 25 мл

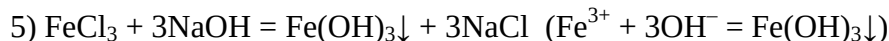
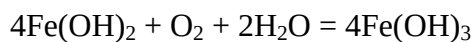
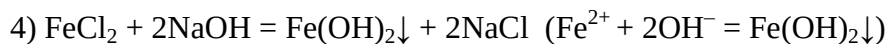
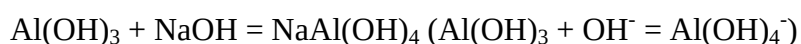
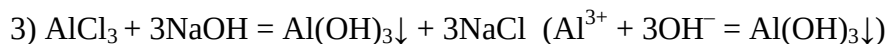
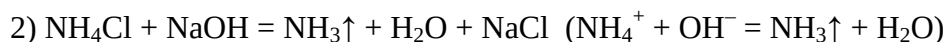
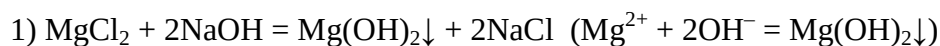
Решения заданий практического тура заключительного (городского) этапа

8 класс

Вариант 1.

Распознать вещества можно, используя только концентрированный раствор щелочи. Тогда в пробирке с солью калия не будет наблюдаться никаких изменений, в пробирке с раствором соли магния выпадет белый осадок, в пробирке с раствором соли алюминия выпадет бесцветный студенистый осадок, растворяющийся при дальнейшем добавлении щелочи, в пробирке с солью аммония будет выделяться газ (определение по запаху), в пробирке с раствором соли железа(II) выпадет светло-зеленый, быстро буреющий осадок, а в пробирке с раствором соли железа (III) – бурый осадок.

Уравнения реакций (на примере хлоридов и гидроксида натрия):



Вариант 2.

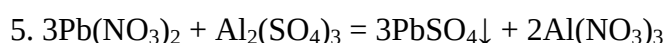
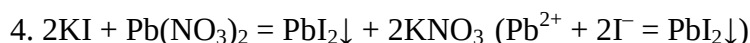
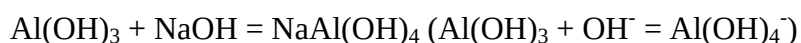
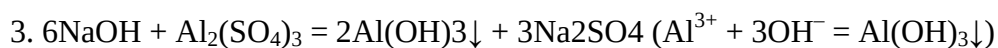
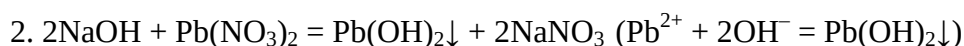
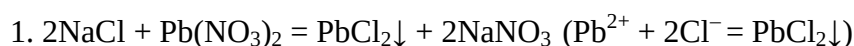
Рассмотрим попарное взаимодействие этих веществ:

	NaCl	NaOH	KI	Pb(NO ₃) ₂	Al ₂ (SO ₄) ₃
NaCl	-	-	-	Белый осадок	-
NaOH	-	-	-	Бесцветный студенистый осадок	Бесцветный студенистый осадок, растворяющийся в избытке щелочи
KI	-	-	-	Желтый осадок	-

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Белый осадок	Бесцветный студенистый осадок	Желтый осадок	-	Белый осадок
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	-	Бесцветный студенистый осадок, растворяющийся в избытке щелочи	-	Белый осадок	—

Из таблицы отчетливо видно различие в результатах исследования растворов.

Уравнения реакций:



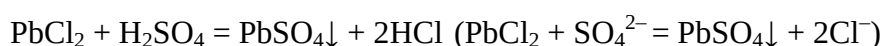
9 класс

Рассмотрим отношение указанных солей к воде и кислотам:

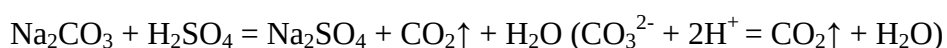
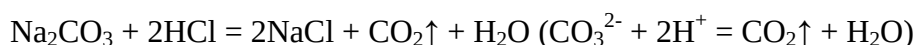
	H_2O	HCl	H_2SO_4
NaCl	растворяется	Растворяется	растворяется
BaCl_2	Растворяется	Растворяется	Выпадает осадок
PbCl_2	Не растворяется	Растворяется с трудом	Выпадает осадок
Na_2CO_3	Растворяется	Растворяется, выделяется газ	Растворяется, выделяется газ
CaCO_3	Не растворяется	Растворяется, выделяется газ	Растворяется, выделяется газ

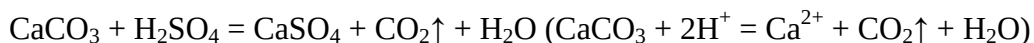
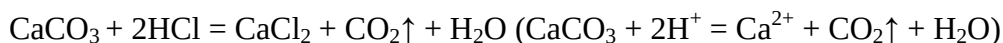
Из таблицы отчетливо видно различие в результатах исследования растворов.

Уравнения реакций:



$\text{PbCl}_2 + \text{HCl} = \text{HPbCl}_3$ ($\text{PbCl}_2 + \text{Cl}^- = \text{PbCl}_3^-$) – принимаются и другие варианты хлорокомплексов свинца





10 класс

1. Раствор в мерной колбе довести до метки дистиллированной водой, тщательно перемешать.
2. Перелить небольшое количество раствора в пробирки и провести качественное определение смеси. Для этого подкислить выданный раствор азотной кислотой (выделяется газ:

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$) и добавить в одну пробирку – раствор хлорида кальция, в другую – раствор нитрата серебра. Варианты:

А) при добавлении хлорида кальция выпадает белый осадок – следовательно, в исходной пробе содержался фторид натрия: $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaF} = \text{CaF}_2\downarrow + 2\text{NaCl}$; $\text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^- = \text{CaF}_2\downarrow$;

Б) при добавлении нитрата серебра выпадает белый осадок – следовательно, в исходной пробе содержался хлорид натрия: $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$; $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$;

В) при добавлении нитрата серебра выпадает желтый осадок, а исходный раствор при подкислении приобрел бурый цвет – следовательно, в исходной пробе содержался иодид натрия: $\text{AgNO}_3 + \text{NaI} = \text{AgI}\downarrow + \text{NaNO}_3$; $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI}\downarrow$ и



3. После проведения качественного определения, перелить небольшое количество раствора в маленький химический стакан и промыть этим раствором пипетку.
4. Отобрать пипеткой 20 мл. раствора из мерной колбы в коническую колбу.
5. Добавить 3-5 капель индикатора метилового оранжевого (проводится кислотно-основное титрование для определения содержания карбоната натрия).
6. Титровать раствором серной кислоты до точки эквивалентности (до перехода окраски из желтой в оранжевую).
7. Титрование повторить несколько раз до достижения сходящихся результатов.
8. По полученным данным рассчитать массовую долю каждого компонента в смеси:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot C_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{мерн. колбы}} / (1000 \cdot V_{\text{пипетки}}),$$

Где 106 г/моль – молярная масса карбоната натрия,

1000 – коэффициент пересчета объема из мл в л,

$C_{\text{к-ты}}$ – концентрация кислоты в моль/л.

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m(\text{нав.}) \cdot 100\%$$

11 класс

Ход работ

А) Определение концентрации щелочи.

1. Отобрать пипеткой 25 мл. раствора щелочи в коническую колбу.
2. Добавить 3-5 капель индикатора метилового оранжевого.
3. Титровать раствором серной кислоты в присутствии метилоранжа до точки эквивалентности (до перехода окраски из желтой в оранжевую).
4. Определить концентрацию щелочи по соотношению:

$C_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} = C_{\text{щел.}} \cdot V_{\text{щел.}}$, где C – молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация) кислоты и щелочи, соответственно.

Б) Определение концентрации карбоновой кислоты.

1. Отобрать пипеткой 25 мл. раствора щелочи и перенести в коническую колбу, где находится навеска карбоновой кислоты.
2. Растворить навеску кислоты в щелочи круговыми движениями. Если навеска плохо растворяется, добавить воды.
3. Добавить 3-5 капли индикатора метилового оранжевого.
4. Титровать раствором серной кислоты в присутствии индикатора метилоранжа до точки эквивалентности (до перехода окраски из желтой в оранжевую).
4. Формул для расчета

$$M = \frac{1000 \cdot m_{\text{нав}}}{C_n \cdot (A - B)}$$

Где M – молярная масса карбоновой кислоты,

$m_{\text{нав}}$ – масса навески,

C_n – молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация) раствора серной кислоты,

A – объем раствора серной кислоты, пошедший на титрование щелочи,

B – объем раствора серной кислоты, пошедший на титрование щелочи после растворения карбоновой кислоты

Для анализа были предложены следующие кислоты: гидроксикарбоновая кислота (салициловая кислота, $C_6H_4COOH(OH)$), гидроксикарбоновая кислота, содержащая сульфогруппу (сульфосалициловая кислота, $C_6H_3COOH(OH)(SO_3H)$), карбоновая кислота, содержащая нитрогруппу (нитробензойная кислота, $C_6H_4(NO_2)(COOH)$).