

**Очный тур Открытой химической олимпиады 2018/2019 учебного года.  
10 класс. Вариант 1.**

**Задание 1.**

При сжигании жидкого линейного углеводорода X массой 9,6 г получено 10,8 г воды. В молекуле углеводорода атомы углерода находятся только в  $sp^3$ - и  $sp^2$ -гибридизациях.

При окислении X холодным водным раствором перманганата калия образуется многоатомный спирт с массовой долей углерода 51,22 %.

При мягком окислении 9,6 г углеводорода X пероксидом водорода  $H_2O_2$  получается смесь двух кислот УК + МК в мольном отношении 2:1. УК является гомологом метановой кислоты, МК является гомологом этандиовой кислоты. В полученный раствор внесли каталитические количества диоксида марганца для разложения избытка пероксида водорода в растворе. Раствор отделили от катализатора и довели объем раствора до 1000 мл.

Для полной нейтрализации 10 мл этого раствора потребовалось 40 мл раствора гидроксида натрия концентрации  $C=0,1$  моль/л.

Если же взять 10 мл этого раствора и предварительно прокипятить, в растворе останется только одна кислота УК, на нейтрализацию потребуется 30 мл того же раствора гидроксида натрия. При нагревании раствора улетучивание кислот из раствора не происходит.

Определите УК и МК.

Напишите уравнения всех вышеперечисленных реакций.

Определите продукты взаимодействия УК и МК с гидроксидом натрия. Напишите реакции термического разложения этих продуктов.

Какой необычный газ получается при полной дегидратации МК под действием пентаоксида фосфора?

**Решение задания 1**

Масса  $C_nH_m$  равна 9,6 г.

Масса воды при сгорании 10,8 г. Количество 0,6 моль.

Количество водорода 1,2 моль. Масса водорода 1,2 г.

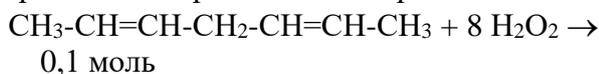
Масса углерода  $9,6 - 1,2 = 8,4$  г. Количество углерода 0,7 моль.

$C : H = 0,7 : 1,2 = 7 : 12$ . Углеводород  $C_7H_{12}$ .

**1 балл**

В углеводороде две  $\pi$ -связи. Гептадиен отвечает условию гибридизации атомов углерода в соединении. Расположение двойных связей в молекуле устанавливается по продуктам реакции с пероксидом водорода.

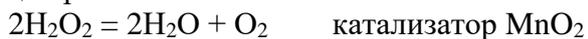
**1 балл**



**1 балл**

УК - уксусная кислота, МК- малоновая кислота (пропандиовая кислота).

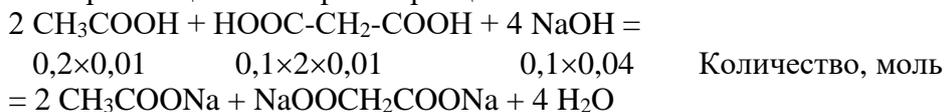
Реакция разложения избыточного количества пероксида:



**0,5 балла**

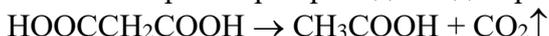
Концентрация кислот в 1000 мл равна  $C_{ук}=0,2$  моль/л;  $C_{МК}=0,1$  моль/л.

Реакция нейтрализации 10 мл раствора щелочью:



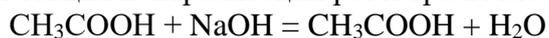
**1 балл**

Кипячение раствора приводит к декарбоксилированию малоновой кислоты.



**1 балл**

Реакция нейтрализации раствора после кипячения:



0,5 балла

$$0,3 \times 0,01 \quad 0,1 \times 0,03$$

Реакция гептадиена-2,5 с перманганатом:

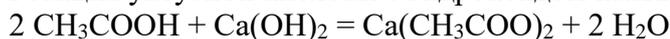


1 балл



Массовая доля углерода в спирте 51,22 %.

Реакция уксусной кислоты с гидроксидом кальция.

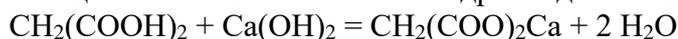


0,5 балла



0,5 балла

Реакция малоновой кислоты с гидроксидом кальция.



0,5 балла



0,5 балла

Дегидратация малоновой кислоты пентаоксидом фосфора:



1 балл

-----  
**Итого 10 баллов**

## Задание 2

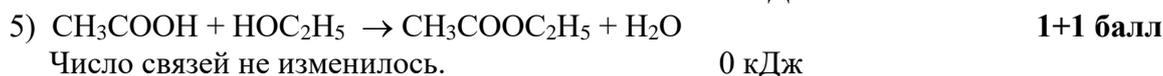
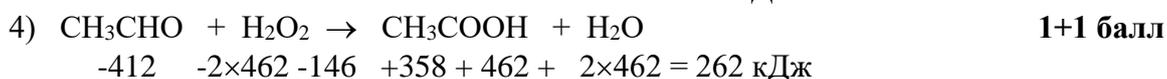
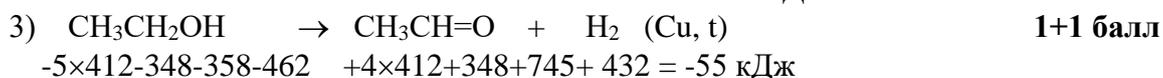
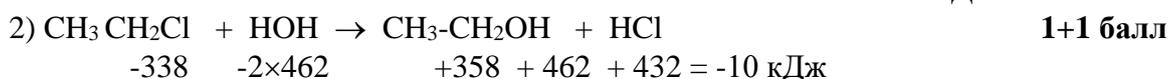
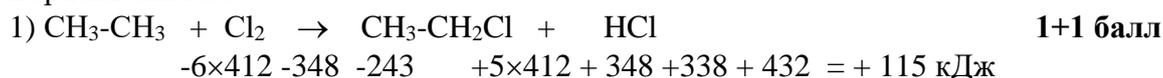
Энергия химической связи - количество энергии, которое выделяется при образовании связи между атомами, или затрачивается при разрыве связи на отдельные атомы. (Рассматриваем газовые реакции).

Связь	C-H	C-C	C=C	C≡C	C-O	C=O	O-H	O-O	Cl-Cl	H-Cl	C-Cl	H-H
E, Кдж/моль	412	348	612	838	358	745	462	146	243	432	338	432

Рассчитайте суммарный тепловой эффект совокупности реакций, посредством которых можно получить 1 моль этилацетата, используя этан и неорганические вещества: хлор, вода, пероксид водорода, медь, а также необходимые катализаторы и оборудование.

## Решение задания 2

Вариант синтеза.



Реакции 1) и 2) должны быть проведены с двумя молями веществ.

$$\Sigma Q = +427 \text{ кДж}$$

-----

**Итого 10 баллов**

### Задание 3

В восьми колбах без этикеток находятся жидкие чистые вещества:

Вода, хлороформ, уксусная кислота, муравьиная кислота, этанол, гексан, диэтиловый эфир, пропиламин.

На основании физических, химических и органолептических свойств веществ установите содержимое каждой колбы.

Подтвердите Ваше определение физическими и химическими опытами. Объясните различные физические свойства веществ их строением. Напишите уравнения предлагаемых Вами реакций, характерных для данных веществ. По одной реакции для вещества.

Для хлороформа напишите реакцию с кислородом, приводящую к образованию фосгена, отравляющего вещества  $\text{COCl}_2$ .

Для пропиламина напишите реакцию с азотистой кислотой.

### Решение задания 3

1) Нанести несколько капель каждой жидкости на фильтровальную бумагу и проверить запах веществ.

Вода - нет запаха.

Хлороформ - сладковатый на вкус запах.

Уксусная кислота - запах столового уксуса.

Муравьиная кислота - резкий раздражающий запах. Муравейник.

Этанол - запах медицинского спирта.

Гексан - запах бензина.

Диэтиловый эфир - запах медицинского эфира. Медкабинет.

Пропиламин - запах аммиака.

Правильное определение вещества **0,25 балла.**

**Всего 2 балла**

1) Проверить растворимость жидкостей в воде.

В семь пробирок налить по 5 мл воды и прибавлять небольшие порции остальных веществ.

Хлороформ - нерастворим, плотность больше воды, нижний слой.

Уксусная кислота, муравьиная кислота, этанол, пропиламин - растворяются в воде. Образование водородных связей. **1 балл**

Проверить кислотность водных растворов. Растворы уксусной и муравьиной кислот имеют  $\text{pH} < 7$ , раствор пропиламина  $\text{pH} > 7$ , раствор этанола - нейтральная среда. **1 балл**

**1 балл**

Гексан - нерастворим в воде, плотность меньше воды, верхний слой.

Диэтиловый эфир - частично растворим в воде, первые капли растворяются, далее образуется верхний слой эфира. **0,5 балла**

2) Проверить летучесть веществ. Нанести по капле каждой жидкости на стекло, отметить время испарения. Наиболее летучие - эфир, пропиламин, хлороформ, гексан. **0,5 балла**

3) Определение уксусной кислоты и муравьиной кислоты химическим экспериментом. В две сухие пробирки влить по 2 мл концентрированной серной кислоты и внести по несколько капель кислот. В пробирке с муравьиной кислотой начнётся выделение газа. Реакция дегидратации кислоты:



4) Характерные реакции веществ.



Принимаются другие правильные варианты реакций. Всего по этому пункту 2 балла.



-----  
**Итого 10 баллов**

#### Задание 4

Металлический барий массой 13,73 г при температуре  $-40^\circ\text{C}$  растворили в чистом жидком аммиаке. Образовалось комплексное соединение синего цвета.

При температуре  $-33,4^\circ\text{C}$  аммиак испарили и остался золотистый остаток А массой 23,93 г. Нагревание остатка А до комнатной температуры привело к образованию белого порошка В массой 16,94 г, а также выделению смеси газов с плотностью по водороду  $D=7,0$ . Прокаливание В при температуре  $350^\circ\text{C}$  дало твёрдый продукт С массой 14,66 г.

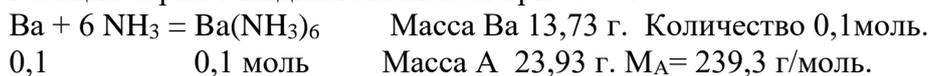
Вещество С обработали раствором серной кислоты. Масса кислоты 133,3 г, концентрация 9,8 %. Рассчитайте концентрацию вещества в полученном растворе.

Определите вещества А, В, С. Напишите уравнения всех реакций, проведите необходимые расчёты. Определите степень окисления Ва.

Какие свойства проявляет жидкий аммиак по отношению к активным металлам?

#### Решение задания 4

Реакция бария с жидким аммиаком при  $-40^\circ\text{C}$ :



Вычитая массу бария получаем 102 г. Это равно 6 молекулам  $\text{NH}_3$ .

Такой молярной массе отвечает  $\text{Ba}(\text{NH}_3)_6$ . В этом соединении барий имеет степень окисления 0. А это  $\text{Ba}(\text{NH}_3)_6$ . **2 балла**

Реакция при комнатной температуре:



Масса В 16,94 г. Молекулярная масса  $M_B = 169,4$  г/моль.

Вычитая массу бария получаем 32 г. Это две группы  $\text{NH}_2$ .

Такой массе отвечает  $\text{Ba}(\text{NH}_2)_2$ . В это  $\text{Ba}(\text{NH}_2)_2$ . **2 балла**

Средняя молекулярная масса газа  $M_{\text{ср}} = (4 \times 17 + 2) : 5 = 14$  г/моль.

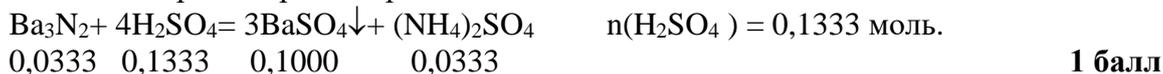
Согласуется с плотностью по водороду.

Прокаливание диамина бария:



С - нитрид бария  $\text{Ba}_3\text{N}_2$ . **2 балла**

Реакция нитрида бария с серной кислотой:



Масса сульфата бария  $233,4 \times 0,1 = 23,34$  г.

Масса сульфата аммония  $132 \times 0,0333 = 4,40$  г.

Масса раствора  $m = 133,3 + 14,66 - 23,34 = 124,62$  г.

Массовая доля сульфата аммония в растворе

$\omega = 4,40 : 124,62 = 0,0353 = 3,53\%$ . **1 балл**

-----  
**Итого 10 баллов**

### Задание 5

Бесцветный газ X объёмом 4,48 л (н.у.) поглотили водой, масса воды 200 г. В растворе образовалось три кислоты А, В, С.

Раствор разделили на две равные части 1 и 2.

Для полной нейтрализации первой части потребовалось 173,0 мл 10% раствора гидроксида лития, плотность раствора 1,11г/мл. Выпал осадок массой 21,94 г. Осадок отделили. Раствор оттитровали раствором азотнокислого серебра в присутствии нескольких капель дихромата калия. По окончании реакции осаждения галогенида серебра избыточная капля раствора  $\text{AgNO}_3$  привела к выпадению красного осадка хромата серебра. Это позволило зафиксировать окончание титрования. На титрование было затрачено 100 мл азотнокислого серебра концентрации 1,0 моль/л. Выпал белый творожистый осадок массой 14,33 г.

Вторая часть первоначального раствора была слита с 200 мл раствора фторида серебра концентрации  $C=2,0$  моль/л. Выпал осадок массой 56,19 г. В растворе осталась только одна кислота. На нейтрализацию этой кислоты затрачено 200 г 16 % раствора  $\text{NaOH}$ .

Определите соединения X, А, В, С.

Нарисуйте структурную формулу X, А. Укажите тип химических связей в этих молекулах, степени окисления элементов.

Напишите уравнения всех химических реакций.

Выводы подтвердите расчётами.

### Решение задания 5

Количество газа X  $n = 0,2$  моль.

$X + \text{H}_2\text{O} \rightarrow a\text{A} + b\text{B} + c\text{C}$  А, В, С - кислоты.

После разделения раствора на две равные части каждая часть содержит 0,1 моль X.

Реакция первой порции с раствором гидроксида лития.

$a\text{A} + b\text{B} + c\text{C} + \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_n\text{A} + \text{Li}_m\text{B} + \text{Li}_k\text{C}$

0,1 0,4 0,1 0,8 моль 0,1 0,4 0,1 моль

1 балл

Масса гидроксида лития  $173,0 \times 1,11 \times 0,1 = 19,2$  г.  $n(\text{LiOH}) = 0,8$  моль.

Нерастворимыми солями лития являются фториды и фосфаты. Это указывает на вероятное нахождение в растворе фосфорной (А) и плавиковой (В) кислот. Масса осадка этих солей 21,94 г.

1 балл

В растворе осталась галогеноводородная кислота, при реакции с нитратом серебра выпал осадок.

$\text{HHal} + \text{AgNO}_3 = \text{AgHal} \downarrow + \text{HNO}_3$   $n(\text{AgNO}_3) = 0,1$  mol

0,1 0,1 0,1

14,33 g

$M = 143,3$  г/моль.  $\text{AgCl}$ .

Третья кислота в растворе С - хлороводородная кислота. Количество кислоты 0,1 моль.

1 балл

Реакция второй порции с фторидом серебра.

$a\text{A} + b\text{B} + c\text{C} + \text{AgF} = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + \text{AgCl} \downarrow + \text{HF}$   $n(\text{AgF}) = 0,4$  mol

0,1 0,1 0,1 0,4 0,1 0,1 0,8 моль

1 балл

Титрование раствора плавиковой кислоты щёлочью:

$\text{HF} + \text{NaOH} = \text{NaF} + \text{H}_2\text{O}$  Масса  $\text{NaOH} = 32$  г.  $n(\text{NaOH}) = 0,8$  mol

0,8 0,8 0,8 моль

1 балл

Суммарное количество плавиковой кислоты 0,8 моль. Реакция фторида серебра с фосфорной кислотой и хлороводородной кислотой даёт 0,4 моль. Следовательно, в растворе было изначально 0,4 моля  $\text{HF}$ .

Количество фосфорной кислоты в растворе 0,1 моль.

1 балл

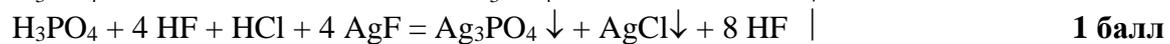
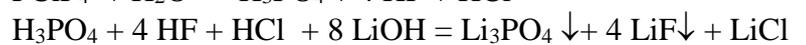
Это согласуется с массой выпавшего осадка во второй порции.

$m = 418,6 \times 0,1 + 143,3 \times 0,1 = 56,19$  г. 1 балл

Масса осадка в первой порции равна:

$m = 117 \times 0,1 + 26 \times 0,4 = 22,1$  г. Соответствует условию. 1 балл

Формула газа  $\text{PClF}_4$ . 1 балл



-----  
**Итого 10 баллов**

**Очный тур Открытой химической олимпиады 2018/2019 учебного года.  
10 класс. Вариант 2.**

**Задание 1.**

При сжигании жидкого линейного углеводорода X массой 9,6 г получено 10,8 г воды. В молекуле углеводорода атомы углерода находятся только в  $sp^3$ - и  $sp^2$ -гибридизации.

При окислении X холодным водным раствором перманганата калия образуется многоатомный спирт с массовой долей углерода 51,22 %.

При окислении 9,6 г углеводорода X перманганатом калия в кислой среде в растворе образуется только одна органическая кислота Г, гомолог этандиовой кислоты. Выделяется газ объёмом 4,48 л (н.у.). Кислоту Г экстрагировали из реакционного раствора хлороформом и хлороформ отогнали при нагревании. Получено 13,2 г кислоты. Порцию кислоты массой 1,32 г растворили в воде, объём раствора довели до 100 мл. Для полной нейтрализации 10 мл этого раствора потребовалось 20 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией  $C=0,1$  моль/л.

1) Определите вещества X, Г.

2) Напишите уравнения реакций.

3) Определите продукты взаимодействия X с перманганата калия в нейтральной и кислой средах.

Кислота Г теоретически может использоваться для получения пищевой добавки E-621. На первой стадии получают монохлорпроизводное кислоты, на второй стадии - аминокислоту, на третьей стадии - монозамещенную соль.

4) Определите формулу добавки E-621. Какова роль этой добавки в продуктах? Почему чисто химический способ синтеза не даёт желаемого результата?

Реакция кислоты Г с гидроксидом кальция даёт среднюю соль. Прокаливание соли приводит к циклизации углеродной цепи, образованию карбонильного соединения ЦБ. Окисление ЦБ азотной кислотой разрушает цикл, получается пищевая добавка E-363, гомолог щавелевой кислоты, тривиальное название которой исторически связано с застывшей смолой.

5) Определите формулу E-363, объясните происхождение её тривиального названия.

**Решение задания 1**

Масса  $C_nH_m$  равна 9,6 г.

Масса воды при сгорании 10,8 г. Количество 0,6 моль.

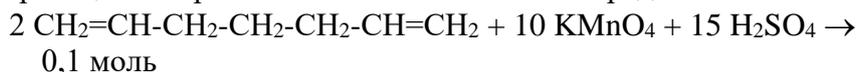
Количество водорода 1,2 моль. Масса водорода 1,2 г.

Масса углерода  $9,6 - 1,2 = 8,4$  г. Количество углерода 0,7 моль.

$C : H = 0,7 : 1,2 = 7 : 12$ . Углеводород  $C_7H_{12}$ .

**1 балл**

В углеводороде две  $\pi$ -связи. Гептадиен отвечает условию гибридизации атомов углерода в соединении. Расположение двойных связей в молекуле устанавливается по продуктам реакции с перманганатом калия в кислой среде.



0,1 моль



0,2 моль

0,1 моль

**1 балл**

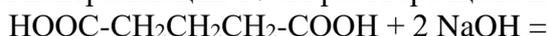
Г -пентандиовая кислота (глутаровая).

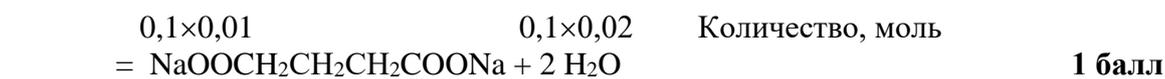
Масса глутаровой кислоты  $m = 132 \times 0,1 = 13,2$  г. Такова масса кислоты в опыте.

**1 балл**

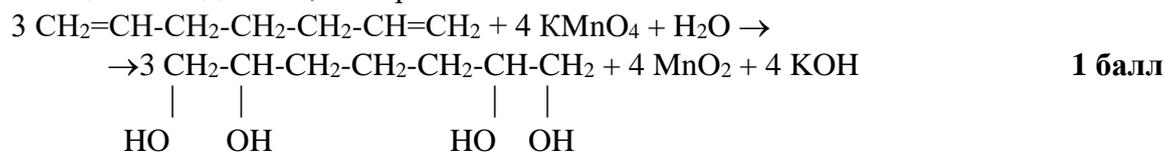
Концентрация кислоты в 100 мл равна  $C_T=0,1$  моль/л;

Реакция нейтрализации 10 мл раствора щелочью:



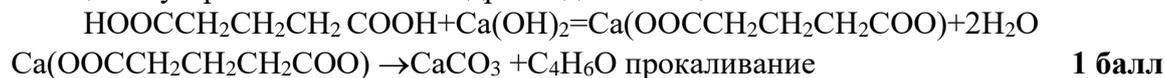


Реакция гептадиена-1,6 с перманганатом:



Массовая доля углерода в спирте 51,22 %.

Реакция глутаровой кислоты с гидроксидом кальция.



Пищевая добавка E-363 - бутандиовая кислота, янтарная.  $\mathbf{1 \text{ балл}}$

Циклобутанон -  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$ .

Синтез пищевой добавки E-621.



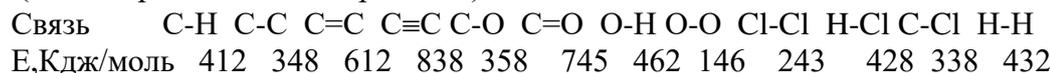
Глутаминат натрия добавляется в продукты для придания вкуса мяса.

L-Глутаминовая кислота входит в состав белков, соответственно только L-глутаминат обладает вкусом мяса. Химический синтез не даёт избирательности, продукт химической реакции не даёт вкуса мяса.

-----  
**Итого 10 баллов**

## Задание 2

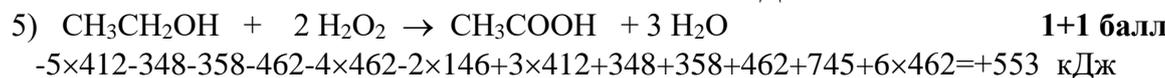
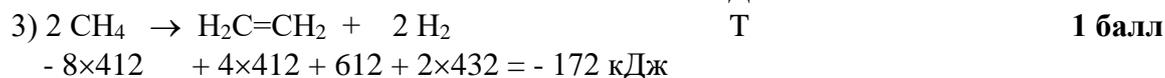
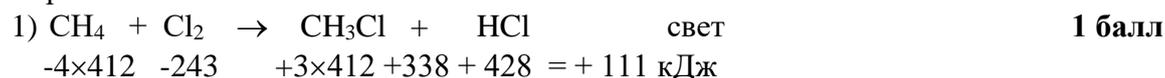
Энергия химической связи - количество энергии, которое выделяется при образовании связи между атомами, или затрачивается при разрыве связи на отдельные атомы. (Рассматриваем газовые реакции).

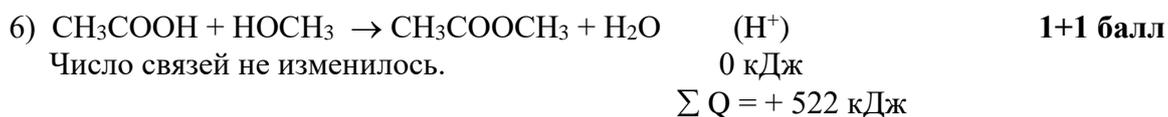


Рассчитайте суммарный тепловой эффект совокупности реакций, посредством которых можно получить 1 моль метилацетата, используя метан и неорганические вещества: хлор, вода, пероксид водорода, медь, а также необходимые катализаторы и оборудование.

## Решение задания 2

Вариант синтеза.





**Итого 10 баллов**

### Задание 3

В восьми колбах без этикеток находятся жидкие чистые вещества:

вода, тетрахлорметан, ацетон, муравьиная кислота, этанол, гексан, глицерин, бутиламин.

На основании физических, химических и органолептических свойств веществ установите содержимое каждой колбы.

Подтвердите Ваше определение физическими и химическими опытами. Объясните различные физические свойства веществ их строением. Напишите уравнения предлагаемых Вами реакций, характерных для данных веществ. По одной реакции для вещества.

Для тетрахлорметана напишите реакцию с водой, приводящую к образованию фосгена, отравляющего вещества  $\text{COCl}_2$ .

Для бутиламина напишите реакцию с азотистой кислотой.

### Решение задания 3

1) Нанести несколько капель каждой жидкости на фильтровальную бумагу и проверить запах веществ.

Вода - нет запаха.

Тетрахлорметан - сладковатый на вкус запах.

Ацетон - запах краски, жидкость для снятия лака.

Муравьиная кислота - резкий раздражающий запах. Муравейник.

Этанол - запах медицинского спирта.

Гексан - запах бензина.

Глицерин - без запаха, вязкая жидкость.

Бутиламин - запах аммиака.

Правильное определение вещества **0,25 балла**.

**Всего 2 балла**

2) Проверить растворимость жидкостей в воде.

В семь пробирок налить по 5 мл воды и прибавлять небольшие порции остальных веществ.

Тетрахлорметан - нерастворим, плотность больше воды, нижний слой.

Ацетон, муравьиная кислота, этанол, глицерин, бутиламин - растворяются в воде. Образование водородных связей. 1 балл

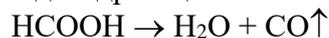
Проверить кислотность водных растворов. Раствор муравьиной кислоты имеет  $\text{pH} < 7$ , раствор бутиламина  $\text{pH} > 7$ , раствор ацетона, этанола, глицерина - нейтральная среда. 1 балл

Гексан - нерастворим в воде, плотность меньше воды, верхний слой.

**0,5 балла**

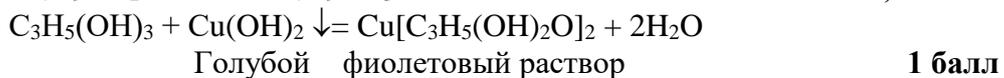
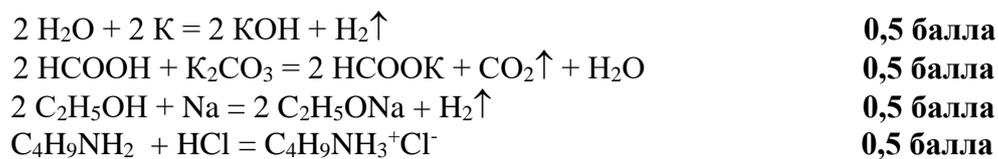
3) Проверить летучесть веществ. Нанести по капле каждой жидкости на стекло, отметить время испарения. Наиболее летучие - тетрахлорметан, ацетон, этанол, гексан. 0,5 балла

4) Определение муравьиной кислоты химическим экспериментом. В сухую пробирку влить 2 мл концентрированной серной кислоты и внести несколько капель кислоты. В пробирке с муравьиной кислотой начнётся выделение газа. Реакция дегидратации кислоты:



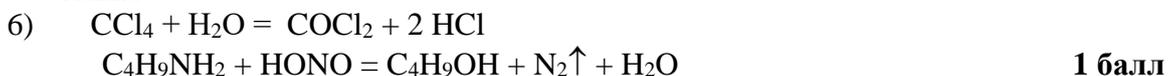
1 балл

5) Характерные реакции веществ.



Голубой фиолетовый раствор

Принимаются другие правильные варианты реакций. Всего по этому пункту 2 балла.



-----

**Итого 10 баллов**

#### Задание 4

Металлический кальций массой 4,0 г при температуре  $-40^\circ\text{C}$  растворили в чистом жидком аммиаке.

При температуре  $-33,4^\circ\text{C}$  аммиак испарили и остался золотистый остаток А массой 14,2 г. Нагревание остатка А до комнатной температуры привело к образованию серого порошка В массой 7,2 г, а также выделению газовой смеси с плотностью по водороду  $D=7,0$ . Прокаливание В при температуре  $350^\circ\text{C}$  дало твёрдый продукт С массой 4,93 г.

Вещество С обработали водой. Выделилось 14,9 л газа с резким запахом. На нейтрализацию полученного раствора израсходовано 133,2 мл соляной кислоты концентрации  $C=2,0$  моль/л, плотность раствора 1,04 г/мл. Рассчитать концентрацию хлорида кальция в растворе.

Определите вещества А, В, С. Напишите уравнения всех реакций, проведите необходимые расчёты.

#### Решение задания 4

Реакция кальция с жидким аммиаком при  $-40^\circ\text{C}$ :

$\text{Ca} + 6 \text{NH}_3 = \text{Ca}(\text{NH}_3)_6$       Масса Ca 4,0 г. Количество 0,1 моль.

0,1                      0,1 моль      Масса А 14,2 г.  $M_A = 142,0$  г/моль.

Вычитая массу кальция получаем 102 г. Это равно 6 молекулам  $\text{NH}_3$ .

Такой молярной массе отвечает  $\text{Ca}(\text{NH}_3)_6$ . В этом соединении кальций имеет степень окисления 0. А это  $\text{Ca}(\text{NH}_3)_6$ . 2 балла

Реакция при комнатной температуре:

$\text{Ca}(\text{NH}_3)_6 = \text{Ca}(\text{NH}_2)_2 + 4 \text{NH}_3 + \text{H}_2$  1 балл

0,1                      0,1                      0,4                      0,1 моль

Масса В 7,2 г. Молекулярная масса  $M_B = 72$  г/моль.

Вычитая массу кальция получаем 32 г. Это две группы  $\text{NH}_2$ .

Такой массе отвечает  $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ . В это  $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ . 2 балла

Средняя молекулярная масса газа  $M_{\text{ср}} = (4 \times 17 + 2) : 5 = 14$  г/моль.

Согласуется с плотностью по водороду.

Прокаливание амида кальция:

$3 \text{Ca}(\text{NH}_2)_2 = \text{Ca}_3\text{N}_2 + 4 \text{NH}_3$  1 балл

0,1 моль      0,0333      0,1333      Масса С 4,93 г.  $M_C = 148$  г/моль.

Масса газа 2,28 г.  $n_{\text{NH}_3} = 0,1333$  моль

С - нитрид кальция  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ . 2 балла

Реакция нитрида кальция с соляной кислотой:

$\text{Ca}_3\text{N}_2 + 8 \text{HCl} = 3\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$        $n(\text{HCl}) = 0,2666$  моль.

0,0333      0,2664      0,1000      0,0666

Масса хлорида кальция  $111 \times 0,1 = 11,1$  г.

Масса хлорида аммония  $53,5 \times 0,0666 = 3,56$  г.

Масса раствора  $m = 138,53 + 4,93 = 143,46$  г.

1 балл

Массовая доля хлорида кальция в растворе

$$\omega = 11,1 : 143,46 = 0,0774 = 7,74 \%$$

1 балл

Итого 10 баллов

### Задание 5

Бесцветную жидкость X массой 38,4 г растворили в воде, масса воды 200 г. В растворе образовалось три кислоты А, В, С.

Раствор разделили на две равные части 1 и 2.

Для полной нейтрализации первой части потребовалось 173,0 мл 10% раствора гидроксида лития, плотность раствора 1,11 г/мл. Выпал осадок массой 14,17 г. Осадок отделили. Раствор оттитровали раствором азотнокислого серебра в присутствии нескольких капель дихромата калия. По окончании реакции осаждения галогенида серебра избыточная капля раствора  $\text{AgNO}_3$  привела к выпадению красного осадка хромата серебра. Это позволило зафиксировать окончание титрования. На титрование было затрачено 200 мл азотнокислого серебра концентрации 2,0 моль/л. Выпал белый осадок массой 57,4 г.

Вторая часть первоначального раствора была слита с 350 мл раствора фторида серебра концентрации  $C=2,0$  моль/л. Выпал осадок массой 56,21 г. В растворе осталась только одна кислота. На нейтрализацию этой кислоты затрачено 200 г 16 % раствора  $\text{NaOH}$ .

Определите соединения X, А, В, С.

Нарисуйте структурную формулу X, А. Укажите тип химических связей в этих молекулах, степени окисления элементов.

Напишите уравнения всех химических реакций.

Выводы подтвердите расчётами.

### Решение задания 5

Количество газа X  $n = 0,2$  моль.



После разделения раствора на две равные части каждая часть содержит 0,1 моль X.

Реакция первой порции с раствором гидроксида лития.



$$0,1 \quad 0,1 \quad 0,4 \quad 0,8 \text{ моль} \quad 0,1 \quad 0,1 \quad 0,4 \text{ моль}$$

1 балл

Масса гидроксида лития  $173,0 \times 1,11 \times 0,1 = 19,2$  г.  $n(\text{LiOH}) = 0,8$  моль.

Нерастворимыми солями лития являются фториды и фосфаты. Это указывает на вероятное нахождение в растворе фосфорной (А) и плавиковой (В) кислот. Масса осадка этих солей 14,17 г.

1 балл

В растворе осталась галогенводородная кислота, при реакции с нитратом серебра выпал осадок.



$$0,4 \quad 0,4 \quad 0,4$$

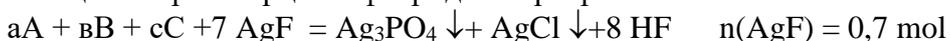
$$57,4 \text{ g}$$

$$M = 143,3 \text{ г/моль. AgCl.}$$

Третья кислота в растворе С - хлороводородная кислота. Количество кислоты 0,4 моль.

1 балл

Реакция второй порции с фторидом серебра.



$$0,1 \quad 0,1 \quad 0,4 \quad 0,7 \quad 0,1 \quad 0,1 \quad 0,8 \text{ моль}$$

1 балл

$$41,86 \text{ г} \quad 14,35 \text{ г} \quad \Sigma = 56,21 \text{ г.}$$

Титрование раствора плавиковой кислоты щёлочью:



$$0,8 \quad 0,8 \quad 0,8 \text{ моль}$$

1 балл

Суммарное количество плавиковой кислоты 0,8 моль. Реакция фторида серебра с фосфорной кислотой и хлороводородной кислотой даёт 0,4 моль. Следовательно, в растворе было изначально 0,4 моля HF.

Количество фосфорной кислоты в растворе 0,1 моль. 1 балл

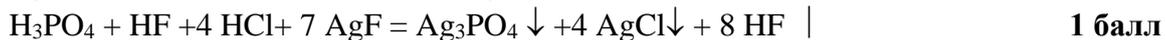
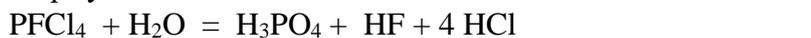
Это согласуется с массой выпавшего осадка во второй порции.

$m = 418,6 \times 0,1 + 143,3 \times 0,1 = 56,19$  г. 1 балл

Масса осадка в первой порции равна:

$m = 115,8 \times 0,1 + 25,9 \times 0,1 = 14,17$  г. Соответствует условию. 1 балл

Формула газа  $\text{PFCl}_4$ . 1 балл



-----  
**Итого 10 баллов**