

## 2 этап (заключительный)

Химия – 10 – 11 классы

Ключи к заданиям олимпиады (решения)

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

1.

9. Известняк –  $\text{CaCO}_3$  – карбонат кальция; негашеная известь  $\text{CaO}$ , оксид кальция; Гашеная известь  $\text{Ca(OH)}_2$ , гидроксид кальция; Хлорная известь  $\text{CaCl(ClO)}$ , хлорид-гипохлорит кальция; Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , дигидрат сульфата кальция; Карбид кальция  $\text{CaC}_2$  ацетиленид (можно и карбид) кальция. Еще две широко известных разновидности кальцита – мрамор и мел.

10. Негашеная известь применяется в производстве стройматериалов, получение:  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^0} \text{CaO} + \text{CO}_2$ . Гашеная известь применяется для строительных и ремонтных работ (побелка):  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ . Хлорная известь - простейший отбеливатель («белизна»), а также дезинфицирующее средство для уборки помещений:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 = \text{CaCl(ClO)} + \text{H}_2\text{O}$ . Гипс (алебастр) также используется в строительстве и при ремонтах (вяжущий материал):  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Карбид кальция применяется для производства ацетилена для газосварочных работ:  $\text{CaCO}_3 + 4\text{C} \xrightarrow{t^0} \text{CaC}_2 + 3\text{CO}$  или  $\text{CaO} + 3\text{C} \xrightarrow{t^0} \text{CaC}_2 + \text{CO}$ .

**Система оценивания:**

1. Формулы и номенклатурные названия соединений .....	$(1+1) \text{ б.} \times 6 = 12 \text{ б.}$
Разновидности кальцита – за любую одну или за обе вместе .....	0,5 б.
2. Уравнения реакций .....	1 б. $\times 5 = 5 \text{ б.}$
Области применения .....	0,5 б. $\times 5 = 2,5 \text{ б.}$
Всего .....	20 б.

2. Судя по тому, что при приливании  $\text{HCl}$  к фильтрату снова образовался осадок, щелочь была в избытке, иначе осадка бы не было.

9. Уравнения возможных реакций:  $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn(OH)}_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ ,  $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$ ,  $\text{Zn(OH)}_2 \xrightarrow{t^0} \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{Zn(OH)}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

10. При прокаливании осадка образовалось  $2,44/81,3 = 0,03$  моль  $\text{ZnO}$ . Следовательно, при приливании  $\text{NaOH}$  выпало в осадок 0,03 моль  $\text{Zn(OH)}_2$ . Для осаждения такого количества гидроксида цинка по первому уравнению достаточно 0,06 моля гидроксида натрия, что соответствует  $0,06/1 = 0,06$  л или 60 мл 1 М раствора. Но этот ответ не полностью удовлетворяет условию (см. п. 1). Исходного  $\text{ZnCl}_2$  было  $6,82/136,3 = 0,05$  моль. Из него могло образоваться 0,05 моль  $\text{Zn(OH)}_2$ , значит,  $0,05 - 0,03 = 0,02$  моль  $\text{Zn(OH)}_2$  растворилось снова, образовав 0,02 моль комплексной соли. Таким образом, всего щелочи было истрачено  $0,05 \cdot 2 + 0,02 \cdot 2 = 0,14$  моля, а объем ее 1 М раствора составил 140 мл. При прокаливании второго осадка было получено  $0,813/81,3 = 0,01$  моль  $\text{ZnO}$ , следовательно во втором осадке было 0,01 моль  $\text{Zn(OH)}_2$ . Далее возможны два варианта:

а) Кислоты недостаточно для полного осаждения  $\text{Zn(OH)}_2$  из фильтрата (в котором содержатся 0,02 моля соли и, следовательно, из которого могут быть осаждены 0,02 моля  $\text{Zn(OH)}_2$ ).

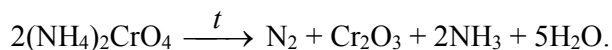
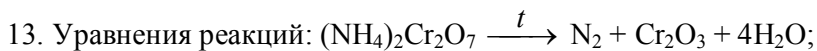
В этом случае для осаждения 0,01 моль  $Zn(OH)_2$  необходимо  $0,01 \cdot 2 = 0,02$  моль  $HCl$  (см. уравнение), что соответствует 20 мл 1 М раствора.

б) Кислота в избытке, идет частичное растворение осадка и из 0,02 моль  $Zn(OH)_2$  остается 0,01 моль. Тогда на полное осаждение 0,02 моль  $Zn(OH)_2$  необходимо  $0,02 \cdot 2 = 0,04$  моль  $HCl$  и на растворение  $(0,02 - 0,01 = 0,01)$  0,01 моль  $Zn(OH)_2$  требуется  $0,01 \cdot 2 = 0,02$  моль  $HCl$ . Всего в этом случае необходимо  $0,04 + 0,02 = 0,06$  моль  $HCl$  или 60 мл 1 М раствора.

**Система оценивания:**

1. Уравнения реакций.....	1 б. $\times$ 5 = 5 б.
2. Расчет объема щелочи (если 60 мл, то 3 б).....	5 б.
Расчет объема кислоты – за каждый случай по 5 б.....	5 б. $\times$ 2 = 10 б.
Всего .....	20 б.

3.



14. Зеленый порошок – оксид хрома. Его получилось  $2,66/152 = 0,0175$  моля. Массу исходной смеси можно рассчитать даже без расчета ее состава. Масса хрома в оксиде составляет  $2 \cdot 0,175 \cdot 52 = 1,82$  г, причем это 37,92 масс. % от массы исходной смеси. Отсюда ее масса  $1,82/0,3792 = 4,80$  г. Мольное соотношение компонентов смеси найдем, составив систему уравнений. Пусть  $x$  - число молей  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ , а  $y$  -  $(NH_4)_2CrO_4$ , тогда:  
 $(104x + 52y)/(252x + 152y) = 0,3792$ ; или, уже зная массу смеси,  $252x + 152y = 4,8$ ;  
 $x + 0,5y = 0,0175$ . Отсюда  $x = 0,01$ ;  $y = 0,015$ ,  $y/x = 1,5$ .

15. Если температура была выше  $100^\circ C$ , то вода тоже находилась в форме газа. В этом случае общее количество газообразных продуктов  $v = 0,01 \cdot 5 + 0,015 \cdot 8/2 = 0,11$  моль. Молярный объем газа при температуре измерений и  $P=1$  атм составлял  $V/v = 3,817/0,11 = 34,7$  л/моль, а при н.у. (273 К и  $P=1$  атм) он составляет 22,4 л/моль. Исходя из закона теплового расширения газов при постоянном давлении Гей-Люссака ( $V/T = const$  при  $P = const$ ), получаем  $V/T = V_n/T_n$  или  $22,4/273 = 34,7/T$ , откуда  $T = 423$  К ( $150^\circ C$ ). Или, из уравнения Менделеева-Клапейрона  $T = PV/vR = (101,325 \text{ кПа} \cdot 3,817 \text{ л}) / (0,11 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) = 423$  К. Если бы вода при температуре измерений не была газом, получим молярный объем  $3,87 / (0,01 \cdot 1 + 0,015 \cdot 3/2) = 119,1$  л/моль и  $T = (1 \text{ атм} \cdot 3,817 \text{ л}) / (0,0325 \text{ моль} \cdot 0,082 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) = 1432$  К ( $1159^\circ C$ ), что не отвечает истине.

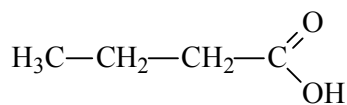
**Система оценивания:**

1. Уравнения реакций.....	2 б. $\times$ 2 = 4 б.
2. Масса смеси .....	4 б.
Мольное соотношение.....	4 б.
3. Молярный объем газов (34,7 л/моль).....	4 б.
Температура (423 К или $150^\circ C$ ).....	4 б.
Если расчет проведен без учета воды, то по 2б за объем и температуру	
Всего .....	20 б.

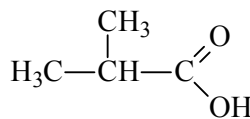
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

4.

1. Одноосновная карбоновая кислота, которая образует всего два структурных изомера, должна содержать в своем составе четыре атома углерода (один атом С входит в состав карбоксильной группы, остальные три – в состав углеводородного радикала). Поскольку эта кислота является предельной, ее формулу можно записать в виде  $C_3H_7COOH$ . Кислоте такого состава соответствует два структурных изомера:



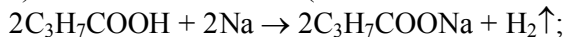
н-бутановая кислота  
(масляная кислота)



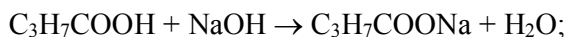
2-метилпропановая кислота  
(изомасляная кислота)

2. Приведем некоторые примеры реакций, характеризующих химические свойства одноосновных предельных карбоновых кислот.

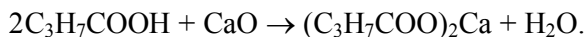
а) кислотные свойства (взаимодействие с металлами, щелочами, основными оксидами и т.д.):



названия: бутират или бутаноат (или изобутират) натрия; водород

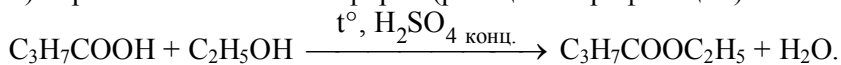


названия: бутират (или изобутират) натрия; вода



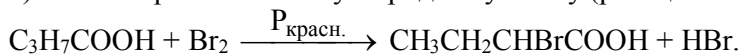
названия: бутират (или изобутират) кальция; вода

б) образование сложных эфиров (реакция этерификации):



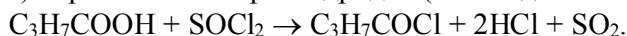
названия: этиловый эфир масляной кислоты (этилбутират); вода

в) галогенирование по  $\alpha$ -углеродному атому (реакция Геля-Фольгарда-Зелинского):

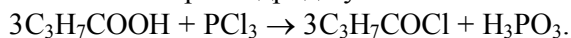


названия: 2-бромбутановая кислота; бромоводород

г) образование хлорангидридов (взаимодействие с  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ):

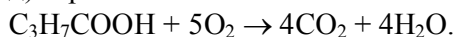


названия: хлорангидрид бутановой кислоты (бутирацилхлорид); хлороводород; оксид серы(IV)



названия: хлорангидрид бутановой кислоты (бутирацилхлорид); фосфористая кислота

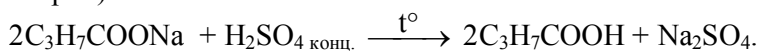
д) горение:



названия: оксид углерода(IV); вода

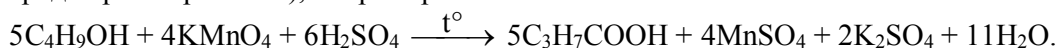
3. Возможные способы получения масляной кислоты из соединений различных классов приведены ниже.

а) действием сильных минеральных кислот на соответствующую соль (например, бутират натрия):



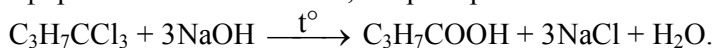
названия: бутират натрия; серная кислота

б) окисление спиртов, альдегидов (кетонов), алкенов (действием сильных окислителей в кислой среде при нагревании), например:



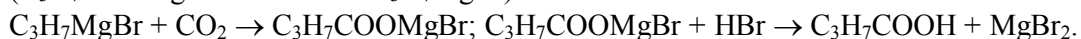
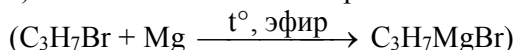
названия: н-бутанол (н-бутиловый спирт); перманганат калия; серная кислота

в) гидролиз 1,1,1-трихлорпроизводного ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{CCl}_3$ ), хлорангидрида, амида, нитрила, сложных эфиров масляной кислоты, например:



названия: 1,1,1-трихлорпропан; гидроксид натрия

г) использование магнийорганических соединений (реактива Гриньяра), например:



названия: n-пропилмагнийбромид; углекислый газ

### Система оценивания:

1. Структурные формулы ..... 0,5 б.  $\times 2 = 1$  б.  
Названия изомеров ..... 0,5 б.  $\times 2 = 1$  б.
2. Пять уравнений реакций ..... 1 б.  $\times 5 = 5$  б.  
Названия образующихся продуктов ..... 1 б.  $\times 5 = 5$  б.  
(если не указано название какого-либо "несложного" продукта (например, водород, вода и т.д.) баллы можно не снимать)
3. Уравнения реакций четырех способов получения ..... 1 б.  $\times 4 = 4$  б.  
Названия исходных соединений ..... 1 б.  $\times 4 = 4$  б.  
(если не указано название какого-либо "несложного" реагента (например, водород, углекислый газ и т.д.) баллы можно не снимать)
- Всего ..... 20 б.

### 5.

Средние молярные массы смесей до и после реакции составляют:

$$0,982 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 22 \text{ г/моль} \text{ и } 11,25 \cdot 2 \text{ г/моль} = 22,5 \text{ г/моль}.$$

Рассчитаем состав исходной смеси, обозначив за  $x$  мольную долю  $\text{CH}_4$  (количество в 1 моле смеси), тогда  $(1-x)$  – мольная доля  $\text{C}_2\text{H}_4$ :

$$16x + 28(1-x) = 22, \text{ откуда } x = 0,5.$$

Гидрированию подвергается только этилен:  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_2\text{H}_6$ , причем при полном гидрировании средняя молярная масса должна составить

$$0,5 \cdot 16 \text{ г/моль} + 0,5 \cdot 30 \text{ г/моль} = 23 \text{ г/моль}.$$

Поскольку в полученной смеси эта величина меньше, смесь должна содержать еще один компонент, кроме метана и этана. Это возможно в двух случаях – при избытке (случай 1) и недостатке  $\text{H}_2$  (случай 2).

Случай 1. При избытке мольные доли метана и этана равны. Обозначим их за  $u$ :

$$16u + 30u + 2(1-2u) = 22,5, \text{ откуда } u = 0,488.$$

Состав смеси после реакции:  $\text{CH}_4 - 48,8$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6 - 48,8$ ,  $\text{H}_2 - 2,4$  мольных или объемных %.

Найдем состав смеси в масс. %:

$$\omega(\text{CH}_4) = 16 \cdot 0,488 / 22,5 = 0,347 \text{ или } 34,7 \%; \omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \cdot 0,488 / 22,5 = 0,651 \text{ или } 65,1 \%;$$

$$\omega(\text{H}_2) = 2 \cdot 0,024 / 22,5 = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ или } 0,213 \%.$$

Случай 2. При недостатке водорода остается этилен, причем сумма молей газов остается прежней, а сумма мольных долей  $\text{C}_2\text{H}_4(z)$  и  $\text{C}_2\text{H}_6$  составит 0,5:

$$0,5 \cdot 16 + z \cdot 28 + (0,5-z) \cdot 30 = 22,5, \text{ откуда } z = 0,25.$$

Состав смеси при этом:  $\text{CH}_4 - 50,0$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4 - 25,0$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6 - 25,0$  мольных или объемных %.

Состав смеси в масс. %:

$$\omega(\text{CH}_4) = 16 \cdot 0,5 / 22,5 = 0,356 \text{ или } 35,6 \%; \omega(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \cdot 0,25 / 22,5 = 0,311 \text{ или } 31,1 \%;$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \cdot 0,25 / 22,5 = 0,333 \text{ или } 33,3 \%.$$

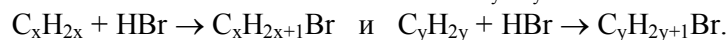
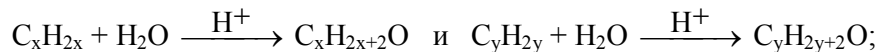
### Система оценивания:

- Расчет средних молярных масс смесей до и после реакции ..... 1 б.  $\times 2 = 2$  б.  
Уравнение реакции гидрирования ..... 1 б.  
Нахождение состава исходной смеси ..... 1 б.  
Вывод о содержании в конечной смеси третьего компонента ..... 1 б.  
Качественный состав смеси (случай 1) ..... 0,5 б.  $\times 3 = 1,5$  б.  
Расчет объемных (мольных) долей компонентов (случай 1) ..... 1 б.  $\times 3 = 3$  б.

Расчет массовых долей компонентов (случай 1).....	1 б. × 3 = 3 б.
Качественный состав смеси (случай 2).....	0,5 б. × 3 = 1,5 б.
Расчет объемных (мольных) долей компонентов (случай 2).....	1 б. × 3 = 3 б.
Расчет массовых долей компонентов (случай 2).....	1 б. × 3 = 3 б.
Всего .....	20 б.

## 6.

1. Обозначим неизвестные алкены в виде  $C_xH_{2x}$  и  $C_yH_{2y}$ . Запишем уравнения реакций гидратации этих алкенов и их взаимодействия с бромоводородом:



Молярные массы исходных алкенов и продуктов реакции равны:

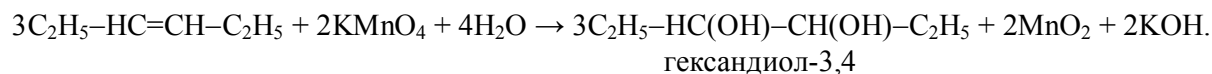
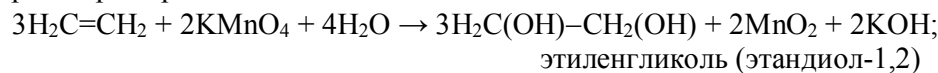
$$M(C_xH_{2x}) = 14x; \quad M(C_xH_{2x+2}O) = 14x + 18; \quad M(C_xH_{2x+1}Br) = 14x + 81.$$

$$M(C_yH_{2y}) = 14y; \quad M(C_yH_{2y+2}O) = 14y + 18; \quad M(C_yH_{2y+1}Br) = 14y + 81.$$

Из условия задачи известно, что  $M(C_yH_{2y+2}O) = 2,217 \cdot M(C_xH_{2x+2}O)$ :  $14y + 18 = 2,217(14x + 18)$ . Также известно, что молярная масса одного из продуктов присоединения HBr составляет 66,06 % от молярной массы другого, т.е.  $M(C_xH_{2x+1}Br) = 0,6606 \cdot M(C_yH_{2y+1}Br)$ . Составим систему из двух уравнений:  $14y + 18 = 2,217(14x + 18)$  и  $14x + 81 = 0,6606(14y + 81)$ . Решая эту систему, получаем  $x = 2$ ;  $y = 6$ . Таким образом, первый алкен – этилен ( $C_2H_4$ ), а второй – один из неразветвленных изомеров гексена ( $C_6H_{12}$ ). Поскольку присоединение газообразного бромоводорода к смеси алкенов дает два продукта независимо от наличия в системе органического пероксида, при гидратации этой смеси образовалось только два соединения, можно сделать вывод, что второй алкен имеет симметричное строение, т.е. гексен-3.

2-3. Рассчитаем количественный состав смеси алкенов. Пусть в смеси было  $a$  молей этилена и  $b$  молей гексена-3. Тогда, учитывая, что при взаимодействии 11,2 г смеси с избытком HBr получилось 38,3 г продуктов, составим уравнения:  $28a + 84b = 11,2$  и  $109a + 165b = 38,3$ . Решая систему, находим  $a = 0,302$  моля (8,46 г; 75,5 мас. %);  $b = 3,27 \cdot 10^{-2}$  моля (2,75 г; 24,5 мас. %).

Запишем уравнения реакций взаимодействия этилена и гексена-3 с избытком нейтрального раствора перманганата калия:

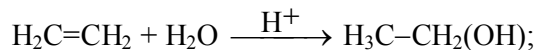


Рассчитаем количество каждого из алкенов в 5,6 г исходной смеси:

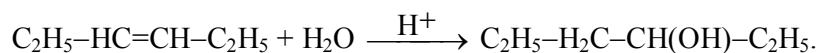
$$v(C_2H_4) = 5,6 \cdot 0,755 / 28 = 0,15 \text{ моля}; \quad v(C_6H_{12}) = 5,6 \cdot 0,245 / 84 = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ моля}.$$

Количество  $MnO_2$ , полученное при окислении:  $v(MnO_2) = (0,15 + 1,6 \cdot 10^{-2}) \cdot 2 / 3 = 0,11$  моля, его масса  $0,11 \cdot 87 = 9,6$  г.

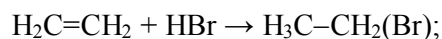
Запишем уравнения остальных реакций:



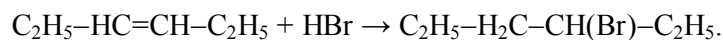
этанол (этиловый спирт)



гексанол-3



этилбромид (бромэтан)



3-бромгексан

**Система оценивания:**

1. Установление качественного состава (этилен+гексен).....	4 б.
Установление строения гексена (гексен-3).....	2 б.
2. Установление количественного состава смеси.....	3 б.
Расчет массы $MnO_2$ .....	2 б.
3. Уравнения реакций (6 реакций).....	$1 \times 6 = 6$ б.
Названия образующихся орг. продуктов (6 названий).....	$0,5 \times 6 = 3$ б.
Всего .....	20 б.

## ОБЩАЯ ХИМИЯ

7.

9. а) Находим количество веществ  $K_2CO_3$  и  $HCl$ :

$\nu(K_2CO_3) = C(K_2CO_3) \cdot V_{p-ра}(K_2CO_3) = 0,03 \cdot 1,0 = 0,03$  моль, аналогично находим, что  $\nu(HCl) = 0,07$  моль.

Процесс, протекающий при сливании этих растворов ( $HCl$  в избытке):



Нагревание раствора приводит к удалению  $CO_2$ .

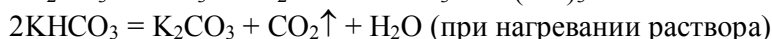
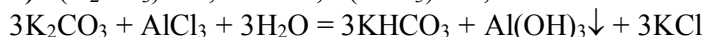
Ионы в полученном растворе:  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $Cl^-$ .

Из уравнения реакции и количеств реагентов находим  $\nu(HCl)_{изб.} = 0,01$  моль,  $\nu(KCl) = 0,06$  моль. Из этого следует что,  $\nu(H^+) = 0,01$  моль,  $\nu(K^+) = 0,06$  моль,  $\nu(Cl^-) = 0,07$  моль.

Рассчитываем количество ионов (в штуках):  $N(X) = \nu(X) \cdot N_A$

$N(H^+) = 6,02 \cdot 10^{21}$  штук,  $N(K^+) = 3,61 \cdot 10^{22}$  штук,  $N(Cl^-) = 4,21 \cdot 10^{22}$  штук.

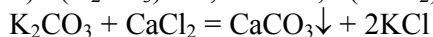
б)  $\nu(K_2CO_3) = 0,03$  моль,  $\nu(AlCl_3) = 0,01$  моль.



Ионы в полученном растворе:  $K^+$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ .

$N(K^+) = 3,61 \cdot 10^{22}$  штук,  $N(CO_3^{2-}) = 9,03 \cdot 10^{21}$  штук,  $N(Cl^-) = 1,81 \cdot 10^{22}$  штук.

в)  $\nu(K_2CO_3) = 0,03$  моль,  $\nu(CaCl_2) = 0,02$  моль.



Ионы в полученном растворе:  $K^+$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ .

$N(K^+) = 3,61 \cdot 10^{22}$  штук,  $N(CO_3^{2-}) = 6,02 \cdot 10^{21}$  штук,  $N(Cl^-) = 1,20 \cdot 10^{22}$  штук.

10. Найдем pH раствора, полученного сливанием растворов  $K_2CO_3$  и  $HCl$ :

$C(H^+) = \nu(HCl)_{изб.} / (V_{p-ра}(K_2CO_3) + V_{p-ра}(HCl)) = 5 \cdot 10^{-3}$  М,  $pH = -\lg C(H^+) = 2,3$ .

**Система оценивания:**

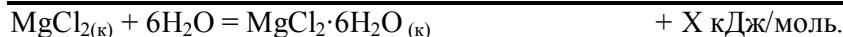
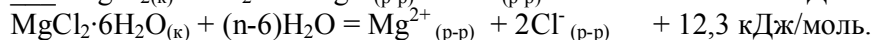
1. Уравнения реакций.....	$2$ б. $\times 3 = 6$ б.
Качественный состав (по 1 б за верный, по 0,5 б – с ошибками).....	$1$ б. $\times 3 = 3$ б.
Количество ионов в штуках.....	$1$ б. $\times 3 \times 3 = 9$ б.
2. Правильно рассчитанный pH (если без учета разбавления, то 1б).....	2 б.
Всего .....	20 б.

(Если указаны  $H^+$  и  $OH^-$  во всех растворах, то «призовой» 1 б., а если для случая а) посчитано количество  $OH^-$  через  $K_w$ , то еще 1б.).

8.

9. Молярная теплота растворения – это количество тепла, выделяющееся при растворении 1 моля вещества. Количество безводного  $MgCl_2$  в 9,52 г составляет  $9,52/95,2 = 0,1$  моля, следовательно при растворении 1 моля безводного  $MgCl_2$  выделится в 10 раз больше тепла. Таким образом, молярная теплота растворения  $MgCl_2$  составит 140 кДж/моль. Аналогично молярная теплота растворения  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  получается  $14/24,3 : 9,52/203,2 = 12,3$  кДж/моль.

10. Запишем термохимические уравнения для процессов растворения солей и для требуемого процесса:



Видно, что требуемый процесс – это просто разность между первым и вторым, а значит, и теплота этого процесса есть разность между вычисленными нами теплотами. То есть  $X = 140 - 12,3 = 127,7$  кДж/моль. Тогда при образовании 2,03 г или  $2,03/203,2 = 0,01$  моль  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  из безводной соли выделится  $0,01 * 127,7 = 1,28$  кДж тепла.

### Система оценивания

1. Расчет теплот растворения ..... 5 б.  $\times 2 = 10$  б.  
 2. Расчет молярной теплоты образования  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  из безводной соли и воды (если самой цифры нет, но есть уравнения и логика расчета, то баллы ставятся) ..... 5 б.  
 Расчет количества тепла ..... 5 б.  
 Всего ..... 20 б.

9.

11. Паша: катод(-):  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow$  или  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ ;

анод(+):  $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ .

Суммарно:  $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\uparrow$  (1).

Саша: катод(-):  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow$  или  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ ;

анод(+):  $\text{S}^{2-} - 2\text{e} = \text{S}\downarrow$ .

Суммарно:  $\text{K}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\uparrow$  (2).

Маша: катод(-):  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow$  или  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ ;

анод(+):  $4\text{OH}^- - 4\text{e} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$  или  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ .

Суммарно:  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$  (3).

У каждого школьника в растворе содержалось по  $0,01 * 1,0 * 1,0 * 10^3 = 10$  г соли. Количество растворенного вещества составляло:  $\text{K}_2\text{SO}_3 - 10/158 = 6,33 * 10^{-2}$  моля;  $\text{K}_2\text{S} - 10/110 = 9,09 * 10^{-2}$  моля;  $\text{K}_2\text{SO}_4 - 10/174 = 5,75 * 10^{-2}$  моля (но эта цифра нам не понадобится). У каждого на катоде выделилось по  $4,48/22,4 = 0,2$  моля газа, что больше, чем могло получиться у Паши и Саши по уравнениям (1) и (2). По окончании этих реакций Паша имел раствор той же соли, что и Маша, а Саша – раствор щелочи. Следовательно, у Паши и Саши в электролизерах еще протекал электролиз воды – реакция (3).

12. Качественный состав растворов, получившихся после отключения тока:

Паша -  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , Саша -  $\text{KOH}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (сера в осадке, а не в растворе), Маша -  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Теперь посчитаем массовые концентрации веществ в растворах. Повезло больше всех, как обычно, Маше. Соли у нее осталось в растворе столько же (10 г), а масса раствора уменьшилась только за счет разложения воды, которой стало меньше ровно на 0,2 моля (количество выделившегося на катоде водорода), т.е. на  $0,2 * 18 = 3,6$  г. Концентрация  $\text{K}_2\text{SO}_4$  в ее растворе  $100 * 10 / (1000 - 3,6) = 1,004$  %. Концентрацию Пашиного раствора можно считать разными путями, но массу соли считать все равно придется, поэтому проще так. Количество сульфата в его растворе такое же, как было сульфита, т.е.  $6,33 * 10^{-2}$  моля, его масса  $6,33 * 10^{-2} * 174 = 11,014$  г. По реакциям (1) и (3) воды расходуется столько же, сколько получается водорода, т.е. у Паши масса воды в растворе  $1000 - 10 - 3,6 = 986,4$  г. Масса всего раствора  $986,4 + 11,014 = 997,414$  г, концентрация сульфата калия  $100 * 11,014 / 997,414 = 1,104$  %. У Саши и вовсе все непросто, но вариантов расчета тоже несколько.

Щелочи в его растворе в 2 раза больше, чем было сульфида калия, т.е.  $2 \cdot 9,09 \cdot 10^{-2} = 0,1818$  моля или  $0,1818 \cdot 56 = 10,18$  г. Масса раствора стала меньше на  $0,2 \cdot 2 = 0,4$  г за счет водорода, на  $9,09 \cdot 10^{-2} \cdot 32 = 2,9$  г за счет серы и еще на

$(0,2 - 9,09 \cdot 10^{-2}) \cdot 32 \cdot 0,5 = 1,7$  г за счет кислорода, т.е. составила  $1000 - 0,4 - 2,9 - 1,7 = 995$  г.

Концентрация гидроксида калия в Сашином растворе  $100 \cdot 10,18 / 995 = 1,023$  %.

**Система оценивания:**

1. Уравнения реакций (1)-(3), можно суммарные..... 2 б.  $\times$  3 = 6 б.

    Указание на реакцию (3) в растворах Паши и Саши..... 1 б.  $\times$  2 = 2 б.

2. Качественный состав растворов..... 1 б.  $\times$  3 = 3 б.

    Количественный состав растворов..... 3 б.  $\times$  3 = 9 б.

(Если расчет концентраций сделан без учета изменения масс растворов, то по 1 б, если изменения учтены, но не полностью, то по 2 б).

Всего ..... 20 б.