

**Заключительный этап Открытой химической олимпиады 2018/2019 учебного года.**

**11 класс. Вариант 1.**

**Задание 1**

При пропускании фтора над бертолетовой солью при повышенной температуре образуется твердая соль А и бесцветный газ Б, имеющий сладковатый вкус. Массовая доля фтора в молекуле Б равна 18,54 %. Несмотря на то, что в состав молекулы входят атомы трёх элементов самых сильных окислителей, газ Б химически пассивен. Газ не гидролизуется водой, не реагирует с холодным раствором щелочи.

Реакция Б с концентрированным раствором гидроксида натрия проходит при 250<sup>0</sup>С, а с гидроксидом калия в спиртовом растворе.

Реакция с металлами Na, K требует нагрева до 300 <sup>0</sup>С.

Вещество Б энергично реагирует с иодоводородной кислотой, с сероводородом при 150 <sup>0</sup>С, с хлороводородом при 100 <sup>0</sup>С, с бензолом в присутствии катализатора AlCl<sub>3</sub> вступает в реакцию электрофильного замещения.

Молекула Б реагирует с тремя молекулами аммиака, в результате получается фторид аммония и соединение С - аммонийная соль необычного состава.

Пропускание газа Б через раствор этилата натрия в этаноле приводит к образованию диэтилового эфира и двух солей.

Образующиеся при взаимодействии 0,05 моля Б с водородом продукты реакции полностью поглотили раствором хлорида бария, масса раствора 104,1 г, массовая доля 5,0%. Выпавший осадок отделили от раствора, а объём фильтрата довели водой до 1000 мл.

Вычислите рН полученного раствора.

Определите формулы А, Б, С.

Напишите структурные формулы Б, С. Определите степени окисления элементов в этих соединениях.

Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

**Решение задания 1**



Степени окисления элементов в перхлорилфториде

**1 балл**

$O^{-2}$       Эти степени окисления являются стабильными для  
 -1    ||      элементов, поэтому В химически пассивен.  
 F --  $Cl^{+7} = O^{-2}$   
       ||  
 $O^{-2}$

**1 балл**

Реакции перхлорилфторида:

250<sup>0</sup>C



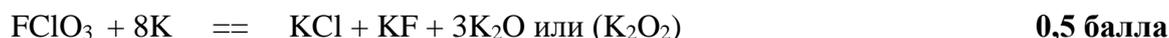
спирт



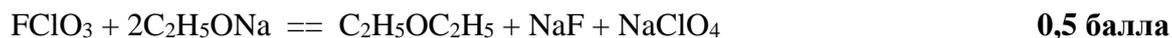
300<sup>0</sup>C



300<sup>0</sup>C



спирт



$AlCl_3$



Расчётная задача.



0,05 mol      0,05    0,05



0,05    0,025    0,025    0,05       $n = 0,025 mol$

Суммарное количество соляной кислоты в фильтрате 0,1 моль.

Концентрация соляной кислоты в объёме 1 л равна  $C = 0,1$  моль/л.

Для сильной кислоты  $C_{H^+} = 0,1$  моль/л.  $pH = 1$ .      **1 балл**

**Итого 10 баллов**

## Задание 2

В доменной печи при высокой температуре восстанавливают железную руду коксом. В результате образуется хрупкий сплав железа с высокой концентрацией углерода, называемый чугуном.

Для анализа чугуна был взят образец массой 10,1 г. Образец длительное время обрабатывали 30 % раствором уксусной кислоты, объём раствора 80 мл. Выделилось 2,24 л (н.у.) легчайшего газа В, остался серый осадок вещества Х. Раствор отфильтровали.

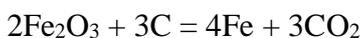
Объём фильтрата довели дистиллированной водой до 100 мл. Для определения концентрации растворённого в данном растворе вещества использовал метод перманганатометрии. На титрование 20 мл раствора потребовалось 40 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , концентрации  $C = 0,1$  моль/л. Титрование проводилось в присутствии серной кислоты.

Сухой остаток Х был при нагревании полностью растворён в 10% соляной кислоте, объём кислоты 80 мл. Выделилась эквимолярная смесь двух газов В и С объёмом 1,12 л (н.у.), имеющая плотность по водороду  $D = 4,5$ . Для определения количества растворённого вещества использовали раствор дихромата калия концентрации  $C = 1,0$  моль/л. На титрование всего раствора потребовалось 12,5 мл раствора дихромата калия.

1. Напишите основные реакции восстановления гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в доменной печи, в которой используется кислородное дутьё.
2. Напишите уравнения всех реакций в процессе исследования чугуна. Установите его качественный и количественный состав. Подтвердите полученные выводы расчётами.
3. Определите формулы соединений Х, В, С.
4. Рассчитайте массовую долю углерода в чугуне.
5. Напишите реакцию полного растворения 10,1 г чугуна в концентрированной азотной кислоте при нагревании. Принять, что выделяется только один оксид азота бурого цвета. Рассчитайте суммарную массу газов, которые выделяются при растворении чугуна.

## Решение задания 2

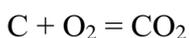
Реакции восстановления гематита:



Суммарное уравнение реакции

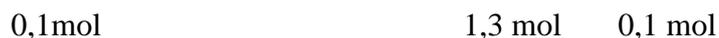
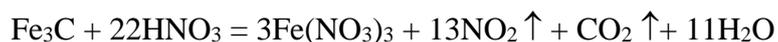
**1 балл**

Процесс в доменной печи включает реакции:



**0,25 балла**





Масса газов равна  $m = 46 \times 1,6 + 44 \times 0,1 = 78 \text{ g}$

**1 балл**

-----  
**Итого 10 баллов**

### Задание 3

В химической лаборатории был проведён анализ лекарственного препарата А. Образец препарата массой 3,30 г сожжён в кислороде. Продукты горения:  $\text{CO}_2$  - 4,032 л (н.у.),  $\text{H}_2\text{O}$  - 1,98 г,  $\text{N}_2$  - 0,224 л (н.у.).

Водный гидролиз А приводит к образованию спирта и аминокислоты. Массовая доля азота в аминокислоте равна 10,22 %. В молекуле кислоты имеются четыре расположения атомов водорода.

Определите формулу препарата А.

Напишите реакции щёлочного и кислотного гидролиза А.

Предложите совокупность реакций для получения препарата А, используя основное вещество природного газа, а также все необходимые неорганические вещества и оборудование для проведения синтезов. Указать для реакций условия их проведения.

### Решение задания 3

Определение брутто формулы А:

$n(\text{CO}_2) = 0,18$  моль.  $n(\text{C}) = 0,18$  моль. Масса углерода 2,16 г.

$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,11$  моль.  $n(\text{H}) = 0,22$  моль. Масса водорода 0,22 г.

$n(\text{N}_2) = 0,01$  моль.  $n(\text{N}) = 0,02$  моль. Масса азота 0,28 г.

Суммарная масса равна 2,66 г. Следовательно, в состав А входит кислород. Масса кислорода  $m(\text{O}) = 3,30 - 2,66 = 0,64$  г.  $n(\text{O}) = 0,04$  моль.

Мольное соотношение элементов в молекуле А

$\text{C} : \text{H} : \text{O} : \text{N} = 0,18 : 0,22 : 0,02 : 0,04 = 9 : 11 : 2 : 1$

$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$  - брутто формула.  $M = 165$  г/моль.

**1 балл**

Гидролиз соединения А водой.



165 г      18 г      137 г      46 г

Определение молекулярной массы кислоты:

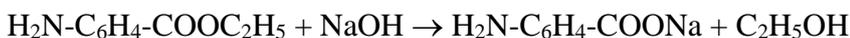
$M = 14 : 0,1022 = 137,0$  г/моль.  $M(\text{R}_1) = 76$  г/моль. Это  $\text{C}_6\text{H}_4$ .

Аминокислота пара-аминобензойная кислота. В молекуле этой кислоты четыре положения атомов водорода. **1 балл**

В результате гидролиза получается этанол.  $M = 46$  г/моль.

Препарат А - этиловый эфир пара-аминобензойной кислоты, медицинское название АНЕСТЕЗИН. **1 балл**

Щёлочной гидролиз А: **0,5 балла**



Кислотный гидролиз А: **0,5 балла**



Синтез анестезина А.

1.  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$  облучение **0,5 балла**

2.  $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$   $1500^\circ\text{C}$  **0,5 балла**

3.  $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$   $600^\circ\text{C}$ , графит **0,5 балла**

4.  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{HCl}$   $\text{AlCl}_3$  **0,5 балла**

5.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{HONO}_2 \rightarrow 4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  **1 балл**

6.  $4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3 + [\text{O}] \rightarrow 4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  **1 балл**

7.  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$   $\text{Hg}^{2+}$  **0,5 балла**

8.  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$   $\text{Ni}$  **0,5 балла**

9.  $4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow$   
 $\rightarrow 4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$   $\text{H}^+$  **0,5 балла**

10.  $4\text{-O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOC}_2\text{H}_5 + 3\text{H}_2 \rightarrow$   
 $\rightarrow 4\text{-H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOC}_2\text{H}_5 + 2\text{H}_2\text{O}$   $\text{Pt}$  **0,5 балла**

-----  
**Итого 10 баллов**

Принимаются другие обоснованные методы синтеза А, максимальное число баллов за синтез б.

#### Задание 4

Эквимольная газовая смесь А + В имеет плотность по водороду  $D = 15$ . Эту смесь объёмом 44,8 л (н.у.) пропустили через воду (масса 70 г) и получили 30% раствор вещества А.

Водный раствор А используется в медицине и биологии.

Раствор А реагирует аммиачным раствором гидроксида серебра, а также со свежесосаждённым гидроксидом меди.

Раствор А реагирует с раствором аммиака в мольном отношении  $A:NH_3 = 6:4$  с образованием полициклического соединения У, имеющего молярную массу  $M = 140$  г/моль, и не содержащего атомов кислорода. Это вещество используется в медицине, а также туристами, рыбаками, охотниками.

При длительном стоянии из раствора выпадает белый осадок вещества ПФ, который является удобным способом хранения А. При нагревании с водой ПФ превращается в водный раствор А.

Непоглотившийся водой газ В объёмом 22,4 л (н. у.) прохлорировали на свету с образованием монохлорпроизводного. Далее это соединение пропустили через спиртовой раствор гидроксида натрия и получили Э - один из важнейших мономеров химической промышленности.

1. Определите вещества А, В, ПФ, У, Э.
2. Как называется водный раствор А, какими свойствами он обладает.
3. Напишите реакции А с аммиачным раствором гидроксида серебра, гидроксидом меди, аммиаком.
4. Напишите реакцию поликонденсации, в промышленных масштабах используемой для получения смол, в которой участвует соединение А.
5. Какой полимер получают из Э?
6. Напишите реакции получения из Э спирта, двухатомного спирта, альдегида, кислоты.

#### Решение задания 4

Средняя молярная масса смеси газов  $M_{\text{ср}} = 30$  г/моль.

Количество смеси газов 2 моля.

При пропускании через воду получился раствор, в котором масса А равна 30 г. Раз смесь эквимольная, значит количество поглотившегося вещества А 1 моль.

Масса полученного раствора 100 г.

Молярная масса газа А  $M_A = 30$  г/моль. А - формальдегид.

**1 балл**

Водный раствор А - формалин используется для консервации биологических объектов.

При длительном стоянии идет полимеризация метаналя с образованием твёрдого полиформальдегида ПФ. Число звеньев в цепи  $n=(10 - 100)$ . Этот процесс обратим.

Реакции метаналя.



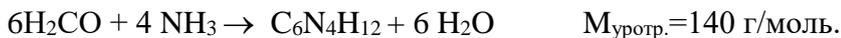
**1 балл**



**1 балл**

Принимаются и другие варианты возможных реакций окисления метанала, а также реакция с образованием оксида меди (I).

Реакция образования уротропина.



В молекуле уротропина между атомами азота находятся группы  $-\text{CH}_2-$ . Образуется пространственная полициклическая структура.

Уротропин называют сухим горючим.

**1 балл**

Формальдегид участвует в реакции поликонденсации с фенолом с образованием фенолформальдегидных смол.

**0,5 балла**

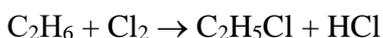
Уравнение реакции

**0,5 балла**

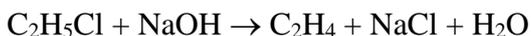
Газ В не поглотился водой. Объём газа 22,4 л.  $M=30$  г/моль.

Газ В - этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

**1 балл**

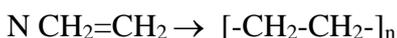


**0,5 балла**



**0,5 балла**

Полимеризацией этилена получают полиэтилен:



**0,5 балла**

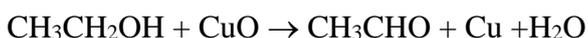
Получение производных этилена:



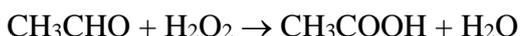
**0,5 балла**



**1 балл**



**0,5 балла**



**0,5 балла**

Принимаются другие варианты реакций.

-----  
**Итого 10 баллов**

### Задание 5

Ученик получил задание от учителя изучить зависимость скорости реакции цинка с кислотой от концентрации кислоты, температуры, величины поверхности реагента. Ученик провёл три серии опытов, результаты которых даны в таблицах. В экспериментах измерялся объём газа (приведённый к н.у.) и время его выделения. Для проведения опытов были изготовлены образцы цинка разного размера в виде кубиков. Реактор помещался в термостат с измеряемой температурой. Во всех опытах масса цинка была равна 7,13 г. Плотность цинка 7,13 г/см<sup>3</sup>.

#### 1. Зависимость скорости реакции от концентрации кислоты.

Температура 25 °С.

Таблица 1.

№ опыта	Ребро куба, мм	C <sub>HCl</sub> , моль/л	Время, мин	Объём, мл
1	10	0,5	2,0	20
2	10	1,0	2,0	39,8
3	10	1,5	1,0	30,1
4	10	2,0	3,0	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в четвёртом опыте с точностью до целого значения.

#### 2. Зависимость скорости реакции от температуры.

Концентрация кислоты постоянная C=1,0 моль/л. Таблица 2.

№ опыта	Ребро куба, мм	t, °С	Время, мин	Объём, мл
1	10	15	2,0	26,5
2	10	25	2,0	39,8
3	10	35	1,0	30,1
4	10	45	2,0	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в четвёртом опыте с точностью до целого значения.

#### 3. Зависимость скорости реакции от площади поверхности твёрдой фазы.

Температура опытов 25 °С. Суммарная масса кубиков во всех опытах одинаковая 7,13 г.

№ опыта	Ребро куба, мм	C <sub>HCl</sub> , моль/л	Время, мин	Объём, мл
1	10	1,0	2,0	39,8
2	5	1,0	1,0	39,9
3	2	1,0	1,0	100,2
4	1	1,0	0,5	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в четвёртом опыте с точностью до целого значения.

Сделайте вывод о зависимости скорости реакции от концентрации кислоты, от площади поверхности цинка. Чему равен температурный коэффициент Вант-Гоффа для этой реакции?

Во всех предыдущих опытах был большой избыток соляной кислоты, и концентрация кислоты в ходе опыта практически не менялась. Ученик провёл дополнительный эксперимент, в котором не было избытка кислоты. Условия эксперимента:

Масса цинка 7,13 г. Ребро кубика 1 мм. Начальная концентрация кислоты 1,0 моль/л. Объём кислоты 200 мл. Температура 25 °С. Рассчитайте начальную скорость реакции, выраженную по объёму выделившегося газа [мл/мин], а также скорость реакции в момент, когда выделится 1120 мл газа. Какой максимальный объём газа может выделиться в этом опыте?

### Решение задания 5

1. Зависимость скорости реакции от концентрации кислоты.

Скорость реакции есть объём выделившегося за минуту газа.

Снсl, моль/л	0,5	1,0	1,5	2,0
Скорость, мл/мин	10	19,9	30,1	?= 40

Анализ результатов опытов 1, 2, 3 приводит к выводу, что скорость реакции прямо пропорциональна концентрации кислоты. Следовательно, в четвёртом опыте скорость равна 40 мл/мин, а за три минуты выделится газ объёмом 120 мл. **2 балла**

2. Зависимость скорости реакции от температуры.

t, °С	15	25	35	45
Скорость	13,25	19,9	30,1	

Найдём коэффициент Вант-Гоффа как отношение скоростей реакций, температуры проведения реакций отличаются на 10<sup>0</sup> С

$$\gamma = 19,9/13,25 = 1,50. \quad \gamma = 30,1/19,9 = 1,51. \quad \text{Можно принять } \gamma = 1,50.$$

Тогда скорость при 45 °С будет равна 45 мл/мин.

За две минуты выделится 90 мл газа.

**3 балла**

3. Зависимость скорости реакции от площади поверхности твёрдой фазы.

Все образцы - кубики разных размеров. Масса цинка во всех опытах одинакова, следовательно, и суммарный объём кубиков в разных опытах одинаков, разным будет их количество.

Объём кубика  $V=a^3$ . Площадь поверхности кубика  $S= 6a^2$ .

№	Ребро, мм	Число кубиков	Площадь, мм <sup>2</sup>	Скорость, мл/мин
1	10	1	600	19,9 $\cong$ 20
2	5	8	1200	39,9 $\cong$ 40
3	2	125	3000	100,2 $\cong$ 100
4	1	1000	6000	200

Анализ полученных результатов показывает прямую зависимость скорости реакции от площади поверхности твёрдой фазы. Это позволило рассчитать скорость в опыте № 4. За время 0,5 мин выделится 100 мл газа. **3 балла**

Дополнительный эксперимент.

Начальная скорость для данных условий рассчитана в предыдущей серии и равна 200 мл/мин.

Исходное количество цинка 0,1 моль.

Исходное количество кислоты 0,2 моль.

$Zn + 2 HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow$       Объём газа 1,12 л. 0,05 моль

0,1    0,2      Начальные количества

0,05   0,1      0,05    0,05      Конечные количества, моль.

Объём раствора мало меняется в таких реакциях, концентрация кислоты уменьшилась в два раза.

Рассчитаем поверхность кубиков в этот момент реакции. Начальный объём кубика 1 мм<sup>3</sup>. Площадь поверхности 6 мм<sup>2</sup>.

Так как масса цинка уменьшилась в два раза, в два раза должен уменьшиться и объём каждого кубика.

Новый объём 0,5 мм<sup>3</sup>. Ребро  $a = 0,794$  мм. Площадь  $S = 3,78$  мм<sup>2</sup>.

Площадь поверхности кубика уменьшилась в  $6 : 3,78 = 1,59$  раз.

За счёт уменьшения концентрации кислоты в два раза и поверхности кубика в 1,59 раза общее уменьшение скорости реакции будет в 3,17 раз. Скорость реакции будет равна  $200 : 3,17 = 63$  мл/мин.

**2 балла**

---

**Итого 10 баллов**

## Заключительный этап Открытой химической олимпиады 2018/2019 учебного года.

### 11 класс. Вариант 2.

#### Задание 1

Бесцветный газ Б сладковатого вкуса имеет при нормальных условиях плотность 4,576 г/л. В молекулу Б входят три элемента: X, Y, Z, два из них – соседи по группе, два – по периоду. Массовая доля Y в молекуле Б равна 18,54 %. Несмотря на то, что в состав молекулы входят атомы трёх элементов самых сильных окислителей, газ Б химически пассивен. Он не гидролизуется водой, не реагирует с холодным раствором щелочи.

Реакция Б с концентрированным раствором гидроксида натрия проходит при 250<sup>0</sup>С, а с гидроксидом калия в спиртовом растворе.

Реакция с металлами Na, K требует нагрева до 300 <sup>0</sup>С.

Б энергично реагирует с иодоводородной кислотой, с сероводородом при 150<sup>0</sup>С, с хлороводородом при 100 <sup>0</sup>С, с бензолом в присутствии катализатора AlCl<sub>3</sub> вступает в реакцию электрофильного замещения.

Одна молекула Б реагирует с тремя молекулами аммиака, в результате получается фторид аммония и соединение С - аммонийная соль необычного состава.

Пропускание газа Б через раствор этилата натрия в этаноле приводит к образованию диэтилового эфира и двух солей.

Образовавшиеся при взаимодействии 0,05 моля Б с водородом продукты реакции полностью поглотили раствором хлорида бария, масса раствора 104,1 г, массовая доля 5,0%. Выпавший осадок отделили от раствора, а объём фильтрата довели водой до 1000 мл.

Вычислите рН полученного раствора.

Определите формулы Б и С.

Напишите структурную формулу Б. Определите степени окисления элементов в этом соединении.

Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

#### Решение задания 1

Самые сильные окислители (по электроотрицательности) - F, O, N, Cl). Условиям задачи удовлетворяют O, F, Cl (X, Y, Z).

Молекулярная масса Б равна  $M_B = 4,576 \times 22,4 = 102,5$  г/моль.

Такая  $M_B$  возможна при одном атоме хлора в молекуле.

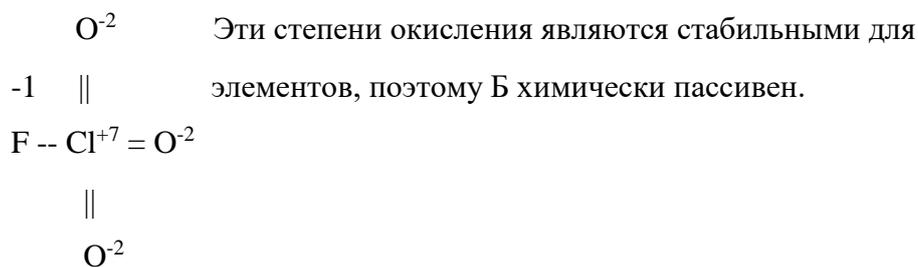
Масса Y в моле равна  $102,5 \times 0,1854 = 19,0$  г. Один F.

Масса кислорода  $102,5 - 35,5 - 19,0 = 48$  г. Три O.

Формула газа  $\text{FClO}_3$  - перхлорилфторид.

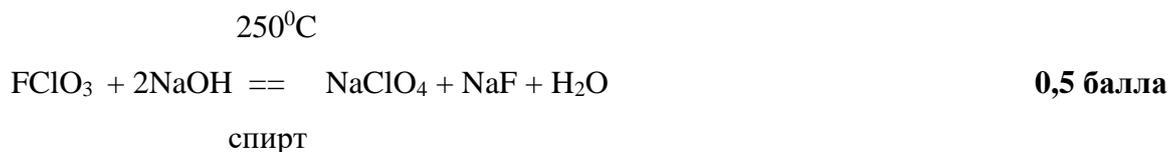
Степени окисления элементов в перхлорилфториде

**1 балл**



**1 балл**

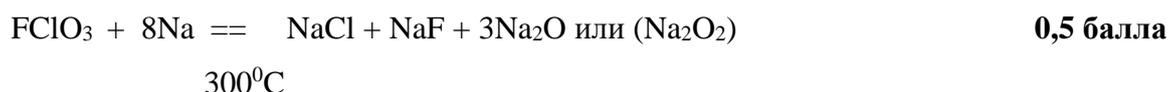
Реакции перхлорилфторида:



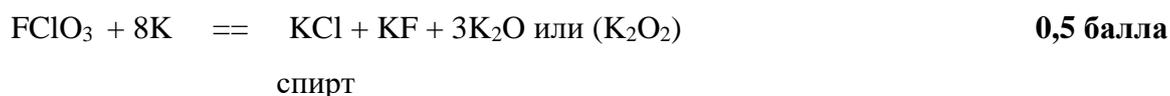
**0,5 балла**



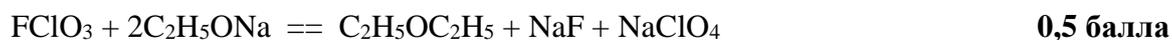
**0,5 балла**



**0,5 балла**



**0,5 балла**



**0,5 балла**



**0,5 балла**



**0,5 балла**



**1 балл**



**0,5 балла**



**1 балл**

Расчётная задача.



**1 балл**

$$0,05 \text{ mol} \quad 0,05 \quad 0,05$$



$$0,05 \quad 0,025 \quad 0,025 \quad 0,05 \quad n = 0,025 \text{ mol}$$

Суммарное количество соляной кислоты в фильтрате 0,1 моль.

Концентрация соляной кислоты в объёме 1 л равна  $C = 0,1$  моль/л.

Для сильной кислоты  $C_{\text{H}^+} = 0,1$  моль/л.  $\text{pH} = 1$ .

**1 балл**

---

**Итого 10 баллов**

## Задание 2

В доменной печи при высокой температуре восстанавливают марганцевую руду  $MnO_2$  коксом. В результате образуется хрупкий сплав марганца с высокой концентрацией углерода.

Для анализа сплава был взят образец массой 9,925 г. Образец обработали холодной водой. Выделилась эквимолярная смесь двух газов: легчайшего В и С объёмом 1,12 л (н.у.), имеющая плотность по водороду  $D = 4,5$  и остался серый осадок X, состоящий из двух веществ. Раствор отфильтровали, растворённых веществ в нём обнаружено не было.

Осадок X полностью растворили в соляной кислоте, выделилось 2,24 л (н.у.) легчайшего газа В.

Полученный раствор обработали избытком гидроксида натрия, выпавший осадок отфильтровали и прокалили в инертной атмосфере. Получили 12,425 г серо-зелёного оксида.

1. Напишите основные реакции восстановления пиролюзита  $MnO_2$  в доменной печи.

2. Напишите уравнения всех реакций в процессе исследования сплава, установите его качественный и количественный состав. Подтвердите полученные выводы расчётами.

3. Определите формулы соединений X, В, С.

4. Рассчитайте массовую долю углерода в сплаве.

5. Напишите реакцию полного растворения 9,925 г сплава в азотной кислоте при нагревании. Принять, что выделяется только один оксид азота (II). Рассчитайте суммарный объём газов, которые выделяются при растворении сплава.

## Решение задания 2

Реакции восстановления пиролюзита  $MnO_2$ :

$MnO_2 + C = Mn + CO_2$  Суммарное уравнение реакции. **0,5 балла**

Процесс в доменной печи включает реакции:

$C + O_2 = CO_2$  **0,25 балла**

$C + CO_2 = 2CO$  **0,25 балла**

$MnO_2 + CO = MnO + CO_2$  **0,25 балла**

$MnO + CO = Mn + CO_2$  **0,25 балла**

$3Mn + C = Mn_3C$  **0,5 балла**

Реакция с холодной водой:

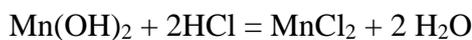
$Mn_3C + 6H_2O = 3Mn(OH)_2 + H_2\uparrow + CH_4\uparrow$   $n(Y+Z)=0,05 \text{ mol}$   
0,025    0,075                    0,025 0,025 **1 балл**

Средняя молярная смеси газов 9,0 г/моль. Это соответствует эквимольной смеси водорода и метана  $M_{cp} = (16 + 2) : 2 = 9,0$  г/моль.

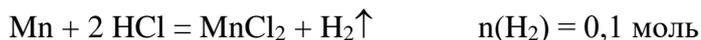
Количество углерода в образце  $n(C) = 0,025$  моль.  $m(C) = 0,3$  г.

Массовая доля углерода в сплаве  $\omega(C) = 3,02\%$ . **1 балл**

Обработка осадка соляной кислотой. В осадке  $Mn(OH)_2 + Mn$ .



0,075                      0,075 **0,5 балл**



0,1                      0,1      0,1 моль **0,5 балл**

5,5 г                      Масса карбида Mn  $9,925 - 5,5 = 4,425$  г.

Масса марганца в карбиде  $4,425 - 0,3 = 4,125$  г.

$n(Mn) = 0,075$  моль.  $n(Mn) : n(C) = 0,075 : 0,025 = 3:1$ .

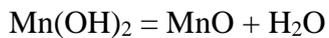
Формула карбида марганца  $Mn_3C$ . **1 балл**

Осаждение гидроксида марганца из раствора хлорида:



0,175                      0,175 mol **0,5 балла**

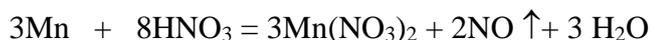
Прокаливание гидроксида марганца:



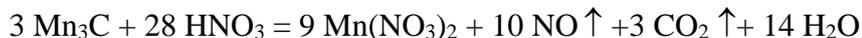
0,175                      0,175 mol **0,5 балла**

12,425 g                      Согласуется с условием задания.

Реакция растворения сплава в азотной кислоте:



0,1 mol                      0,1 mol      0,0667 **1 балл**



0,025 mol                      0,0833 mol 0,025 **1 балл**

Объём газов  $V = 22,4 \times (0,0667 + 0,0833 + 0,025) = 3,92$  л. **1 балл**

-----  
**Итого 10 баллов**

### Задание 3

В химической лаборатории был проведён анализ лекарственного препарата А. Массовые доли элементов в препарате А равны:

Элемент	С	Н	О	Н
% (масс.)	65,45	6,67	19,39	8,48

Соединение А играет важную роль в живых организмах и относится к группе «незаменимых».

Соединение А хорошо растворимо в воде, гидролизу не подвергается. Реакция с гидроксидом натрия приводит к образованию соли с массовой долей натрия 12,30%. Реакция с соляной кислотой приводит к образованию соли с массовой долей азота 6,98%.

Определите формулу соединения А.

Напишите реакцию димеризации А. Как называется возникающая при конденсации связь? В чём роль А в живых организмах?

Предложите совокупность реакций для получения препарата А, используя основное вещество природного газа, а также все необходимые неорганические вещества и оборудование для проведения синтезов. Указать для реакций условия их проведения.

### Решение задания 3

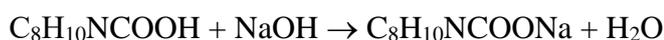
Определение брутто формулы А:

$$C : H : O : N = 65,45/12 : 6,67/1 : 19,39/16 : 8,48/14 = 9 : 11 : 2 : 1$$

$C_9H_{11}O_2N$  - брутто формула.  $M = 165$  г/моль.

**1 балл**

Реакция с гидроксидом натрия указывает на наличие карбоксильной группы в молекуле А.



Массовая доля натрия в соли равна 12,30%.

**1 балл**

Реакция с соляной кислотой указывает на наличие амино группы в молекуле А.



Массовая доля азота в соли 6,98%.

**1 балл**

Эта аминокислота входит в список биологически важных аминокислот, относится к числу незаменимых.

А → 3-фенил-2-аминопропановая кислота. Фенилаланин.

**1 балл**

Реакция димеризации фенилаланина:



г/моль, и не содержащего атомов кислорода. Это вещество используется в медицине, а также туристами, рыбаками, охотниками.

При длительном стоянии из раствора выпадает белый осадок вещества ПФ, который является удобным способом хранения А. При нагревании с водой ПФ превращается в водный раствор А.

Непоглотившийся водой газ В объёмом 22,4 л (н. у.) - один из важнейших мономеров химической промышленности.

1. Определите вещества А, В, ПФ, У.
2. Как называется водный раствор А, какими свойствами он обладает.
3. Напишите реакции А с аммиачным раствором гидроксида серебра, гидроксидом меди, аммиаком.
4. Напишите реакцию поликонденсации, в промышленных масштабах используемой для получения смол, в которой участвует соединение А.
5. Какой полимер получают из В?
6. Напишите реакции получения из В спирта, двухатомного спирта, альдегида, кислоты.

#### Решение задания 4

Средняя молярная масса смеси газов  $M_{\text{ср}} = 29$  г/моль.

Количество смеси газов 2 моля. Масса смеси газов 58 г.

При пропускании через воду объём газа уменьшился на 22,4 л. Поглотился 1 моль газа А. Масса раствора 100 г.

Масса поглощённого газа А в растворе равна 30 г.

Молярная масса газа А  $M_A = 30$  г/моль. А - формальдегид. **1 балл**

Водный раствор А - формалин используется для консервации биологических объектов.

При длительном стоянии идет полимеризация метаналя с образованием твёрдого полиформальдегида ПФ. Число звеньев в цепи  $n = (10 - 100)$ . Этот процесс обратим.

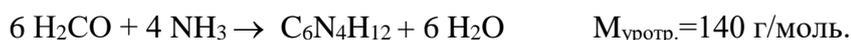
**1 балл**

Реакции метаналя.



Принимаются и другие варианты возможных реакций окисления метаналя, а также реакция с образованием оксида меди (I).

Реакция образования уротропина.



В молекуле уротропина между атомами азота находятся группы  $-\text{CH}_2-$ . Образуется пространственная полициклическая структура.

Уротропин называют сухим горючим. **1 балл**

Формальдегид участвует в реакции поликонденсации с фенолом с образованием фенолформальдегидных смол. **0,5 балла**

Уравнение реакции **0,5 балла**

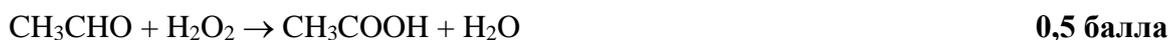
Газ В не поглотился водой. Объём газа 22,4 л.  $M = 28 \text{ г/моль.}$

Газ В - этен  $\text{C}_2\text{H}_4$ . **1 балл**

Полимеризацией этилена получают полиэтилен:



Получение производных этилена:

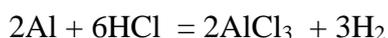


Принимаются другие варианты реакций.

-----  
**Итого 10 баллов**

### Задание 5

Ученик получил задание от учителя изучить зависимость скорости реакции алюминия с кислотой от концентрации кислоты, температуры, площади поверхности металла. Ученик провёл три серии опытов, результаты которых даны в таблицах. В экспериментах измерялся объём газа (приведённый к н.у.) и время его выделения. Для проведения опытов были изготовлены образцы алюминия разного размера в виде шариков. Реактор помещался в термостат с измеряемой температурой. Во всех опытах масса алюминия была равна 2,7 г. Плотность алюминия  $2,7 \text{ г/см}^3$ .



1. Зависимость скорости реакции от концентрации кислоты.

Температура 25 °С.

Таблица 1.

№ опыта	Количество шариков	$C_{HCl}$ , моль/л	Время, мин	Объём, мл
1	1	0,5	2,0	30
2	1	1,0	2,0	59,8
3	1	1,5	1,0	45,1
4	1	2,0	3,0	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в четвёртом опыте с точностью до целого значения.

2. Зависимость скорости реакции от температуры.

Концентрация кислоты постоянная  $C=1,0$  моль/л.

Таблица 2.

№ опыта	Количество шариков	$t$ , °С	Время, мин	Объём, мл
1	1	15	4,0	60,0
2	1	25	2,0	59,8
3	1	35	1,0	60,1
4	1	45	2,0	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в четвёртом опыте с точностью до целого значения.

3. Зависимость скорости реакции от площади поверхности твёрдой фазы. Температура опытов 25 °С. Суммарная масса кубиков во всех опытах одинаковая 2,7 г.

№ опыта	Количество шариков	$C_{HCl}$ , моль/л	Время, мин	Объём, мл
1	1	1,0	2,0	59,8
2	10	1,0	1,0	64,7
3	100	1,0	0,5	?

Поставьте в таблицу ожидаемое значение объёма газа в третьем опыте с точностью до целого значения.

Сделайте вывод о зависимости скорости реакции от концентрации кислоты, от площади поверхности алюминия. Чему равен температурный коэффициент Вант-Гоффа для этой реакции?

Во всех предыдущих опытах был большой избыток соляной кислоты и концентрация кислоты в ходе опыта практически не менялась. Ученик провёл дополнительный эксперимент, в котором не было избытка кислоты. Условия эксперимента:

Масса алюминия 2,7 г. Алюминий в форме одного шарика. Начальная концентрация кислоты 1,0 моль/л. Объём кислоты 300 мл. Температура 25 °С. Рассчитайте начальную скорость реакции, выраженную по объёму выделившегося газа [мл/мин], а также скорость реакции в момент, когда масса алюминия уменьшится в два раза. Какой максимальный объём газа может выделиться в этом опыте?

### Решение задания 5

1. Зависимость скорости реакции от концентрации кислоты.

Скорость реакции есть объём выделившегося за минуту газа.

$C_{HCl}$ , моль/л	0,5	1,0	1,5	2,0
Скорость, мл/мин	15,0	29,9	45,1	?= 60

Анализ результатов опытов 1, 2, 3 приводит к выводу, что скорость реакции прямо пропорциональна концентрации кислоты. Следовательно, в четвёртом опыте скорость равна 60 мл/мин, а за три минуты выделится газ объёмом 180 мл. **2 балла**

2. Зависимость скорости реакции от температуры.

$t$ , °С	15	25	35	45
Скорость	15	29,9	60	120

Найдём коэффициент Вант-Гоффа как отношение скоростей реакций, температуры проведения реакций отличаются на 10° С.

$$\gamma = 29,9/15 = 1,99. \quad \gamma = 60/29,9 = 2,0. \text{ Можно принять } \gamma = 2,0.$$

Тогда скорость при 45 °С будет равна 120 мл /мин.

За две минуты выделится 240 мл газа. **3 балла**

3. Зависимость скорости реакции от площади поверхности твёрдой фазы.

Все шарики разных размеров. Масса алюминия во всех опытах одинакова, следовательно, и суммарный объём шариков в разных опытах одинаков, разным будет их количество.

$$\text{Объём шара } V = 4/3 \pi r^3. \text{ Площадь поверхности } S = 4 \pi r^2.$$

$$S = 4,836 (V^2)^{1/3}$$

$$\text{Суммарный объём шариков } 1 \text{ см}^3 = 1000 \text{ мм}^3.$$

