

**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.

## 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.

### 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.

#### 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.

### 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?

**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 гидролизует 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.

## Задание 2

В доменной печи при высокой температуре восстанавливают марганцевую руду  $\text{MnO}_2$  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 эквимольная 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  $\text{MnO}_2$  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.

### Задание 3

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

|           |       |      |       |      |
|-----------|-------|------|-------|------|
| Элемент   | С     | Н    | О     | N    |
| % (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.

#### Задание 4

Эквимольная газовая смесь А + В имеет плотность по водороду  $D = 14,5$ . 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 с аммиачным раствором гидроксида серебра, а также со свежееосаждённым 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.

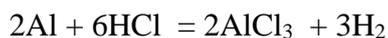
При длительном стоянии из раствора выпадает белый осадок вещества ПФ, который является удобным способом хранения А. При нагревании с водой ПФ превращается в водный раствор А.

Непоглотившийся водой газ В объёмом 22,4 л (н. у.) - 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.

### 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 г/см<sup>3</sup>.



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

Температура 25 °С.

Таблица 1.

| № опыта | Количество шариков | C <sub>HCl</sub> , 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 <sub>HCl</sub> , 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?