

## Очный этап. 11 класс. Решения.

### Задание № 1.

Смесь трёх газов А, В, С имеет плотность по водороду равную 14. Порция этой смеси массой 168 г была пропущена через избыток раствора брома в инертном растворителе ( $\text{CCl}_4$ ), объём непоглотившихся газов составил половину от исходного. Плотность этой смеси по гелию равнялась 7. Эту смесь пропустили над нагретым порошком оксида меди (2), масса порошка уменьшилась на 16 г. Полученную при пропускании над оксидом смесь газов продули через избыток раствора гидроксида бария. Непоглотившийся газ, плотность при н.у. 1,25 г/л, реагирует при комнатной температуре с самым лёгким металлом.

Определите газы А, В, С. Вычислите массовые доли газов в исходной смеси. Напишите все реакции, рассчитайте массы продуктов в этих реакциях.

### Решение.

- Средняя молярная масса смеси  $M_{\text{ср}} = 28$  г/моль. Общее количество газа равно  $168:28 = 6$  моль. (1 балл)
- Реакция с бромом алкена не изменила  $M_{\text{ср}} = 28$  г/моль непоглотившихся газов, следовательно,  $M_{\text{алкен}} = 28$  г/моль. Газ А –этен  $\text{C}_2\text{H}_4$ .  
Масса этена есть половина общей массы и равна 84 г. Тогда количество этена равно  $84:28 = 3$  моль. (1 балл)  
 $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$
- Масса дибромэтана  $188 \times 3 = 564$  г. (1 балл)
- Газ, не вступивший в реакцию с оксидом меди, имеет молярную массу  $M = 1,25 \times 22,4 = 28$  г/моль. Газ С – азот. Он реагирует с литием при комнатной температуре с образованием нитрида.
- $6 \text{Li} + \text{N}_2 = 2 \text{Li}_3\text{N}$  (1 балл)  
Газ В имеет  $M = 28$  г/моль, реагирует с оксидом меди. Газ В – СО.  
 $\text{CuO} + \text{CO} = \text{Cu} + \text{CO}_2$  (1 балл)  
Масса оксида меди уменьшилась на 16 г, оксида меди восстановилось 1 моль, газа СО в смеси также 1 моль, масса СО 28 г. (1 балл)
- Масса восстановленной меди 63,5 г, количество  $\text{CO}_2$  1 моль, масса углекислого газа 44 г. ((1 балл)  
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- Масса осадка карбоната бария 197,3 г. (1 балл)  
Количество азота в смеси 2 моль.
- Масса нитрида лития  $34,7 \times 4 = 138,8$  г. ((1 балл)  
Массовые доли газов в исходной смеси:
- Этен – 50 %, СО – 16,667 %, азот – 33,333%. (1 балл)

---

Итого

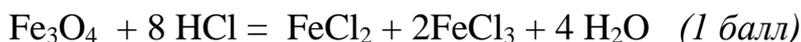
10 баллов

## Задание № 2.

Навеску смешанного оксида железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  массой 23,14 г полностью растворили в 1 л хлороводородной кислоты концентрации 1 моль/л (плотность 1,04 г/мл). В полученный раствор внесли железный стержень массой 15 г. Определите массу стержня и концентрацию вещества в растворе после завершения реакций. Все процессы проводились в инертной атмосфере.

### Решение.

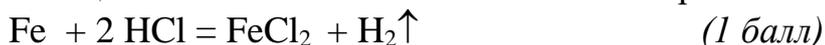
- Реакция с соляной кислотой:



$$M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 231,4 \text{ г/моль. } n = 0,1 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

- В реакцию вступит 0,8 моль  $\text{HCl}$ . Исходное количество кислоты 1 моль. Останется после реакции растворения 0,2 моль. (1 балл)
- Количество  $\text{FeCl}_2$  – 0,1 моль,  $\text{FeCl}_3$  – 0,2 моль результат реакции растворения. (1 балл)

- Реакция соляной кислоты с железным стержнем:



$$0,1 \quad 0,2 \quad 0,1 \quad 0,1$$

- Реакция железного стержня с  $\text{FeCl}_3$



$$0,1 \quad 0,2 \quad 0,3 \quad (1 \text{ балл})$$

- Общее количество  $\text{FeCl}_2$  в растворе  $0,1 + 0,1 + 0,3 = 0,5$  моль.

- Масса  $126,8 \times 0,5 = 63,4$  г. (1 балл)

- Масса железа вступившего в реакцию  $55,8 \times 0,2 = 11,16$  г.

$$\text{Масса водорода } 0,2 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

- Масса раствора после реакции  $1040 + 23,14 + 11,16 - 0,2 = 1074,1$  г

$$\text{Массовая доля соли в растворе } 63,4 : 1074,1 = 0,059 \text{ (5,9\%)} \quad (1 \text{ балл})$$

- Масса стержня после реакции  $15 - 11,16 = 3,84$  г. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 3.

Кристаллическое вещество X (растворимое в воде) массой 29,1 г сожгли в избытке кислорода. Часть продуктов сгорания поглотилась при пропускании их через 100 мл холодной воды. Масса полученного раствора составила 119,9 г. При доведении этого раствора дистиллированной водой до объёма 2 л показатель кислотности раствора равнялся  $pH=1$ . Качественная реакция 10 мл этого раствора с избытком раствора нитрата серебра привела к выпадению белого осадка массой 0,143 г. Непоглотившийся при пропускании через воду газ был продут через раствор гидроксида натрия (масса раствора 500 г, массовая концентрация 19,2 %). Масса раствора увеличилась на 52,8 г, в полученном растворе содержалось только одно растворённое вещество. Объём газа, не поглощённого ни водой, ни щёлочью, равен 2,24 л (н.у.), плотность газа равна 1,25 г/л при этих условиях. Определите вещество X. Напишите уравнения химических реакций.

#### Решение.

- Анализ реакций, приведённых в задании, приводит к выводу, что при сгорании вещества X образуется  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $N_2$ . (1 балл)
- При пропускании через холодную воду поглощается  $H_2O$  и  $HCl$ . Их общая масса равна 19,9 г. (1 балл)
- Количество соляной кислоты определяется через показатель  $pH=1$ .  $C_{HCl}=0,1$  моль/л.  $n_{HCl}=0,1 \times 2 = 0,2$  моль. Масса  $HCl$   $36,5 \times 0,2 = 7,3$  г. (1 балл)
- Масса осадка хлорида серебра (белый осадок) должна быть равна  $m = 0,01 \times 0,1 \times 143 = 0,143$  г. Это совпадает с данными анализа. (1 балл)
- Масса воды полученной при сгорании  $19,9 - 7,3 = 12,6$  г.  $n = 0,7$  моль.  $n_H = 1,4$  моль. (1 балл)
- Раствор гидроксида натрия поглощает углекислый газ.  $n_{NaOH} = 0,192 \times 500 / 40 = 2,4$  моль.  $n_{CO_2} = 52,8 / 44 = 1,2$  моль. (1 балл)
- $2 NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$   
Инертный газ имеет  $M = 1,25 \times 22,4 = 28$  г/моль. Это азот  $N_2$ . Его количество равно 0,1 моль.  $n_N = 0,2$  моль.  $m_N = 2,8$  г. (1 балл)  
Итого:  $n_{HCl} = 0,2$  моль,  $m = 7,3$  г  
 $n_H = 1,4$  моль,  $m = 1,4$  г  
 $n_C = 1,2$  моль,  $m = 14,4$  г  
 $n_N = 0,2$  моль,  $m = 2,8$  г  
Суммарная масса этих элементов 25,9 г. Следовательно, в соединении есть кислород, так как других элементов в продуктах горения нет. (1 балл)
- Масса кислорода  $m = 3,2$  г.  $n_O = 0,2$  моль. Из отношения количеств элементов можно определить брутто формулу вещества X:  
 $C_6H_7NO$ .  $HCl$ . (1 балл)
- Очевидно, это солянокислый амин ароматического соединения с гидроксильной группой.  
 $HO-C_6H_4-NH_3^+Cl^-$   
 $HO-C_6H_4-NH_3^+Cl^- + 7,25 O_2 = 6 CO_2 + 3,5 H_2O + 0,5 N_2 + HCl$  (1 балл)

---

Итого

10 баллов

#### Задание № 4.

Порошок красного цвета вещества А массой 12,70 г при взаимодействии с бледно-жёлтой жидкостью вещества В при 0 °С образует вещество С белого цвета. В реакции также выделяется газ D с плотностью по водороду равной 15. Этот газ энергично реагирует с кислородом, образуя газ E бурого цвета, который при охлаждении до 0 °С конденсируется в жидкость В. Вещество С при прокаливании выделяет смесь двух газов E и G, и превращается в чёрный порошок вещества Н массой 15,90 г. При растворении вещества Н в азотной кислоте образуется голубой раствор вещества С. Определите все вещества, напишите уравнения всех реакций.

#### Решение.

- Цвет вещества А и раствора вещества С дают основания для вывода, что это соединения меди. (1 балл)
- Реакция А с жидкостью В сопровождается выделением газа D с  $M=30$ . Это NO, энергично реагирующее с кислородом. (1 балл)
- Бурый газ E – это NO<sub>2</sub>, конденсирующийся при 0 °С в жидкость В. (1 балл)
- Реакция А с В:  
$$\underset{\text{A}}{\text{Cu}} + 2 \underset{\text{B}}{\text{N}_2\text{O}_4} = \underset{\text{C}}{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} + 2 \underset{\text{D}}{\text{NO}} \quad n_{\text{Cu}} = 0,2 \text{ моль.} \quad (2 \text{ балла})$$
- $$2 \underset{\text{D}}{\text{NO}} + \text{O}_2 = 2 \underset{\text{E}}{\text{NO}_2} \quad (1 \text{ балл})$$
- $$2 \underset{\text{E}}{\text{NO}_2} = \underset{\text{D}}{\text{N}_2\text{O}_4} \text{ (жидкость)} \quad 0^\circ\text{C} \quad (1 \text{ балл})$$
- Прокаливание вещества С:  
$$\underset{\text{C}}{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = \underset{\text{H}}{\text{CuO}} + 2 \underset{\text{E}}{\text{NO}_2} + 0,5 \underset{\text{G}}{\text{O}_2} \quad n_{\text{CuO}} = 0,2 \text{ моль. } m=15,9 \text{ g} \quad (1 \text{ балл})$$
- Реакция Н с азотной кислотой:  
$$\underset{\text{H}}{\text{CuO}} + 2 \text{HNO}_3 = \underset{\text{C}}{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} + \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ балл})$$
- Безводные соли меди бесцветны, гидратированные соли и водные растворы солей имеют голубой цвет. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 5.

Два элемента X и Y одного периода образуют бинарные соединения A и B (твёрдые вещества). Массовая доля более лёгкого элемента X в соединении A равна 59,7 %, а в соединении B равна 14,11%. При растворении в хлороводородной кислоте соединения A получается раствор двух солей C и D. При добавлении к этому раствору достаточного количества раствора гидроксида лития и нагреве раствора, в растворе остаётся только соль C и выделяется газ E с резким запахом. При растворении в хлороводородной кислоте соединения B в растворе образуется соль C и слабая кислота F. При реакции газа E с кислотой F получается соль G, с массовой долей элемента Y равной 93,33 %. При термическом разложении соли G массой 6,0 г образуется 8,96 л (н.у.) эквимольной смеси двух газов. Плотность по водороду этой газовой смеси равна 7,5.

Определите элементы X, Y, формулы химических соединений, напишите уравнения химических реакций. Какие вы знаете соли кислоты F и где они применяются?

### Решение.

- Из условия задачи следует, что соль C это хлорид лития, тогда X – литий. Вторым элементом должен быть также из второго периода. Два бинарных соединения лития образует или с кислородом, или с азотом. В соединениях с кислородом массовая доля лития меньше 50 %. Остаётся азот. (1 балл)
- Соединение A. Расчет на 100 г вещества.  
 $n_{\text{Li}} = 59,7/6,9 = 8,65$        $n_{\text{N}} = 40,3/14 = 2,87$       Li : N = 3 : 1  
A – нитрид лития Li<sub>3</sub>N (1 балл)
- Соединение B.  
 $n_{\text{Li}} = 14,11/6,9 = 2,04$        $n_{\text{N}} = 85,89/14 = 6,13$       Li : N = 1 : 3  
B – азид лития LiN<sub>3</sub> (1 балл)
- Растворение A в соляной кислоте:  
 $\text{Li}_3\text{N} + 4 \text{HCl} = 3 \text{LiCl} + \text{NH}_4\text{Cl}$  (1 балл)  
A                                  C                  D
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{LiOH} = \text{LiCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (1 балл)  
D                                  C                  E
- Растворение B в соляной кислоте:  
 $\text{LiN}_3 + \text{HCl} = \text{LiCl} + \text{HN}_3$  (1 балл)  
B                                  C                  F
- Реакция аммиака и азидоводородной кислоты: (1 балл)  
 $\text{NH}_3 + \text{HN}_3 = \text{NH}_4\text{N}_3$        $\omega_{\text{N}} = 93,33 \%$ .  
E                  F                  G
- Термическое разложение азидов аммония:  
 $\text{NH}_4\text{N}_3 = 2 \text{N}_2 + 2 \text{H}_2$       M = (28 + 2)/ 2 = 15. D<sub>H<sub>2</sub></sub> = 7,5 (1 балл)
- 0,1 моль    0,2      0,2      V = 22,4 × 0,4 = 8,96 л (1 балл)
- Применение азидов свинца (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 6.

Массовые доли элементов в органическом соединении А С—57,14 %, О—38,10 %, Н—4,76 %. На реакцию нейтрализации 0,84 г соединения А затрачено 10 мл 1 М раствора гидроксида калия. В молекуле А есть атомы в  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$  гибридизациях. Дайте графические формулы изомеров этого соединения и их названия по системе УРАС. Напишите реакции окисления этих изомеров перманганатом калия в кислой среде. Определите объём газа (л, н.у.), выделившегося при окислении 4,2 г изомеров соединения А, а также массу органической кислоты, полученной в каждой реакции окисления.

### Решение.

- Расчет на 100 г соединения А.  
 $n_C = 57,14/12 = 4,76$      $n_O = 38,10/16 = 2,38$      $n_H = 4,76$   
Простейшая формула  $C_2H_2O$ . Но так как это кислота, то формуле кислоты может соответствовать как минимум  $C_4H_4O_2$ , или в общем случае  $(C_2H_2O)_n$ .  
(1 балл)
- Проведём расчет на одноосновную кислоту.  
 $RCOON + NaOH = RCOONa + H_2O$      $n_{NaOH} = 1 \times 0,01 = 0,01$  моль.  
0,01            0,01                             $M_{RCOON} = 84$  г/моль            (1 балл)
- $M_R = 84 - 45 = 39$  г/моль. R =  $C_3H_3$
- Два изомера: бутин-2-овая кислота, бутин-3-овая кислота.            (1 балл)
- Реакции окисления изомеров. Количество  $n = 4,2/84 = 0,05$  моль.            (1 балл)
- Бутин-2-овая кислота.  
 $5CH_3-C \equiv C-COOH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 =$   
 $= 5CH_3COOH + 10CO_2 + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O$             (1 балл)
- Образующаяся при окислении тройной связи щавелевая кислота в кислой среде окисляется до  $CO_2$  в количестве 0,1 моль, объём 2,24 л.            (1 балл)
- Уксусная кислота в количестве 0,05 моль, имеет массу 3,0 г.            (1 балл)
- Бутин-3-овая кислота.  
 $5HC \equiv C-CH_2-COOH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 =$   
 $= 5CO_2 + 5HOOC-CH_2-COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O$             (1 балл)
- Образующаяся при окислении тройной связи муравьиная кислота окисляется до  $CO_2$  в количестве 0,05 моль, объём 1,12 л.            (1 балл)
- Малоновая (пропандиовая) кислота в количестве 0,05 моль имеет массу равную  $104 \times 0,05 = 5,2$  г.            (1 балл)

---

Итого

10 баллов