

## Очный этап. 9 класс. Решения.

### Задание № 1.

Молекулы двух сложных бинарных жидких соединений А и В содержат одинаковое число электронов, заряд которых в молекуле равен  $-28,8 \cdot 10^{-19}$  Кл. Эти вещества используются как компоненты ракетных топлив. В реакцию эти вещества вступают в отношении 1:2. Продуктами реакции являются: простое вещество – малоактивный газ С, основной компонент земной атмосферы, а также бесцветная прозрачная жидкость D с аномальными свойствами, широко распространённая в природе. Определите вещества А и В, напишите уравнение реакции между ними. В чём проявляются аномальные свойства жидкости D, какова природа этих аномальных свойств жидкости. Рассчитайте объём газа С (л, н.у.) и массу жидкости D, если сгорит 100 кг ракетного топлива стехиометрического состава.

### Решение.

- Количество электронов в этих молекулах 18 электронов. (1 балл)
  - Газ С – это азот. Жидкость D – это вода. Следовательно, в соединения А и В входят элементы Н, О, N. (1 балл)
  - В качестве бинарного окислителя, молекула которого содержит 18 электронов, может быть только пероксид водорода  $H_2O_2$ . (1 балл)
  - В качестве сжигаемого топлива должно быть соединение азота с водородом, содержащего 18 электронов. В молекуле должно быть два азота и четыре водорода. Соединение гидразин  $N_2H_4$ . (1 балл)
  - Реакция горения топлива: (1 балл)  
$$N_2H_4 + 2 H_2O_2 = N_2 + 4 H_2O$$

А	2 В	С	4 D
32 g	68 g	22,4 л	72 g

(1 балл)
  - При сгорании 100 г топлива образуется 22,4 л азота и 72 г воды.  
При сгорании 100 кг топлива 22,4 м<sup>3</sup> азота и 72 кг воды. (1 балл)
- Аномальные свойства воды:
- Высокая температура плавления и кипения. (1 балл)
  - Плотность твёрдой фазы меньше плотности жидкой фазы. (1 балл)
  - Аномальные свойства воды вызваны сильными межмолекулярными водородными связями, приводящими к каркасной структуре льда. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

## Задание № 2.

Ученик изучал свойства растворов электролитов, пропуская электрический ток через раствор. В раствор опускались инертные электроды, последовательно включённые в цепь с лампочкой накаливания. Все растворы имели концентрацию 0,1 моль/л. Исследуемые растворы:

- 1)серная кислота, 2)соляная кислота,
- 3)гидроксид бария, 4)гидроксид натрия,
- 5) водный раствор аммиака, 6) уксусная кислота, 7)хлорид натрия.

Последовательно проводя опыты, он установил, что для четырёх первых растворов свечение лампочки было ярким, для последнего раствора – тусклым, для 5 и 6 растворов свечение практически не наблюдалось. Как будет меняться накал лампочки, если электроды опущены в раствор 100 мл:

- 1) к 100 мл раствора № 1 постепенно приливать раствор № 3;
- 2) к 100 мл раствор № 2 приливать раствор № 4;
- 3) к 100 раствора № 5 приливать раствор № 6.

Какой ток необходимо использовать в этих опытах?

### Решение.

- Серная, соляная кислоты, гидроксиды бария и натрия являются сильными электролитами, степень диссоциации близка к 100%. При диссоциации кислот образуются ионы  $H^+$ , при диссоциации гидроксидов образуются ионы  $OH^-$ , обладающие повышенной электропроводимостью. Поэтому в этих опытах лампочка светит ярко. (1 балл)
- Водные растворы аммиака и уксусной кислоты имеют малую электропроводность, так как гидроксид аммония и уксусная кислота – слабые электролиты, в растворах мала концентрация ионов. Большое сопротивление растворов ограничивает силу тока в цепи. Накал лампочки недостаточен для свечения. (1 балл)
- Хлорид натрия – сильный электролит, но в растворе находятся ионы  $Na^+$  и  $Cl^-$ , имеющие меньшую электропроводность, чем ионы  $H^+$ ,  $OH^-$ . Поэтому свечение лампочки будет тусклым. (1 балл)
- При приливании к раствору серной кислоты раствора гидроксида бария протекает реакция:  
$$H_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4 \downarrow + 2H_2O$$
 (1 балл)
- Концентрация ионов в растворе будет уменьшаться, накал лампочки тоже уменьшается. При добавлении 100 мл  $Ba(OH)_2$  в растворе не останется ионов, лампочка погаснет. (1 балл)
- При сливании растворов соляной кислоты и гидроксида натрия :  
$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$
 (1 балл)
- Вместо ионов  $H^+$  в растворе появляются ионы  $Na^+$  с меньшей электропроводимостью. Накал лампочки будет уменьшаться. (1 балл)
- Реакция при сливании растворов аммиака и уксусной кислоты:  
$$NH_4OH + CH_3COOH = NH_4^+ + CH_3COO^- + H_2O$$
 (1 балл)
- Тусклое свечение лампочки, в растворе появились ионы. (1 балл)
- Необходим переменный ток, чтобы не было электролиза. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 3.

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 медный стержень массой 15 г. Определите массу стержня и массовую концентрацию веществ в растворе после завершения реакций. Все процессы проводились в инертной атмосфере. Какая реакция будет постепенно протекать в растворе, если раствор будет находиться в контакте с воздухом?

#### Решение.

- Реакция растворения оксида:  
$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8 \text{HCl} = 2 \text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$$

0,1 моль 0,8                  0,2                  0,1     $M_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 231,4$  г/моль  
(1 балл)
- Количество соляной кислоты в начальном растворе 1 моль. После реакции осталось 0,2 моль. Масса кислоты в конечном растворе 7,3 г (1 балл)
  
- Реакция меди с  $\text{FeCl}_3$ :  
$$2 \text{FeCl}_3 + \text{Cu} = 2 \text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$$

0,2    0,1    0,2    0,1 (1 балл)
- Общее количество  $\text{FeCl}_2$  в растворе будет 0,3 моль.  
 $m = 126,8 \times 0,3 = 38,04$  г (1 балл)
- Масса хлорида меди в растворе равна 13,4 г. (1 балл)  
Масса меди, вступившей в реакцию равна 6,35 г.
- Масса стержня после реакции  $15,00 - 6,35 = 8,65$  г. (1 балл)
  
- Масса раствора после реакции  $m = 1,04 \times 1000 + 23,14 + 6,35 = 1069,5$  г.  
Массовые доли веществ в растворе:
- Соляной кислоты  $7,3 / 1069,5 = 0,0068 = 0,68$  % (1 балл)
- Хлорида  $\text{FeCl}_2$   $38,04 / 1069,5 = 0,0356 = 3,56$  % (1 балл)
- Хлорида меди  $13,4 / 1069,5 = 0,0125 = 1,25$  % (1 балл)
  
- При контакте с воздухом в растворе будет идти реакция окисления  $\text{Fe}^{2+}$  кислородом, который растворяется в водных растворах.
- $4\text{FeCl}_2 + \text{O}_2 + 4\text{HCl} = 4\text{FeCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  (1 балл)

---

*Итого*

*10 баллов*

#### Задание № 4.

Три активных металла А, В, С находятся в одной группе. Их соединения окрашивают пламя в красный, жёлтый и фиолетовый цвет. Жидкий сплав этих металлов энергично реагирует с кислородом при комнатной температуре с образованием оксидов и используется для удаления примесей кислорода из аргона, которым заполняют реакторы при проведении химических реакций в инертной атмосфере. При растворении 13,8 г этого сплава в воде выделилось 6,72 л (н.у.) газа. Упаривание полученного раствора и удаление воды при прокаливании дали твёрдый остаток массой 24,0 г. Какой максимальный объём (л, н.у.) аргона может быть очищен от примесей кислорода при пропускании его через жидкий сплав массой 138 г. Содержание кислорода в исходном аргоне составляет 1,0 % (объёмные), сплав эффективно поглощает кислород (первым реагирует более активный металл), пока расход более активного металла в сплаве не превышает 20 %, расчёт провести на образование оксида металла.

Определить элементы А, В, С, написать уравнения реакций.

#### Решение.

- Металлы Li, Na, K. Количество веществ X, Y, Z моль. (1 балл)  
Общая масса сплава равна:  
 $7xX + 23xY + 39xZ = 13,8$  (1 балл)  
-----
- Реакция щёлочных металлов сплава с водой:  
$$\begin{array}{ccccccc} \text{Li} + \text{Na} + \text{K} + (\text{X} + \text{Y} + \text{Z})\text{H}_2\text{O} = & \text{LiOH} & + & \text{NaOH} & + & \text{KOH} & + 0,5(\text{X} + \text{Y} + \text{Z})\text{H}_2\uparrow \\ \text{X} & \text{Y} & \text{Z} & & \text{X} & \text{Y} & \text{Z} & 0,5(\text{X} + \text{Y} + \text{Z}) \end{array}$$
 (1 балл)
- Количество выделившегося водорода  $6,72/22,4 = 0,3$  моль  
 $0,5(\text{X} + \text{Y} + \text{Z}) = 0,3$  (1 балл)  
-----
- Суммарная масса гидроксидов после обезвоживания  
 $24xX + 40xY + 56xZ = 24$  (1 балл)  
-----
- Решая систему трёх линейных уравнений, получаем результат  $X=Y=Z$ .  
(при решении могут возникнуть мелкие шероховатости). (2 балла)  
Сплав приготовлен в эквимолярном соотношении 1:1:1. ( $7+23+39=69\text{г}$ )
- Сплав массой 138 г содержит 2 моль каждого металла. (1 балл)
- Реакция кислорода протекает с более активным металлом К. В реакцию должно вступить 20 % от общего количества К 0,4 моль.  
 $4 \text{K} + \text{O}_2 = 2 \text{K}_2\text{O}$  (1 балл)  
0,4 0,1
- Сплав прореагирует с 2,24 л  $\text{O}_2$  (н.у.)  
Так как в Аргоне содержание кислорода 1 % (объём), то объём аргона, который может быть очищен от кислорода равен 224 л. (1 балл)

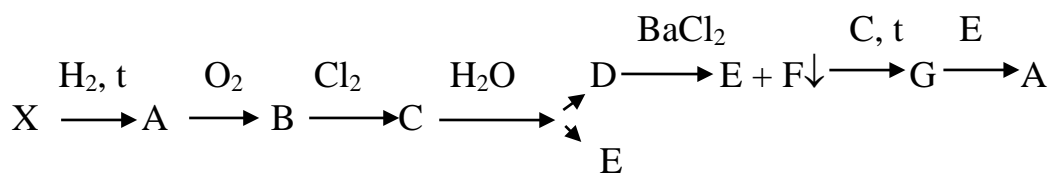
---

Итого

10 баллов

### Задание № 5.

Определить вещества и написать уравнения реакций в следующей цепи химических превращений:



Все вещества, кроме E, содержат элемент X. X – простое вещество.

Массовая доля водорода в соединении A равна 5,88 %.

Укажите число окислительно-восстановительных реакций, число обменных реакций, реакций гидролиза.

#### Решение.

- X – простое вещество, поэтому A – бинарное,  $\text{XH}_n$ .  
Если  $n=1$ , то молекулярная масса A равна  $1/0,0588 = 17$  г /моль. Такого соединения нет.  
Если  $n=2$ , то молекулярная масса A равна 34 г/моль. Это  $\text{H}_2\text{S}$ . Следовательно, X это сера S. (1 балл)  
Принимаются и другие аргументированные определения вещества X.

- 1)  $\text{X} + \text{H}_2 = \underset{\text{A}}{\text{H}_2\text{S}}$  (1 балл)
- 2)  $2\underset{\text{A}}{\text{H}_2\text{S}} + 2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \underset{\text{B}}{\text{SO}_2}$  (1 балл)
- 3)  $\underset{\text{B}}{\text{SO}_2} + \text{Cl}_2 = \underset{\text{C}}{\text{SO}_2\text{Cl}_2}$  (1 балл)
- 4)  $\underset{\text{C}}{\text{SO}_2\text{Cl}_2} + 2\text{H}_2\text{O} = \underset{\text{D}}{\text{H}_2\text{SO}_4} + 2\underset{\text{E}}{\text{HCl}}$  (1 балл)
- 5)  $\underset{\text{D}}{\text{H}_2\text{SO}_4} + \text{BaCl}_2 = \underset{\text{F}}{\text{BaSO}_4} \downarrow + 2\underset{\text{E}}{\text{HCl}}$  (1 балл)
- 6)  $\underset{\text{F}}{\text{BaSO}_4} + 4\text{C} = \underset{\text{G}}{\text{BaS}} + 4\text{CO}$  (1 балл)
- 7)  $\underset{\text{G}}{\text{BaS}} + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + 2\underset{\text{A}}{\text{H}_2\text{S}} \uparrow$  (1 балл)
- Окислительно-восстановительными будут 1,2,3,6 реакции. (1 балл)  
Обменными реакциями будут 5,7 реакции.
- Реакция гидролиза 4. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 6.

Имеется набор растворов следующих соединений:

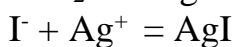
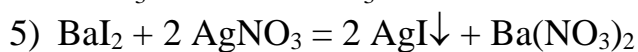
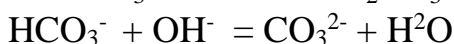
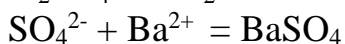
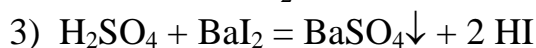
Серная кислота, гидрокарбонат натрия, гидроксид натрия, иодид бария, нитрат серебра, пероксид водорода, перманганат калия, дихромат калия, сульфат меди, сульфат железа (II).

Напишите 5 обменных реакций между этими реагентами. Напишите молекулярные и краткие ионные уравнения этих реакций. Краткие ионные уравнения не должны повторяться в этих реакциях.

Напишите 5 окислительно-восстановительных реакций с участием соединений из заданного ряда. В этих реакциях должны участвовать как окислители или восстановители 6 соединений. Напишите молекулярные уравнения реакций, приведите уравнения полуреакций электронного баланса.

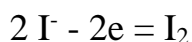
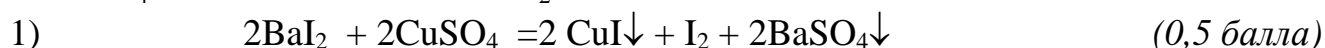
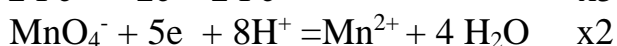
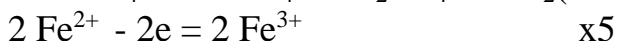
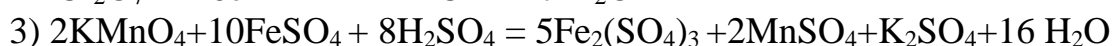
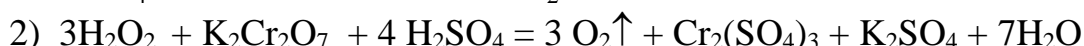
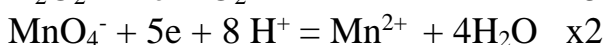
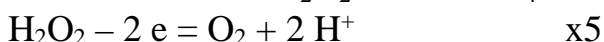
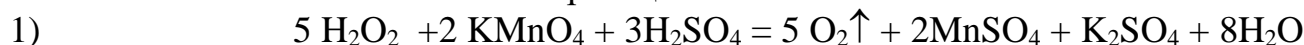
### Решение.

- Обменные реакции.



Возможен иной набор обменных реакций, максимальное число баллов по обменным реакциям 5 баллов.

- Окислительно-восстановительные реакции.



Возможен иной набор ОВР, но обязательно использование 6 реагентов в ОВР.

Всего 5 баллов

---

Итого

10 баллов