

## Заключительный этап. 10 класс. Условия.

### Задание № 1.

Напишите три соединения кальция А, Б, С, в которых катион  $\text{Ca}^{2+}$  имеет такую же электронную оболочку, как и анионы, входящие в молекулу соответствующего соединения. Напишите уравнения возможных реакций этих соединений при растворении их в растворе соляной кислоты. Почему эти реакции пойдут?

Определите объём газа (л, н.у.), который выделится при растворении 3,60 г двухатомной соли Б в избытке 20% раствора соляной кислоты. Этот газ поглотили раствором 30 % пероксида водорода, после завершения реакции раствор нагрели для разложения избытка пероксида водорода. Полученный раствор довели до объёма 1 л. Каким будет значение рН этого раствора.

Рассчитайте концентрацию кислоты (моль/л), если газ, полученный при реакции 36,4 г пятиатомного соединения С с раствором соляной кислоты, сжечь в избытке кислорода, а продукт горения растворить в воде, объём полученного раствора 500 мл.

### Задание № 2.

Ученик изучал свойства растворов электролитов, пропуская электрический ток через раствор. В раствор опускались инертные электроды. Измерялось сопротивление растворов. Все растворы имели начальную концентрацию 0,1 моль/л. Экспериментальные результаты приведены в таблице:

Электролит	Концентрация, С, моль/л	Сопротивление, Ом
Соляная кислота	0,1	100
Соляная кислота	0,05	200
Гидроксид натрия	0,1	170
Гидроксид натрия	0,02	850
Хлорид натрия	0,1	340
Хлорид натрия	0,05	680

Рассчитайте сопротивление раствора, полученного при сливании

- 1) 10 мл соляной кислоты  $C=0,1$  моль/л и 20 мл  $\text{NaOH}$   $C=0,05$  моль/л.
- 2) 10 мл соляной кислоты  $C=0,1$  моль/л и 10 мл  $\text{NaOH}$   $C=0,05$  моль/л.
- 3) 10 мл соляной кислоты  $C=0,05$  моль/л и 10 мл  $\text{NaOH}$   $C=0,1$  моль/л.

Какой ток необходимо использовать в этих измерениях?

### Задание № 3.

Определите объём (л, н.у.) смеси аммиака и азота, в которой содержится  $18,06 \times 10^{23}$  атомов водорода и массовая доля водорода в смеси равна 6,666 %. Какой объём займёт газ после пропускания его над нагретым порошком оксида меди  $\text{CuO}$  при 273 °С и давлении 1 атм, а также при нормальных условиях? Каков будет объём воды, если она при нормальных условиях закристаллизуется?

#### Задание № 4.

Атом элемента X имеет массовое число 36. Ядро атома X содержит 20 нейтронов. Определите X.

Напишите формулы возможных фторидов этого элемента. Определите формулы фторидов с массовой долей природного содержания элемента X 62,75 %, 25,2 %, а также газа фторида с плотностью 6,52 г/л при нормальных условиях.

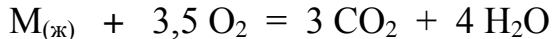
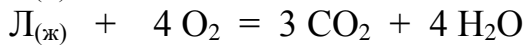
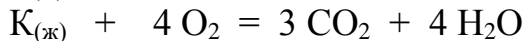
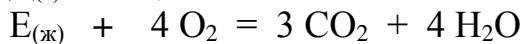
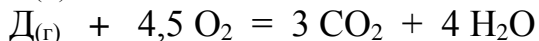
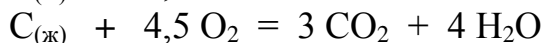
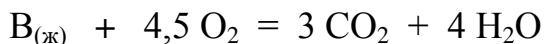
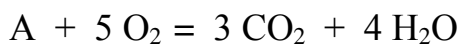
Напишите формулы стабильных оксидов этого элемента. Какие гидроксиды соответствуют оксидам? Напишите формулу широко применяемого гидроксида этого элемента. Напишите уравнения реакций, характеризующих кислотно-основные свойства этого соединения, а также реакции с хлоридом натрия, медью, указав условия их проведения. Приведите примеры реакций в органической химии, в которых важную роль выполняет это соединение.

#### Задание № 5.

Газовая смесь этана и этина объёмом 22,4 л (н.у.) была смешана с равным объёмом водорода и пропущена над катализатором при нагревании. Объём газов после гидрирования равен 22,4 л (н.у.) и после пропускания через бромную воду не изменился. Предложите способ разделения исходной смеси на этан и этин. Какой объём воздуха необходим для полного сжигания 112 г такой газовой смеси? Рассчитайте массу уксусной кислоты, которую можно получить, используя реакцию Кучерова, из 89,6 л (н.у.) такой смеси. Практический выход продукта по каждой стадии равен 90%.

#### Задание № 6.

Определите соединения в следующих реакциях горения:



Все вещества стабильны, не содержат перекисных групп.

Напишите возможные реакции соединений с металлическим натрием, с свежееосаждённым гидроксидом меди, уксусной кислотой, дихроматом калия в кислой среде. Укажите соединения, которые не будут реагировать с этими реагентами. Однотипные реакции оцениваются как одна реакция.

Вязкая жидкость M используется в косметике, медицине, пищевой промышленности. Реакцией с сильной одноосновной кислотой получают соединение НГ, которое всегда лежит в кармане пенсионера. Это же соединение используют при проведении горных разработок.

Напишите реакцию разложения этого соединения. Рассчитайте объём газов при температуре 546 °С и давлении 1 атм., если взорвётся заряд массой 908 г. Продуктами реакции при этой температуре являются стабильные газы.

## Заключительный этап. 10 класс. Решения и критерии оценивания.

### Задание № 1. Решение.

- Электронная оболочка  $\text{Ca}^{2+}$   $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  (1 балл)
- Такую же электронную оболочку имеют  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{P}^{3-}$  (1 балл)
- Соединения  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{Ca}_3\text{P}_2$  (1 балл)
- При растворении в соляной кислоте хлорид кальция диссоциирует на ионы, химической реакции нет. (1 балл)
- Сульфид кальция реагирует с сильной соляной кислотой с образованием слабой летучей кислоты.
- $\text{CaS} + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$   $n_{\text{CaS}} = 3,60/72 = 0,05$  моль. (1 балл)  
0,05                      0,05                       $V_{\text{H}_2\text{S}} = 1,12$  л
- Сероводород окисляется пероксидом водорода до серной кислоты.  
 $\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$   
0,05                      0,05 моль
- Концентрация серной кислоты в растворе  $C = 0,05$  М. (1 балл)
- Можно принять при малой концентрации кислоты степень диссоциации по ступеням близкой к 100 %. Тогда  $C_{\text{H}^+} = 0,1$  М.  $\text{pH} = 1$ . (1 балл)
- Фосфид кальция реагирует с соляной кислотой с выделением газа.
- $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6 \text{HCl} = 3 \text{CaCl}_2 + 2 \text{PH}_3 \uparrow$   $n_{\text{Ca}_3\text{P}_2} = 36,4/182 = 0,2$  м  
0,2                                      0,4 (1 балл)
- Фосфин сгорает в избытке кислорода с образованием кислотного оксида  $\text{P}_2\text{O}_5$ .
- $2 \text{PH}_3 + 4 \text{O}_2 = \text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $(\text{PH}_3 + 2 \text{O}_2 = \text{H}_3 \text{PO}_4)$  - принимаемая альтернатива. (1 балл)
- 0,4                      0,4 моль.
- $C_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0,4/0,5 = 0,8$  моль/л. (1 балл)

---

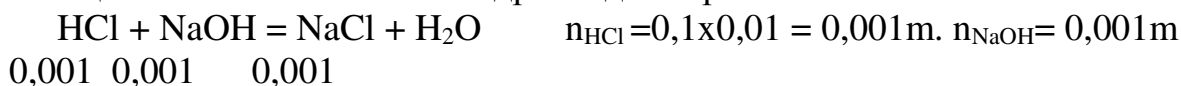
Итого

10 баллов

## Задание № 2. Решение.

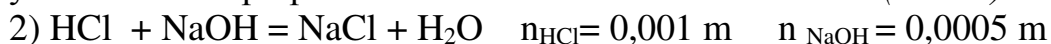
- Хлороводородная кислота, гидроксид натрия, хлорид натрия – сильные электролиты, диссоциирующие нацело в разбавленных растворах. Такие растворы исследовал ученик. Сопротивление этих растворов зависит от концентрации ионов в растворе. Из опытов следует, что сопротивление раствора обратно пропорционально концентрации электролита. (1 балл)

Реакция соляной кислоты и гидроксида натрия:



Концентрация хлорида натрия  $C_{\text{NaCl}} = 0,001/0,03 = 0,0333$  моль/л. (1 балл)

- Концентрация NaCl меньше в три раза по сравнению с табличной, сопротивление увеличится в три раза.  $R = 1020$  Ом (1 балл)



0,0005 0 0,0005 моль Конечные количества (1 балл)

- Концентрация HCl  $0,0005/0,02 = 0,025$  М.  $R = 400$  Ом (1 балл)
- Концентрация NaCl  $0,025$  М.  $R = 1360$  Ом (1 балл)
- Сопротивление раствора рассчитывается по формуле параллельного соединения проводников в цепи:

$$\bullet \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}; \quad R = \frac{400 \times 1360}{400 + 1360} = 309,1 \text{ Ом.} \quad (2 \text{ балла})$$

- 3)  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \quad n_{\text{HCl}} = 0,0005 \text{ м} \quad n_{\text{NaOH}} = 0,001 \text{ м}$   
0,0005 0,0005  
Конечные количества

---

Концентрация NaOH  $0,0005/0,02 = 0,025$  М  $R = 680$  Ом

Концентрация NaCl  $0,025$  М  $R = 1360$  Ом

---

- $R_{\text{эф}} = 453,3$  Ом. (2 балла).

*Итого*

*10 баллов*

### Задание № 3. Решение.

Количество аммиака определяется через количество водорода.

- $n_{\text{H}} = 3$  моль.  $m_{\text{H}} = 3$  г.  $n_{\text{NH}_3} = 1$  моль.  $m_{\text{NH}_3} = 17$  г. (1 балл)
- Масса смеси  $m = 3/0,0666 = 45$  г (1 балл)
- $m_{\text{N}_2} = 28$  г.  $n_{\text{N}_2} = 1$  моль. (1 балл)
- Объём газовой смеси  $22,4 \times 2 = 44,8$  л. (1 балл)
  
- Реакция аммиака с оксидом меди:  
 $3 \text{CuO} + 2 \text{NH}_3 = 3 \text{Cu} + \text{N}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$  (2 балла)  
1,5      1 моль      1,5    0,5    1,5
- При температуре  $273^\circ\text{C}$  общее количество газа будет равно 3 моль. Азота 1,5 моль, воды 1,5 моль. (1 балл)
  
- Объём газа определяется из уравнения Менделеева-Клапейрона:  
 $PV = nRT$ .  
 $V = nRT/P$   
 $V = 3 \times 8,314 \times 546 / 101300 = 0,1344 \text{ м}^3 = 134,4$  л. (1 балл)
  
- При нормальных условиях вода будет находиться в конденсированной фазе, её объём пренебрежимо мал по сравнению с объёмом газа, которого будет 1,5 моль.  
 $V = 22,4 \times 1,5 = 33,6$  л. (1 балл)
  
- Масса воды равна  $18 \times 1,5 = 27$  г.  
Плотность льда  $0,9 \text{ г/см}^3$ .  $V_{\text{кр.}} = 30 \text{ см}^3$ . (1 балл)

---

*Итого*

*10 баллов*

#### Задание № 4. Решение.

- Массовое число есть сумма числа протонов и нейтронов в ядре атома. Число протонов в ядре атома X равно 16. Элемент X =  $^{36}\text{S}$ . Природное содержание этого стабильного изотопа 0,02 %. (1 балл)

Фториды серы многочисленны. Стабильны соединения серы с чётной валентностью. Степени окисления разнообразны.

Расчёт состава фторидов по массовой доле элементов в соединении.

Расчёт на 100 г соединения.

- $\omega_{\text{S}} = 62,75\%$   $m = 62,75\text{g}$   $n_{\text{S}} = 62,75/32 = 1,96$ .  $m_{\text{F}} = 37,25\text{g}$   $n_{\text{F}} = 1,96$   
Отношение S : F = 1 : 1. Соединение  $\text{S}_2\text{F}_2$  (1 балл)
- $\omega_{\text{S}} = 25,2\%$   $m = 25,2\text{g}$   $n_{\text{S}} = 25,2/32 = 0,788$ .  $m_{\text{F}} = 74,8\text{g}$   $n_{\text{F}} = 3,94$   
Отношение S : F = 1 : 5. Соединение  $\text{S}_2\text{F}_{10}$  (1 балл)
- Фторид газ с плотностью 6,52 г/л при н.у. имеет  $M = 146$  г/моль. Это гексафторид серы  $\text{SF}_6$ . Химически и термически очень устойчив. (1 балл)

Стабильны также  $\text{SF}_2$ ,  $\text{SF}_4$ .

Стабильные оксиды серы  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ . Соответствующие им гидроксиды – сернистая и серная кислоты. Широкое применение у серной кислоты.

Кислотные свойства серной кислоты.

- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$  (0.5 балл)
- $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)
- $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$  (0.5 балл)
- $\text{NaCl}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{HCl}\uparrow + \text{NaHSO}_4$  (1 балл)
- $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  (1 балл)

Реакции органической химии с участием конц. серной кислоты.

- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HONO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HOSO}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  (0.5 балл)

---

Итого

10 баллов







# КРИТЕРИИ

## определения победителей и призёров заключительного этапа Открытой химической олимпиады 2015/2016 учебного года

### 9 класс

Макс. баллов: 60.

Диплом	Баллы
I степень (победитель)	40-60
II степень (призёр II степени)	30-39
III степень (призёр III степени)	20-29

### 10 класс

Макс. баллов: 60.

Диплом	Баллы
I степень (победитель)	50-60
II степень (призёр II степени)	40-49
III степень (призёр III степени)	30-39

### 11 класс

Макс. баллов: 60.

Диплом	Баллы
I степень (победитель)	50-60
II степень (призёр II степени)	40-49
III степень (призёр III степени)	30-39