

# Авторские решения и критерии оценивания работ заключительного этапа Открытой химической олимпиады 2015/2016 учебного года

## 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)
- Таковую 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)

---

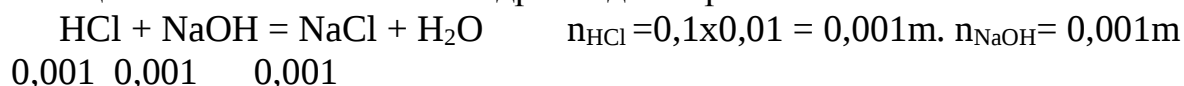
Итого

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)   |
| 2) $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $n_{\text{HCl}} = 0,001$ м $n_{\text{NaOH}} = 0,0005$ м<br>0,0005    0    0,0005 моль    Конечные количества |            |
| • 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:                                                                               |            |
| • $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ; $R = \frac{400 \times 1360}{400 + 1360} = 309,1$ Ом.                                                                        | (2 балла)  |
| • 3) $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $n_{\text{HCl}} = 0,0005$ м $n_{\text{NaOH}} = 0,001$ м    0,0005    0,0005<br>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). |
| <i>Итого</i> <i>10 баллов</i>                                                                                                                                                 |            |

### 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.

- $\omega_s = 62,75\%$   $m = 62,75\text{g}$   $n_s = 62,75/32 = 1,96$   $m_F = 37,25\text{g}$   $n_F = 1,96$   
Отношение S : F = 1: 1. Соединение  $\text{S}_2\text{F}_2$  (1 балл)
- $\omega_s = 25,2\%$   $m = 25,2\text{g}$   $n_s = 25,2/32 = 0,788$   $m_F = 74,8\text{g}$   $n_F = 3,94$   
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

#### Задание № 5. Решение.

- Водород полностью присоединился к этину и полностью его прогидрировал.  
 $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_6$   $n_{\text{H}_2} = 1$  моль  $n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 0,5$  моль (1 балл)
- Исходная смесь содержала 0,5 моль этана и 0,5 моль этина. (1 балл)  
После гидрирования газ 1 моль этана.

- Способ разделения смеси:  
 $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{Ag}_2\downarrow + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (1 балл)
- Этин поглотится раствором гидроксида серебра, этан нет.  
Осадок ацетиленида серебра легко разрушается кислотами:  
 $\text{C}_2\text{Ag}_2 + 2\text{H}^+ = \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Ag}^+$  (1 балл)

- Сжигание эквимольной смеси этана и этина массой 112 г.  
1 моль этана + 1 моль этина имеют массу  $30 + 26 = 56$  г.  
Смесь содержит 2 моль этана и 2 моль этина. (1 балл)  

$$\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5 \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \quad n_{\text{C}_2\text{H}_6} = 2 \text{ моль}, n_{\text{O}_2} = 7 \text{ моль.}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2 + 2,5 \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 2 \text{ моль}, n_{\text{O}_2} = 5 \text{ моль.}$$
- Общее количество кислорода 12 моль. Объём кислорода 268,8 л. (1 балл)
- В воздухе 20 % (объём) кислорода. Объём воздуха 1344 л. (1 балл)
- Получение уксусной кислоты:  

$$\text{Hg}^{2+}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{ ----} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \quad n = 2 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$
- $$\text{CH}_3\text{CHO} + 2 [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2 \text{Ag} + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ балл})$$

2 моль
2 моль.

Теоретический выход уксусной кислоты  $m = 60 \times 2 = 120$  г
- Практический выход кислоты  $120 \times 0,9 \times 0,9 = 97,2$  г. (1 балл)

---

Итого

10 баллов

### Задание № 6. Решение.

- Вещество А – пропан не реагирует с приведёнными реагентами.  
В, С, Д – изомеры. В и С – пропанол-1 и пропанол-2. С- метилэтиловый эфир, простые эфиры - летучие соединения, химически мало активны. (2 балла)
- $$2\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 2 \text{Na} = 2 \text{C}_3\text{H}_7\text{ONa} + \text{H}_2 \uparrow \quad (1 \text{ балл})$$
- $$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7 + \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ балл})$$
- $$3 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$

$$\rightarrow 3 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7 \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ балл})$$
- Изомеров  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$  шесть. Достаточно дать три. Для диола написать реакцию с гидроксидом меди. (1 балл)
- $$2 \text{CH}_3\text{CHONCH}_2\text{OH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{CH}_3\text{CHONCH}_2\text{O})_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

голубой осадок
ярко-синий раствор
(1 балл)
- Изомеров  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  – много, но из условий задания следует пропантриол, или глицерин. Для него характерны все реакции, рассмотренные ранее.
- Реакция с азотной кислотой в присутствии серной даёт тринитрат глицерина, известного как нитроглицерин НГ.
- $$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 + 3 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \quad (1 \text{ балл})$$
- Взрыв нитроглицерина:  

$$\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 1,5 \text{N}_2 + 2,5 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2 + 0,5 \text{O}_2 \quad n_{\text{НГ}} = 4 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

4
6
10
12
2
 $\Sigma n = 30$  моль
- $$V = 30 \times 8,314 \times 819 / 101300 = 2,016 \text{ м}^3 \quad (1 \text{ балл})$$

---

Итого

10 баллов