

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в**  
**2020/2021 учебном году**  
**11 класс**

**Задание 11-1. (8 баллов)**

Имеется твёрдый образец массой 291,195 г, содержащий только элементы Cu и O. Этот образец полностью восстановили углеродом, в результате чего получили смесь CO и CO<sub>2</sub> объёмом 40,32 л (н.у.) с массовой долей кислорода 65,82%. Рассчитайте массу восстановленной меди.

**Решение**

1. Пусть количество CO - x моль, CO<sub>2</sub> - y моль,  
количество смеси газов  $40,32/22,4 = 1,8$  моль **2 балла**
2. Составим систему уравнений  
$$\begin{cases} x + y = 1,8 \\ (16x + 32y)/(28x + 44y) = 0,6582 \end{cases}$$
 **2 балла**
3. Откуда x = 1 моль, y = 0,8 моль **2 балла**
4. Масса кислорода в исходном образце  $m = 16x + 32y = 16 + 32 \cdot 0,8 = 41,6$  г **1 балл**
5. Масса меди  $m = 291,195 - 41,6 = 249,595$  г **1 балл**

**Итого: 8 баллов**

**Задание 11-2. (7 баллов)**

Рассчитайте энтальпию реакции образования сульфата цинка из простых веществ при T = 298 К на основании следующих данных:

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| (1) $ZnS = Zn + S$               | $\Delta H_1 = 200.5$ кДж/моль  |
| (2) $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$ | $\Delta H_2 = -893.5$ кДж/моль |
| (3) $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$        | $\Delta H_3 = -198.2$ кДж/моль |
| (4) $ZnSO_4 = ZnO + SO_3$        | $\Delta H_4 = 235.0$ кДж/моль  |

**Решение.**

1. Реакция образования сульфата цинка из простых веществ:  
 $Zn + S + 2O_2 = ZnSO_4$  **1 балл**
  2. Для того, чтобы получить реакцию (5), необходимо:
    - уравнение (1) умножить на (-1),
    - уравнение (2) умножить на 1/2
    - уравнение (3) умножить на 1/2
    - уравнение (4) умножить на (-1)
    - сложить все получившиеся выражения. **5 баллов**
  3. Соответственно,  $\Delta H_5 = (-1) \cdot \Delta H_1 + (1/2) \cdot \Delta H_2 + (1/2) \cdot \Delta H_3 + (-1) \cdot \Delta H_4 =$   
 $= -200,5 - 446,75 - 99,1 - 235,0 = -981,35$  кДж/моль. **1 балл**
- Ответ: энтальпия образования сульфата цинка = -981,35 кДж/моль.

**Итого 7 баллов**

**Задание 11-3. (14 баллов)**

Смесь азота и водорода пропустили в контактном аппарате над катализатором, при этом её плотность возросла на 45%. Вычислить массовые доли веществ в растворе, полученном при пропускании 7,5 л (н.у.) конечной газовой смеси через 171 мл раствора ортофосфорной кислоты ( $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4)=8,00\%$ ;  $\rho=1,05$  г/мл).

**Решение**

1) Пусть  $V_1(\text{N}_2 + \text{H}_2) = x$  литров

$$V_2(\text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{NH}_3) = 7,5 \text{ л}$$

Так как  $m_1 = m_2$ , следовательно  $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$

**2 балла**

2)  $\rho_1 V_1 = (\rho_1 + 0,45\rho_1)V_2$  или  $\rho_1 V_1 = 1,45 \cdot \rho_1 \cdot 7,5$

$$V_1 = 1,45 \cdot 7,5 = 10,875 \text{ л, т.е. } V_1(\text{N}_2 + \text{H}_2) = 10,875 \text{ л}$$

**2 балла**

3)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$

Пусть реагирует  $y$  моль азота и  $3y$  моль водорода тогда выделится  $2y$  аммиака

$$10,875 - y - 3y + 2y = 7,5; y = 1,6875 \text{ л}$$

**2 балла**

4) Таким образом,  $V(\text{NH}_3) = 3,375 \text{ л}$ ,  $n(\text{NH}_3) = 3,375/22,4 = 0,1507$  моль.

**1 балл**

5)  $m(\text{р-ра } \text{H}_3\text{PO}_4) = 1,05 \cdot 171 = 179,55 \text{ г}$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 179,55 \cdot 0,08 = 14,364 \text{ г}$$

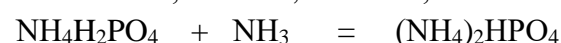
$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 14,364 / 98 = 0,1466 \text{ моль}$$

**1 балл**

6)  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

$$0,1466 \text{ моль} \quad 0,1466 \text{ моль} \quad 0,1466 \text{ моль}$$

Останется  $0,1507 - 0,1466 = 0,0041$  моль аммиака



$$0,0041 \text{ моль} \quad 0,0041 \text{ моль} \quad 0,0041 \text{ моль}$$

Останется  $0,1466 - 0,0041 = 0,1425$  моль дигидрофосфата аммония

**2 балла**

7) Найдем состав конечного раствора:

$$n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,1425 \text{ моль}, n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,0041 \text{ моль}$$

**1 балл**

8) Масса конечного раствора:

$$m(\text{кон. раствора}) = 1,05 \cdot 171 + m(\text{NH}_3) = 179,5 + 17 \cdot 0,1507 = 182,11 \text{ г}$$

**1 балл**

9) Массовые доли веществ в конечном растворе:

$$\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = (115 \cdot 0,1425 / 182) \cdot 100 \% = 9,00 \%$$

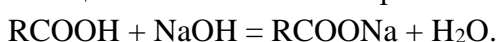
$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = (132 \cdot 0,0041 / 182,11) \cdot 100 \% = 0,297 \%$$

**2 балла****Итого 14 баллов****Задание 11-4. (8 баллов)**

На титрование 1 г органической кислоты потребовалось 22,2 мл одномолярного раствора NaOH. Определите формулу этой кислоты и напишите уравнение ее реакции с  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ .

**Решение**

Реакция кислоты с NaOH протекает по уравнению:

**1 балл**

Количество щелочи равно  $n = V \cdot C = 0,0222 \cdot 1 = 0,0222$  моль

**1 балл**

Зная, что на 1 моль кислоты приходится 1 моль NaOH,

рассчитаем молярную массу кислоты:

$$M = 1,00 \text{ г} / 0,0222 \text{ моль} \approx 45 \text{ г/моль}$$

Группа COOH имеет молярную массу 45 г/моль следовательно

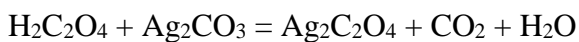
кислота двухосновная.

**2 балла**

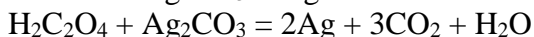
Тогда молярная масса кислоты:  $M = 1,00 \text{ г} / (0,0222 \text{ моль} / 2) \approx 90 \text{ г/моль}$ ,  
что соответствует щавелевой кислоте  $\text{HOOC-COOH}$  или  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ .

**2 балла**

Она может реагировать с  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  по кислотно- обменному и окислительно-восстановительному типу.



**1 балл**



**1 балл**

**Итого (8 баллов)**

### **Задание 11-5. (8 баллов)**

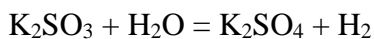
Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами пропускают электрический ток. Раствор в первом электролизере содержит 1 моль хлорида бария и 1 моль нитрата бария, а во втором – 2 моль сульфата калия. Электролиз прекратили, когда проба раствора из первого электролизера перестала давать осадок с раствором нитрата серебра. Определите состав и массу осадка выпавшего при смешении полученных растворов.

#### **Решение**

В электролизерах проходят реакции:



**1 балл**



**1 балл**

Поскольку электролизеры соединены последовательно, через них протекает одинаковое количество электричества. Когда проба раствора из первого электролизера перестала давать осадок с раствором нитрата серебра, в нем израсходовался весь  $\text{BaCl}_2$ , на электролиз которого пошло 2 моль электронов ( $2\text{Cl}^- + 2e = \text{Cl}_2$ ). Те же 2 моль электронов окислили 1 моль  $\text{K}_2\text{SO}_3$  в сульфат во втором электролизере (можно представить как  $\text{SO}_3^{2-} - 2e = \text{SO}_3$ , затем  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**2 балла**

Таким образом, к окончанию электролиза в первом электролизере находится

1 моль  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и 1 моль  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,

**1 балл**

а во втором – 1 моль  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и 1 моль  $\text{K}_2\text{SO}_3$ .

**1 балл**

При смешении растворов выпадают осадки

1 моль (217 г, 48 %)  $\text{BaSO}_3$  и 1 моль  $\text{BaSO}_4$  (233 г, 52 %)

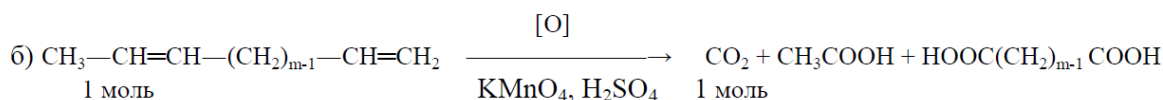
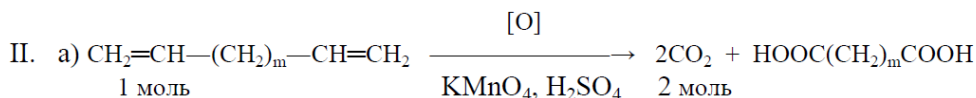
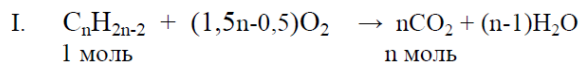
**2 балла**

**Итого 8 баллов**

### Задание 11-6. (12 баллов)

При окислении алкадиена с изолированными двойными связями перманганатом калия в присутствии серной кислоты образовалось некоторое количество углекислого газа. При сгорании того же количества вещества этого алкадиена образовалось в три раза больше углекислого газа. Определите строение алкадиена и напишите уравнение реакции его окисления подкисленным раствором перманганата калия.

#### Решение



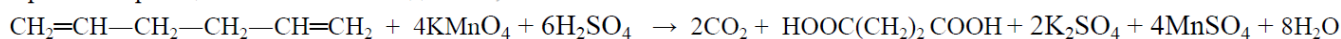
$$3 \cdot v(\text{CO}_2)_\text{I} = v(\text{CO}_2)_\text{II} \quad \text{по условию задачи}$$

а)  $n=6$ , т.к.  $v(\text{CO}_2)_{\text{II}} = 2$  моль; это гексадиен-1,5

б)  $n=3$ , т.к.  $v(\text{CO}_2)_{\text{II}} = 1$  моль; это пропадиен

Этот вариант не соответствует условию задачи, т.к., во-первых, алкадиен должен быть с изолированными двойными связями, а пропадиен относится к кумулированным диенам; а во-вторых, при жестком окислении 1 моль пропадиена должно образоваться 3 моль углекислого газа. Следовательно, искомым углеводород – гексадиен-1,5.

Уравнения реакций окисления гексадиена-1,5:



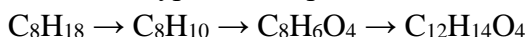
За каждое уравнение по 2 балла                      8 баллов

Выбор верного алкадиена (гексадиен-1,5) 4 балла

Итого 12 баллов

### Задание 11-7. (14 баллов)

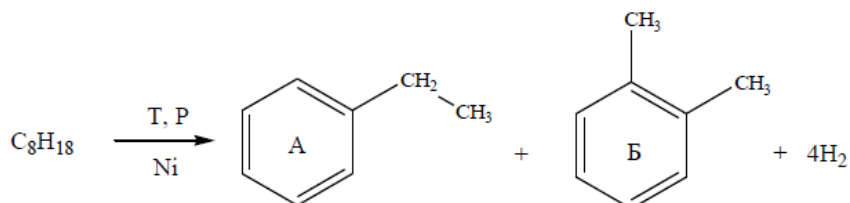
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



↓

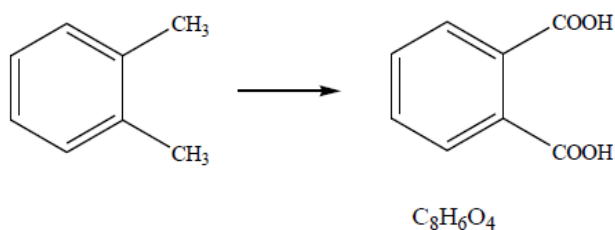


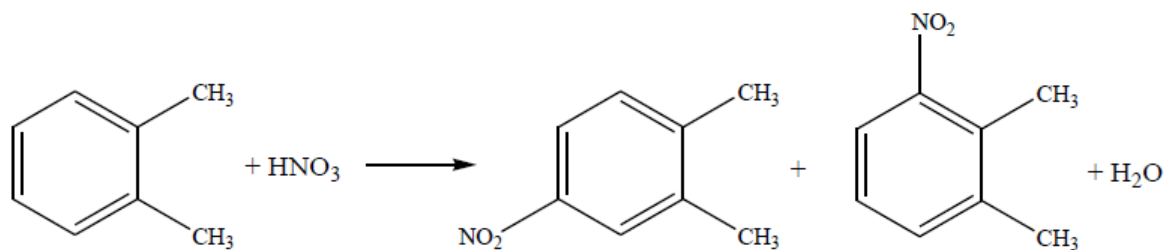
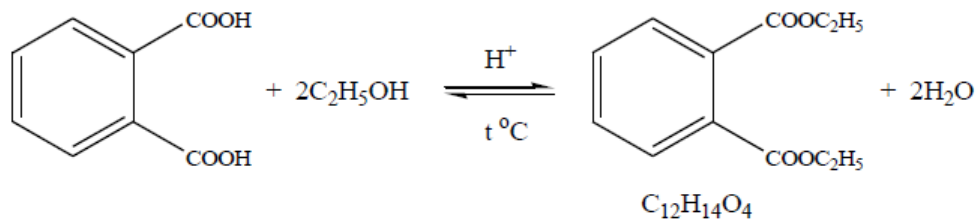
#### Решение



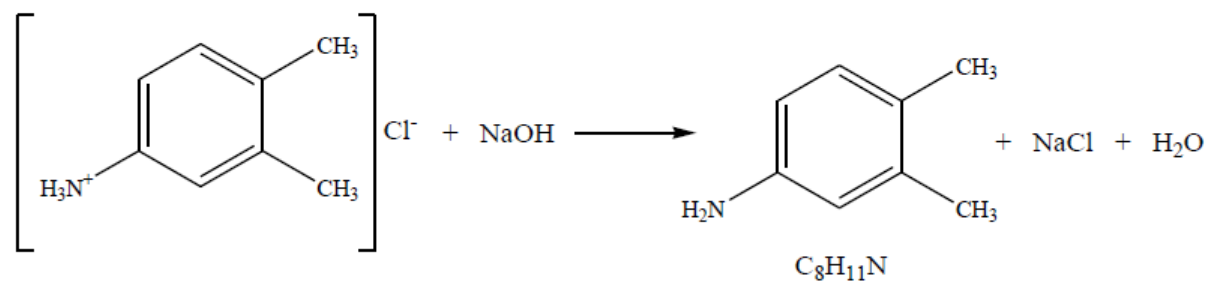
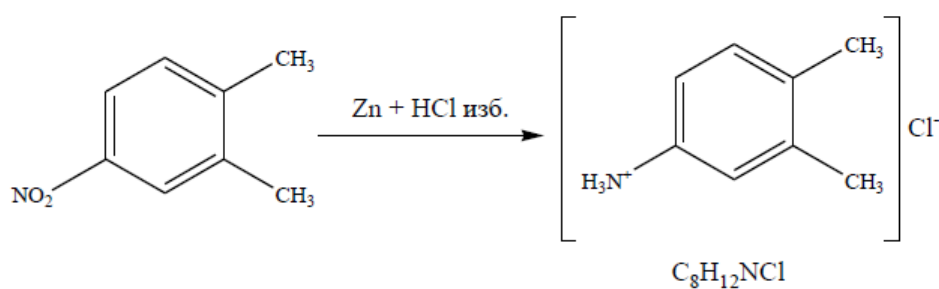
(дегидроциклизация)

Для дальнейших превращений следует выбрать соединение Б, т.к. при его окислении образуется дикарбоновая кислота, в которой сохраняется исходное число атомов углерода.





В реакции образуются два изомера, которые могут участвовать в дальнейших реакциях



*За выбор верного изомера (вещество Б) 2 балла*

*За каждую реакцию по 2 балла*

*Итого 14 баллов*