

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в**  
**2018/2019 учебном году**  
**11 класс**

**Задание 1. (10 баллов)**

Определите энтальпию образования иодоводорода по реакции:

$\text{H}_2(\text{газ}) + \text{I}_2(\text{кристалл}) = 2\text{HI}(\text{раствор})$ , если известно, что:

- 1)  $\text{BaI}_2(\text{раствор}) + \text{Cl}_2(\text{газ}) = \text{BaCl}_2(\text{раствор}) + \text{I}_2(\text{кристалл}) + 224 \text{ кДж}$
- 2)  $\text{H}_2(\text{газ}) + \text{Cl}_2(\text{газ}) = 2\text{HCl}(\text{раствор}) + 334 \text{ кДж}$
- 3)  $\text{BaI}_2(\text{раствор}) + 2\text{HCl}(\text{раствор}) = \text{BaCl}_2(\text{раствор}) + 2\text{HI}(\text{раствор}) + 0 \text{ кДж}$

**Решение**

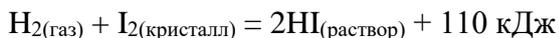
Согласно закону Гесса тепловые эффекты реакций можно суммировать для получения теплового эффекта суммарной реакции. В нужном нам уравнении реакции:  $\text{H}_2(\text{газ}) + \text{I}_2(\text{кристалл}) = 2\text{HI}(\text{раствор})$ , водород и йод находятся в левой части. Поэтому возьмем уравнение (1) со знаком минус и уравнение (2) со знаком плюс:



Сократим  $\text{Cl}_2(\text{газ})$  в обеих частях уравнения и суммируем тепловые эффекты:



Сложим уравнение (3) с предыдущим и получим искомое:



На 1 моль HI тепловой эффект реакции составит 55 кДж. Так как  $\Delta H = -Q$ , то энтальпия образования иодоводорода равна -55 кДж/моль.

*За указание на аддитивность теплового эффекта – 1 балл*

*За правильный численный ответ (55 кДж) – 8 баллов*

*За указание энтальпии образования – 1 балл*

*Всего – 10 баллов*

**Задание 2. (12 баллов)**

Из раствора выпарили 56 г воды, и при этом выпало 4 г безводной соли. Не меняя условий, из этого раствора выпарили еще 37 г воды, в результате чего выпало еще 3 г безводной соли. Определите массовую долю соли в исходном растворе.

**Решение (возможен другой способ решения)**

Пусть  $x$  – масса вещества в исходном растворе, г

$y$  – масса воды в исходном растворе, г

$$\omega_1 = x/(x+y) \quad (1)$$

$$\omega_2 = (x-4)/(x+y-60) \quad (2)$$

$$\omega_3 = (x-7)/(x+y-100) \quad (3)$$

Анализ условия задачи показывает, что  $\omega_1 < \omega_2 = \omega_3$  при условии  $x > 7$  и  $y > 93$ .

Растворы (2) и (3) будут насыщенными и иметь массовую долю

$$\omega_2 = \omega_3 = 3/(3 + 37) = 0,075 \text{ или } 7,5\%$$

Минимальную массовую долю соли в исходном растворе можно рассчитать из минимально возможного состава исходного раствора  $x = 7$  и  $y = 93$ .

$$\omega_1 = 7/(7 + 93) = 0,07 \text{ или } 7\%$$

Подставив 0,075 в уравнение (2) или (3) можно получить формулы:

$y = 12,33x + 6,67$  и  $\omega_1 = x/(13,3x + 6,67)$ , анализ последней (при  $x \geq 7$ ) показывает, что массовая доля соли в исходном растворе может находиться в интервале от 0,07 до 0,075 или  $7\% < \omega_1 < 7,5\%$ .

*Ввод неизвестных и составление уравнений (1) – (3) - 3 балла*

*Определение массовой доли насыщенного раствора – 3 балла*

*Определение минимальной массовой доли исходного раствора – 2 балла*

*Нахождение и доказательство возможного интервала  $\omega_1$  – 4 балла*

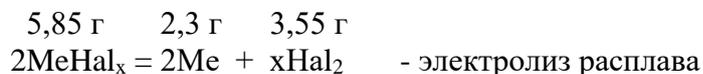
*Итого 12 баллов*

### **Задание 3. (7 баллов)**

При взаимодействии некоторого металла массой 2,3 г с галогеном образовалось 5,85 г соли. Зная, что для полного электролиза ее расплава требуется 9650 кулон электричества, определите формулу соли.

**Решение (возможен другой способ решения)**

Запишем уравнения реакций в общем виде и определим массу галогена:



По закону Фарадея масса полученных веществ равна:

$m = Q \cdot \Delta / F$ , где  $Q = 9650$  Кл,  $\Delta = M/x$  ( $x$  – число электронов в катодном или анодном процессе) и  $F = 96500$  Кл.

$2,3 = 9650 \cdot (M/x) / 96500$  или  $M/x = 23$  при  $x = 1$  молярная масса металла равна 23 г/моль – это натрий.

$3,55 = 9650 \cdot (M/2) / 96500$  откуда  $M = 71$  г/моль – это хлор.

Следовательно формула соли – NaCl.

*За уравнения реакций по 1 баллу*

*Расчет массы галогена 1 балл*

*Определение металла 2 балла*

*Определение галогена 2 балла*

*Итого 7 баллов*

### **Задание 4. (8 баллов)**

Газ **A** реагирует с газом **B** в соотношении 1:2 с образованием белого кристаллического вещества **C**. При растворении **C** в воде образуется вещество **D**. Взаимодействие раствора 1,00 г **D** с избытком водного раствора BaCl<sub>2</sub> приводит к выпадению 2,05 г белого осадка **E**, который при действии HCl растворяется с выделением газа **A**. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и **E**.

**Решение**

Белый осадок **E**, растворяющийся с выделением газа, скорее всего карбонат бария. Рассчитаем отсюда молярную массу **D**:  $M(D) = (1,00/2,05) \times M(BaCO_3) = 96$  г/моль.

Вероятно, что **D** – также некий карбонат (общая формула MCO<sub>3</sub> или M<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), а реакция, приводящая к выпадению осадка, есть реакция обмена.

Найдем молярную массу **M**:  $M(M) = 96 - 12 - 3 \times 16 = 36$  (для формулы MCO<sub>3</sub>) или  $M(M) = (96 - 12 - 3 \times 16) / 2 = 18$  (для формулы M<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). При  $M(M) = 18$ ,  $M = NH_4^+$  (это можно также заключить из того, что вещество **D** получается из взаимодействия двух газов и воды, поэтому оно вряд ли содержит металл. Одним из наиболее распространенных, не содержащих металл катионов, является NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Очевидно, что если **D** = (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, то **A** и **B** это CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> соответственно. Вещество **C** можно попытаться отгадать из его состава – CH<sub>6</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. По аналогии с амидами карбоновых кислот, можно предложить формулу H<sub>2</sub>NCOONH<sub>4</sub> – карбамат аммония.

- A** - CO<sub>2</sub>  
**B** - NH<sub>3</sub>  
**C** - NH<sub>2</sub>COONH<sub>4</sub>  
**D** - (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
**E** - BaCO<sub>3</sub>

*Определение E – 1 балл*

*Определение молярной массы вещества D – 2 балла*

*Определение катиона в веществе D – 2 балла*

*Определение вещества A – 1 балл*

*Определение вещества B – 1 балл*

*Определение вещества C – 2 балла*

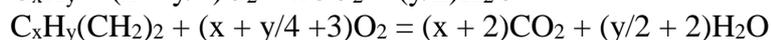
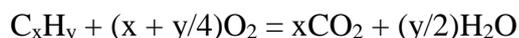
*Итого 8 баллов*

### **Задание 5. (10 баллов)**

Для полного сгорания 1 моль углеводорода требуется в 2,5 раза меньше кислорода, чем для сгорания 1 моль его гомолога, содержащего на 2 атома углерода больше. Определите формулы этих углеводородов. Приведите необходимые расчеты.

#### **Решение**

Запишем уравнения сгорания углеводородов в общем виде:



Согласно условию задачи составим уравнение:

$$(x + y/4)2,5 = (x + y/4 + 3)$$

$$1,5x + 0,375y = 3$$

$$y = (3 - 1,5x)/0,375$$

Анализ последнего уравнения показывает, что оно имеет смысл только при значении  $x = 1$ , следовательно,  $y = 4$ . Это метан и его гомолог пропан.

*За уравнения реакций по 2 балла*

*За математическое уравнение и его преобразование 2 балла*

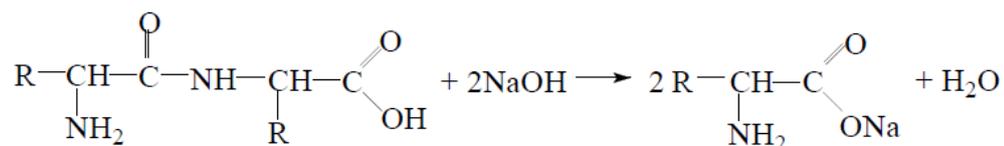
*За нахождение правильного решения и формулы углеводородов – 4 балла*

*Итого 10 баллов*

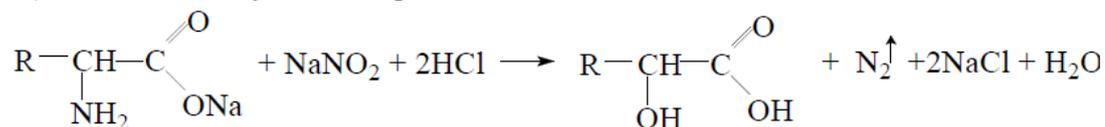
### **Задание 6. (10 баллов)**

При щелочном гидролизе образца дипептида массой 4,68 г образовался единственный продукт, который обработали раствором, полученным при смешивании нитрита натрия и избытка соляной кислоты. При этом выделилось 733 мл газа (измерено при 745 мм рт. ст. и 19°C). Определите строение дипептида и напишите уравнения протекающих реакций.

#### **Решение**



Рассмотрим самый простой случай, когда в радикале аминокислоты не содержится аминогрупп. Тогда реакция с нитритом натрия и соляной кислотой (т. е. с азотистой кислотой) выглядит следующим образом:



Рассчитаем количество выделившегося газа – азота. Для этого сначала переведем давление из мм рт. ст. в кПа:

$$p = \frac{745 \cdot 101.3}{760} = 99.3 \text{ кПа};$$

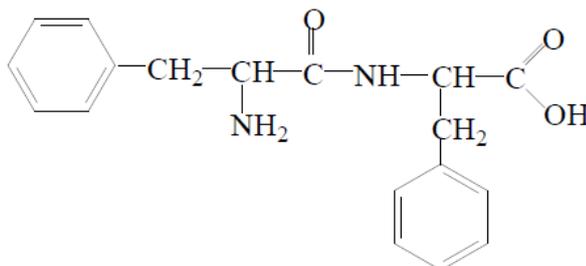
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.3 \cdot 0.733}{8.314 \cdot 292} = 0.03 \text{ моль};$$

$$v(\text{дипептида}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.015 \text{ моль};$$

$$M(\text{дипептида}) = \frac{4.68}{0.015} = 312 = 2R + 130.$$

$$R = 91 \text{ г/моль},$$

следовательно, R – это  $\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$ , а дипептид – фенилаланил-фенилаланин:



*Ответ:* фенилаланил-фенилаланин.

*За уравнения реакций по 2 балла*

*Расчет количества вещества газа – 2 балла*

*Расчет количества дипептида – 1 балл*

*Расчет молярной массы дипептида – 1 балл*

*Определение R – 2 балла*

*Формула и название дипептида – 2 балла*

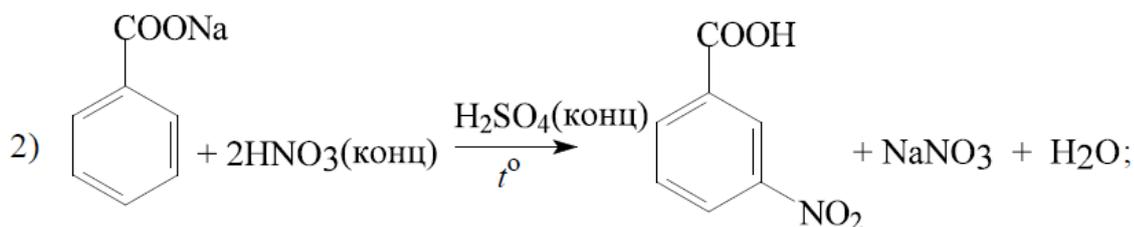
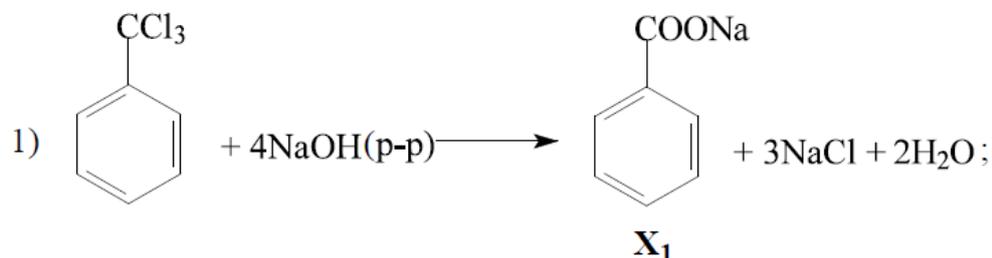
### Задание 11-7. (12 баллов)

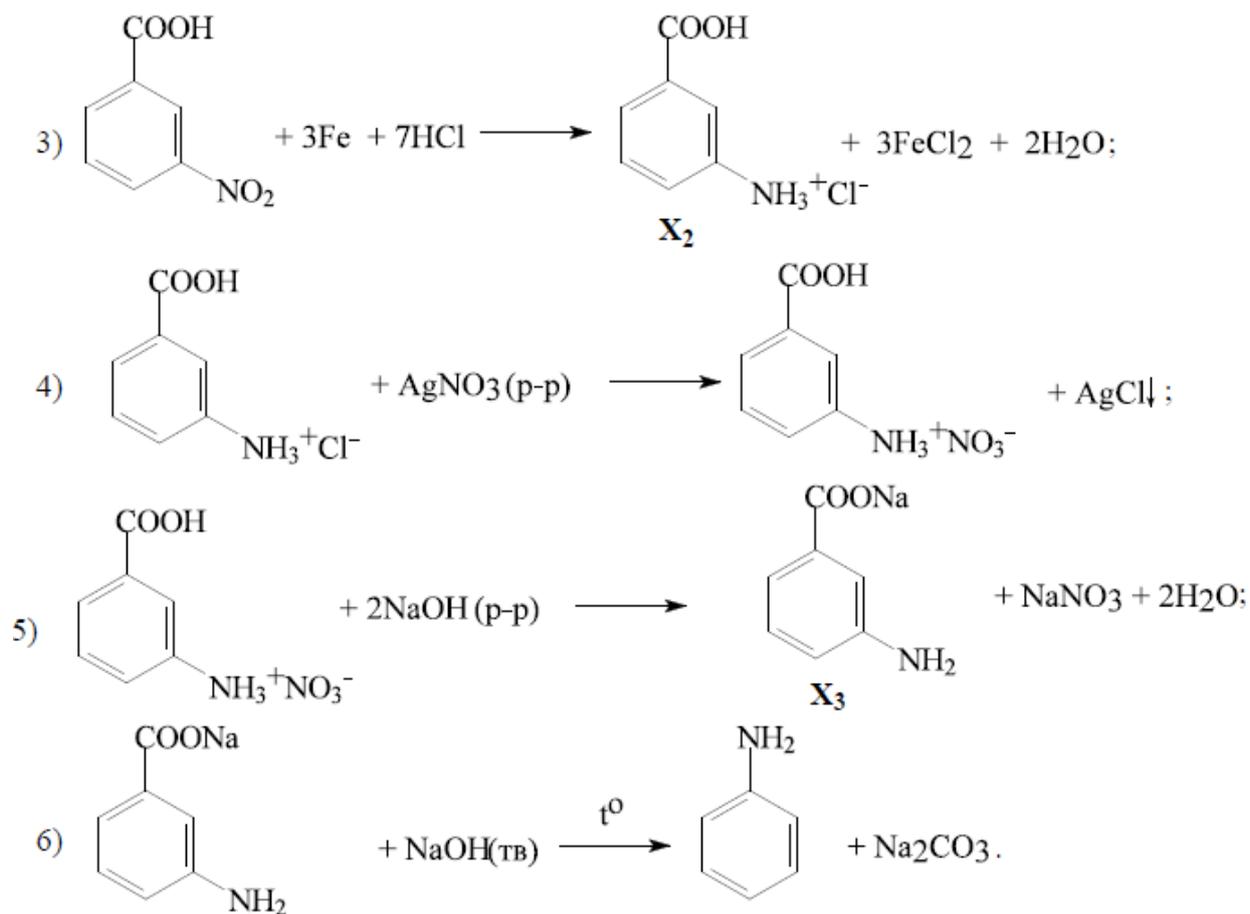
Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

*Решение*





За каждую реакцию – 2 балла  
Итого – 12 баллов