

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

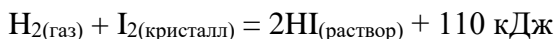
Согласно закону Гесса тепловые эффекты реакций можно суммировать для получения теплового эффекта суммарной реакции. В нужном нам уравнении реакции: $\text{H}_2(\text{газ}) + \text{I}_2(\text{кристалл}) = 2\text{HI}(\text{раствор})$, водород и йод находятся в левой части. Поэтому возьмем уравнение (1) 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 ω_1 – 4 балла

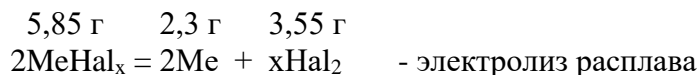
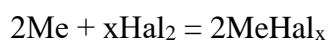
Итого 12 баллов

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 BaCl₂ 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 MCO₃ или M₂CO₃), а реакция, приводящая к выпадению осадка, есть реакция обмена.

Найдем молярную массу **M**: $M(M) = 96 - 12 - 3 \times 16 = 36$ (для формулы MCO₃) или $M(M) = (96 - 12 - 3 \times 16) / 2 = 18$ (для формулы M₂CO₃). 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 NH₄⁺).

Очевидно, что если **D** = (NH₄)₂CO₃, то **A** и **B** это CO₂ и NH₃ соответственно. Вещество **C** можно попытаться отгадать из его состава – CH₆N₂O₂. По аналогии с амидами карбоновых кислот, можно предложить формулу H₂NCOONH₄ – карбамат аммония.

- A** - CO₂
B - NH₃
C - NH₂COONH₄
D - (NH₄)₂CO₃
E - BaCO₃

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

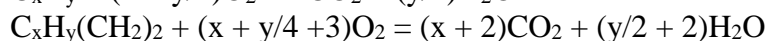
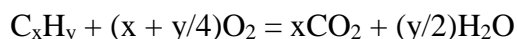
Итого 8 баллов

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

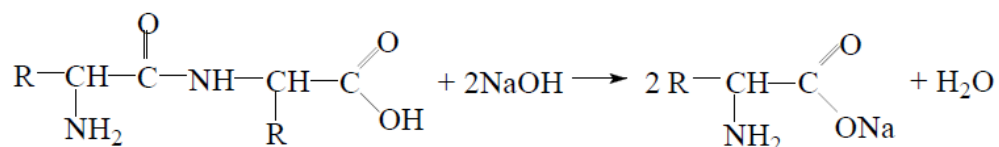
За нахождение правильного решения и формулы углеводородов – 4 балла

Итого 10 баллов

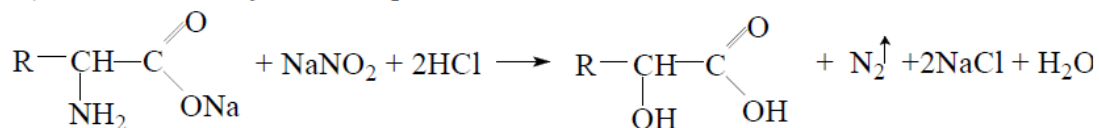
Задание 6. (10 баллов)

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:

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

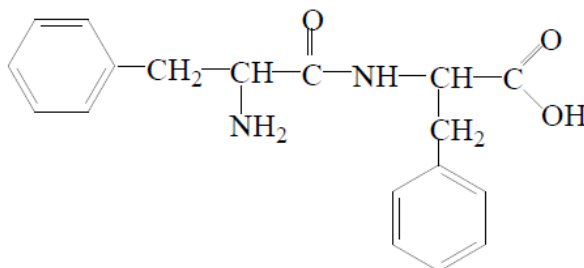
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.3 \cdot 0.733}{8.314 \cdot 292} = 0.03 \text{ моль};$$

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

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

$$R = 91 \text{ г/моль},$$

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

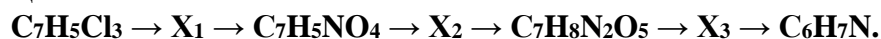
Расчет молярной массы дипептида – 1 балл

Определение R – 2 балла

Формула и название дипептида – 2 балла

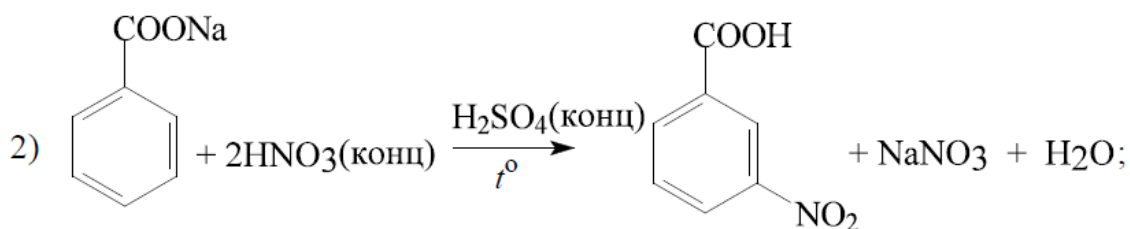
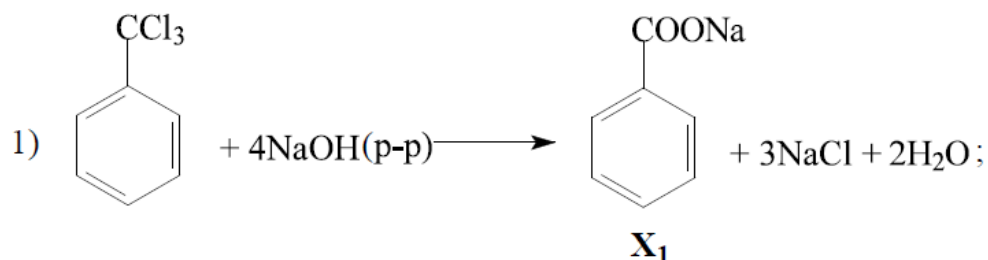
Задание 11-7. (12 баллов)

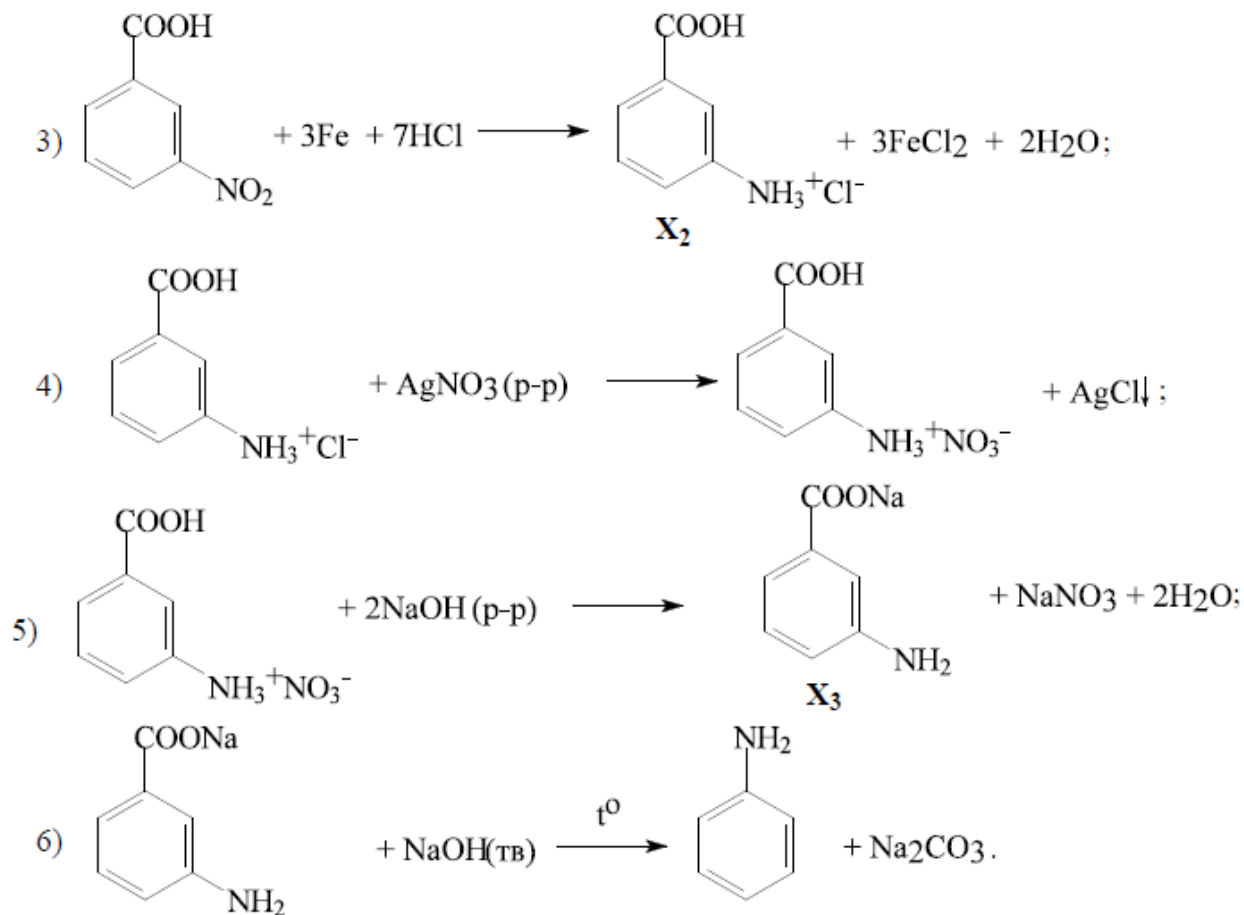
Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

Решение





За каждую реакцию – 2 балла
Итого – 12 баллов