

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 11 класс

(группа № 1)

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1

---

#### Общее условие:

Смесь карбонатов натрия и цезия общей массой 50 г обработали избытком соляной кислоты. При этом выделилось 6,29 л (н.у.) газа. Рассчитайте массовые доли (в %) компонентов исходной смеси. Ответ округлите до целых.

#### Условие:

Массовая доля карбоната натрия

**Правильный ответ:** 40 (принимается значение в интервале [39; 41])

#### Условие:

Массовая доля карбоната цезия

**Правильный ответ:** 60 (принимается значение в интервале [59; 61])

Каждый правильный ответ — 2 балл

**Максимальный балл за задание — 4**

#### Решение:

Пусть было  $x$  моль карбоната натрия и  $y$  моль карбоната цезия. Составим систему уравнений относительно массы смеси и объема углекислого газа:

$$\begin{cases} 106x + 326y = 50 \\ 22.4 \cdot (x + y) = 6.29 \end{cases}$$

Решая систему уравнений, находим  $x = 0,189$  моль,  $y = 0,092$  моль.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.189 \cdot 106 = 20 \text{ г}$$

$$m(\text{Cs}_2\text{CO}_3) = 0.092 \cdot 326 = 30 \text{ г}$$

Следовательно, массовая доля карбоната натрия составляет 40%, а массовая доля карбоната цезия 60%.

## Задание № 2

---

### Условие:

Выберите все группы веществ, которые могут являться межклассовыми изомерами насыщенных ациклических карбоновых кислот.

### Варианты ответов:

- Насыщенные ациклические сложные эфиры
- Ненасыщенные ациклические карбоновые кислоты
- Насыщенные ациклические гидроксикислоты
- Ненасыщенные ациклические гидроксикетоны
- Насыщенные ациклические гидроксиальдегиды
- Ненасыщенные ациклические двухатомные спирты
- Насыщенные циклические сложные эфиры
- Насыщенные циклические дикетоны

### Правильный ответ:

- Насыщенные ациклические сложные эфиры
- Насыщенные ациклические гидроксиальдегиды
- Ненасыщенные ациклические двухатомные спирты.

Каждый верный ответ — 1 балл, штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 3, не меньше 0 баллов за задание**

### Решение:

Общая формула насыщенных ациклических карбоновых кислот  $C_nH_{2n}O_2$ . Данной общей формуле удовлетворяют насыщенные ациклические сложные эфиры, насыщенные ациклические гидроксиальдегиды и ненасыщенные ациклические двухатомные спирты, содержащие одну двойную связь.

### Задание № 3

---

**Условие:**

Выберите все элементы, атомы которых в основном состоянии содержат 3 неспаренных электрона:

**Варианты ответов:**

- Li
- P
- Sc
- V
- Bi
- Se
- Co
- Pt

**Правильный ответ:**

- P
- V
- Bi
- Co

Каждый верный ответ — 1 балл, штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 4, не меньше 0 баллов за задание**

*Решение:*

Три неспаренных электрона в основном состоянии имеют атомы элементов с электронной конфигурацией  $s^2p^3$  (P, Bi),  $s^2d^3$  (V) и  $s^2d^7$  (Co).

#### Задание № 4

---

**Условие:**

Выберите все вещества, которые растворяются в соляной кислоте:

**Варианты ответов:**

- BaSO<sub>4</sub>
- ZnS
- BaCO<sub>3</sub>
- HgS
- Hg
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Правильный ответ:**

- ZnS
- BaCO<sub>3</sub>
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Каждый верный ответ — 1 балл, штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 3, не меньше 0 баллов за задание**

*Решение:*

Сульфат бария не растворяется в соляной кислоте, т.к. является солью сильной кислоты.

Сульфат цинка растворяется в соляной кислоте с выделением сероводорода.

Карбонат бария растворяется в соляной кислоте, т.к. является солью слабой угольной кислоты.

Сульфид ртути (II) не растворяется из-за высокой прочности кристаллической решетки, вызванной высокой степенью ковалентности связи ртуть—сера.

Ртуть не растворяется в соляной кислоте, т.к. стоит в ряду активности металлов правее водорода.

Оксид железа (III) является амфотерным оксидом и растворяется в соляной кислоте с образованием хлорида железа (III).

## Задание № 5

---

### Общее условие:

Теплоты сгорания  $\alpha$ -D-глюкозы,  $\beta$ -D-фруктозы и сахарозы равны 2802, 2810 и 5644 кДж/моль соответственно.

### Условие:

Рассчитайте, сколько теплоты (в кДж) выделится при гидролизе 68.4 г сахарозы. Ответ приведите с точностью до десятых.

**Правильный ответ:** 6,4 (принимается значение в интервале [6.3; 6.5])

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

126 г глюкозы превратилось во фруктозу. Выделилась или поглотилась при этом теплота?

### Варианты ответа:

- Теплота выделилась
- Теплота поглотилась

### Правильный ответ:

- Теплота выделилась

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Рассчитайте тепловой эффект (по модулю) для превращения, описанного в вопросе выше. Ответ приведите с точностью до десятых.

**Правильный ответ:** 5,6 (принимается значение в интервале [5.5; 5.7])

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5**

*Решение:*

Тепловой эффект реакции равен разности теплот сгорания реагентов и продуктов. Для реакции гидролиза сахарозы:



тепловой эффект будет равен  $5644 - 2802 - 2810 = 32$  кДж/моль

Количество вещества сахарозы:

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 68.4/342 = 0.2 \text{ моль}$$

$$\text{Количество теплоты} = 0,2 * 32 = \mathbf{6,4} \text{ кДж}$$

Поскольку при сгорании 1 моль фруктозы выделяется на 8 кДж больше тепла, чем при сгорании 1 моль глюкозы, можно сделать вывод, что глюкоза является более стабильным (низким по энергии) соединением (т.к. продукты сгорания глюкозы и фруктозы идентичны). Следовательно, превращение глюкозы во фруктозу является эндотермическим процессом, т.е. **теплота поглощается.**

Количество вещества глюкозы:

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 126/180 = 0.7 \text{ моль}$$

$$\text{Тепловой эффект} = 0,7 * 8 = \mathbf{5,6} \text{ кДж}$$

## Задание № 6

---

### Условие:

Установите соответствие между продуктами и реагентами, с помощью которых эти продукты можно получить из ацетофенона (фенилметилкетона).

### Варианты для соотнесения:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1. 1-Фенилэтанол     | А. Zn(Hg), HCl (конц.)  |
| 2. Бензойная кислота | Б. HNO <sub>3</sub> (конц.), H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.) |
| 3. Этилбензол        | Г. CH <sub>3</sub> MgBr, затем H <sub>2</sub> O                     |
| 4. 2-Фенилпропанол-2 | Д. LiAlH <sub>4</sub> , затем H <sub>2</sub> O                      |
| 5. м-Нитроацетофенон | Е. KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , t °         |

### Правильный ответ:

1—Г, 2—Д, 3—А, 4—В, 5—Б

Каждое верное соотнесение — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 5**

### Решение:

- 1) 1-Фенилэтанол образуется при восстановлении ацетофенона гидридным восстановителем (Г).
- 2) Бензойная кислота образуется при окислении ацетофенона в жестких условиях (Д).
- 3) Этилбензол образуется при восстановлении ацетофенона по Клеменсену (А)
- 4) 2-Фенилпропанол-2 образуется при присоединении к ацетофенону реактива Гриньяра и последующей водной обработке (В).
- 5) м-Нитроацетофенон образуется при нитровании ацетофенона нитрующей смесью (Б).

## Задание № 7

---

### Общее условие:

Хлористый тионил ( $\text{SOCl}_2$ ) используют для получения безводных хлоридов из кристаллогидратов. При взаимодействии 2,00 г кристаллогидрата хлорида иттрия  $\text{YCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  с избытком хлористого тионила выделились бесцветные газы **A** и **B**. При взаимодействии выделившегося газа **A** с избытком водного раствора нитрата серебра выпало 11,35 г белого творожистого осадка, нерастворимого в азотной кислоте. Определите количество кристаллизационной воды в кристаллогидрате, а также формулы газов **A** и **B**.

Для ввода формул используйте английскую раскладку клавиатуры.

### Условие:

x:

**Правильный ответ:** 6

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Формула A:

**Правильный ответ:** HCl

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Формула B:

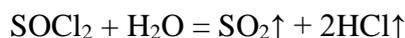
**Правильный ответ:**  $\text{SO}_2$

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

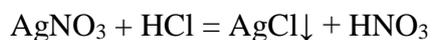
**Максимальный балл за задание — 5**

### Решение:

При гидролизе хлористого тионила образуются сернистый газ и хлороводород:



Из этих газов белый осадок, нерастворимый в азотной кислоте, с нитратом серебра дает только хлороводород:



Следовательно, газ A – HCl, газ B –  $\text{SO}_2$ .

Установим формулу кристаллогидрата.

$$n(\text{AgCl}) = m/M = 11.35/143.5 = 0.0791 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.5n(\text{HCl}) = 0.5n(\text{AgCl}) = 0.5 * 0.0791 = 0.0395 \text{ моль}$$

Составим уравнение относительно количества кристаллизационной воды в кристаллогидрате:

$$x \cdot \frac{m(\text{YCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{M(\text{YCl}_3) + x \cdot M(\text{H}_2\text{O})} = n(\text{H}_2\text{O})$$

$$x \cdot \frac{2.00}{195.5 + 18x} = 0.0395$$

Откуда находим, что  $x = \mathbf{6}$ .

## Задание № 8

---

### Общее условие:

Расположите следующие фенолы в порядке увеличения ОН-кислотности.

- А. Фенол
- Б. 4-Нитрофенол
- В. 4-Хлорфенол
- Г. 4-Метилфенол
- Д. 4-Метоксифенол

### Условие:

Выберете фенол с наименьшей кислотностью:

### Варианты ответов:

- А
- Б
- В
- Г
- Д

**Правильный ответ:** Д

### Условие:

Выберете фенол с наибольшей кислотностью:

### Варианты ответов:

- А
- Б
- В
- Г
- Д

**Правильный ответ:** Б

Каждый правильный ответ — 1.5 балла

**Максимальный балл за задание — 3**

*Решение:*

Донорные заместители уменьшают кислотность фенолов, а акцепторные – увеличивают. Наибольшим донорным эффектом среди представленных заместителей обладает метоксигруппа, поэтому 4-метоксифенол (Д) будет обладать наименьшей кислотностью. Наибольшими акцепторными свойствами обладает нитрогруппа, поэтому 4-нитрофенол (Б) будет обладать наибольшей кислотностью.

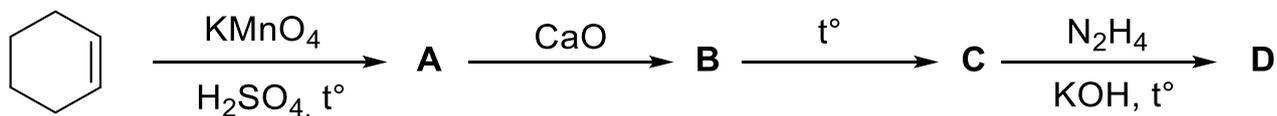
### Задание № 9

---

**Условие:**

Ниже представлена цепочка превращений. Определите неизвестные вещества.

В качестве ответа приведите молярную массу вещества **D** (углеводород) с точностью до целых.



**Правильный ответ:** 70

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение:*

Жесткое окисление циклогексена дает адипиновую (гександиовую) кислоту (A).

Взаимодействие адипиновой кислоты с оксидом кальция дает адипинат кальция (B).

Пиролиз адипината кальция дает циклопентанон (C). Восстановление циклопентанона по Кижнеру-Вольфу дает циклопентан (D). Молярная масса циклопентана 70 г/моль.

## Задание № 10

---

### Условие:

При сжигании 20 г некоторого металла было получено 33.37 г оксида. Запишите формулу оксида, используя английскую раскладку клавиатуры.

**Правильный ответ:** TiO2 (также принимается MgO)

**Максимальный балл за задание — 4**

### Решение:

Запишем формулу оксида как  $\text{MeO}_{0.5x}$ , где  $x$  – валентность металла.

Массовая доля металла в оксиде  $\omega(\text{Me}) = 20/33.37 = 0.5993 = 59.93\%$

Составим уравнение:

$$\omega(\text{Me}) = M(\text{Me}) / (M(\text{Me}) + 0.5xM(\text{O}))$$

$$0.5993 = M(\text{Me}) / (M(\text{Me}) + 8x)$$

$$0.6689M(\text{Me}) = 8x$$

$$M(\text{Me}) = 11.96x$$

Перебирая валентности, находим, что условию задачи удовлетворяют магний (при  $x = 2$ ) и титан (при  $x = 4$ ). Засчитываются оба варианта решения.

## Задание № 11

---

### Общее условие:

К черному порошку вещества **А** добавили концентрированную соляную кислоту и нагрели. При этом выделился желто-зеленый газ **Б** и образовался раствор соли **В**. Упаривание раствора приводит к образованию бледно-розовых кристаллов соли **В**. Если через суспензию **А** в концентрированном растворе гидроксида калия пропускать газ **Б**, то можно получить ярко-окрашенное вещество **Г**, используемое в качестве антисептика. Определите все неизвестные вещества, в ответ запишите их формулы, используя английскую раскладку клавиатуры.

### Условие:

А:

**Правильный ответ:** MnO<sub>2</sub>

### Условие:

Б:

**Правильный ответ:** Cl<sub>2</sub>

### Условие:

В:

**Правильный ответ:** MnCl<sub>2</sub>

### Условие:

Г:

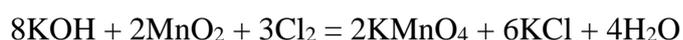
**Правильный ответ:** KMnO<sub>4</sub>

Точное совпадение ответа А — 2 балла, точное совпадение ответов Б–Г — по 1 баллу

**Максимальный балл за задание — 5**

### Решение:

Желто-зеленый газ Б – хлор. Образование бледно-розовой соли, образующейся под действием соляной кислоты на черный порошок, указывает на соединения марганца. Тогда соединение А – оксид марганца (IV), а соль В – хлорид марганца (II). Окисление оксида марганца (IV) хлором в щелочной среде приводит к образованию перманганата калия Г.



## Задание № 12

---

### Общее условие:

Через раствор нитрата меди (II) в течение 2 часов пропускали ток силой 0.5 А. При этом масса катода увеличилась на 1 г. Рассчитайте выход по току (в %). Ответ округлите до целых

*Постоянная Фарадея  $F = 96500$  Кл/моль.*

**Правильный ответ:** принимается значение в диапазоне [83; 85]

**Точный ответ:** 84

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Запишите формулу газа, который выделялся на инертном аноде. Используйте английскую раскладку клавиатуры.

**Правильный ответ:** O2

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Решение:

Поскольку в растворе нет анионов, способных разряжаться на аноде, происходит окисление воды с выделением кислорода.

Рассчитаем теоретически возможную массу меди по закону Фарадея (время необходимо перевести в секунды):

$$m(\text{Cu}) = \frac{M(\text{Cu}) \cdot I \cdot t}{z \cdot F} = \frac{64 \cdot 0.5 \cdot 7200}{2 \cdot 96485} = 1,19 \text{ г}$$

Таким образом, выход по току составил  $1/1,19 = 0,84 = 84\%$