

## 2. КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ ОЛИМПИАДЫ

Второй (заключительный) этап олимпиады по химии Многопредметной олимпиады «Юные таланты» состоит из трех туров: отборочного и двух финальных – теоретического и экспериментального.

Максимально возможное количество баллов, которое может набрать участник за отборочный тур – 50. К участию в финальных (теоретическом и экспериментальном) турах допускаются участники, выполнившие работы отборочного тура и набравшие суммарно **не менее 15 баллов**, включая победителей и призеров олимпиады предыдущего года. Баллы отборочного тура не суммируются с баллами финальных туров.

Максимально возможное количество баллов, которое может набрать участник в финальных турах – 70, из которых 50 – за теоретический тур, а 20 – за экспериментальный тур.

Победителями олимпиады могут стать участники, имеющие не менее 50 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 85% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

Призерами олимпиады (2 степень) могут стать участники, имеющие не менее 40 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 65% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

Призерами олимпиады (3 степень) могут стать участники, имеющие не менее 32 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 50% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

### 4.2.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

Так как вещество А содержит водород, то оно имеет общую формулу – ЭН<sub>п</sub>, где п – валентность элемента Э, А – относительная атомная масса элемента Э

$$w(H) = \frac{1n}{1n + A} = 0,0882$$

$$A = 10,34n$$

При n = 1, A = 10,34, близко к бору, но он не может быть одновалентным

При n = 2, A = 20,68, близко к гелию, но он не образует гидридов

При n=3, A = 31,02, фосфор, удовлетворяет условиям

При n = 4, A = 41,36, нет элемента

**A** – PH<sub>3</sub> (фосфин),

**B** – PH<sub>4</sub>I (иодид фосфония),

**C** – P (фосфор),

**D** – Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub> (фосфид кальция),

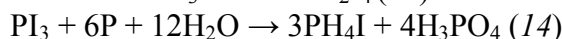
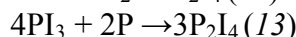
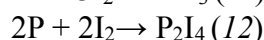
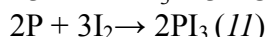
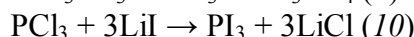
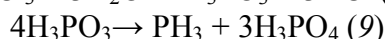
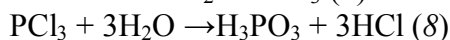
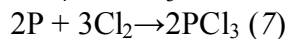
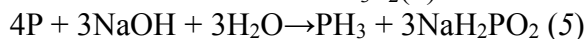
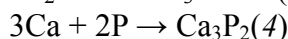
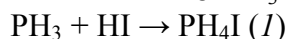
**E** – PCl<sub>3</sub> (трихлорид фосфора),

**F** – PI<sub>3</sub> (трийодид фосфора),

**G** – H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> (фосфористая кислота),

**H** – P<sub>2</sub>I<sub>4</sub> (диiodид фосфора),

**J** – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (фосфорная кислота).



3. Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – двойной суперфосфат.

#### Разбалловка

|  |                  |
|--|------------------|
| Формулы соединений <b>A-J</b>                        | 9x0,25 = 2,25 б. |
| Написание уравнений реакций (1) – (15)               | 15x0,5 = 7,5 б.  |
| Указание на удобрение, производное фосфорной кислоты | 0,25 б.          |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>10 б.</b>     |

#### Задача №11-2

Метод определения меди (II) основан на окислении иодида калия до молекулярного иода с последующим определением выделившегося иода титрованием тиосульфатом натрия:



Рассчитаем коэффициент распределения меди.

$$C(CuL_2)_{(o)} = \frac{n(CuL_2)_{(o)}}{V_{(o)}} = \frac{m(CuL_2)_{(o)}}{MV_{(o)}} = \frac{m(Cu^{2+})_{(o)}}{MV_{(o)}}$$

$$C(Cu^{2+})_{(e)} = \frac{n(Cu^{2+})_{(e)}}{V_{(e)}} = \frac{m(Cu^{2+})_{(e)}}{MV_{(e)}}$$

$$D = \frac{m(\text{Cu}^{2+})_{(o)}}{MV_{(o)}} ; \frac{m(\text{Cu}^{2+})_{(B)}}{MV_{(B)}} = \frac{m(\text{Cu}^{2+})_{(o)}}{m(\text{Cu}^{2+})_{(B)}}$$

| pH   | 1     | 2     | 3        | 4                   |
|--|-------|-------|----------|---------------------|
| $m(\text{Cu}^{2+})_{\text{исх}}, \text{ МГ}$ | 800   |       |          |                     |
| $m(\text{Cu}^{2+})_{(B)}, \text{ МГ}$        | 228,6 | 3,2   | 0,03     | $3,2 \cdot 10^{-4}$ |
| $m(\text{Cu}^{2+})_{(o)}, \text{ МГ}$        | 571,4 | 796,8 | 799,97   | 799,9997            |
| D  | 2,5   | 249   | 26665,67 | 2500000             |

Рост коэффициента распределения с увеличением pH объясняется смещением реакции экстракции вправо в результате увеличения степени диссоциации реагента HL и, как следствие, увеличения равновесной концентрации комплекса меди, экстрагируемого в органическую фазу.

Запишем выражение для константы экстракции:

$$K = \frac{[\text{CuL}_2]_{(o)} [\text{H}^+]_{(B)}^2}{[\text{Cu}^{2+}]_{(B)} [\text{HL}]_{(o)}^2}$$

Выделив в выражении для константы экстракции выражение для коэффициента распределения получим:

$$K = D \frac{[\text{H}^+]_{(B)}^2}{[\text{HL}]_{(o)}^2}$$

Так как  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ , получим выражение:

$$K = D \frac{10^{-2\text{pH}}}{[\text{HL}]_{(o)}^2}$$

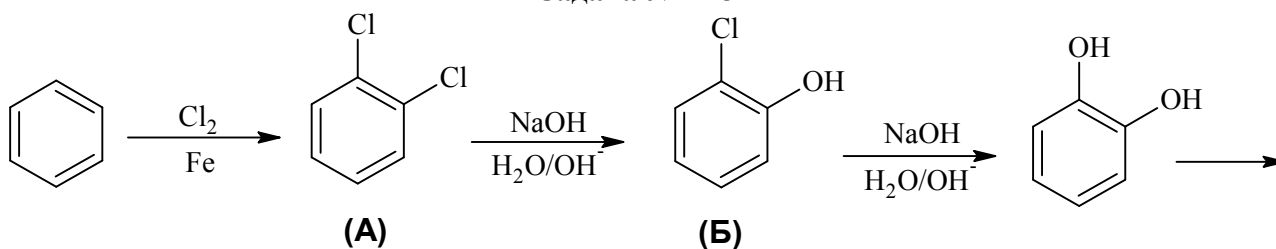
| pH | 1     | 2     | 3        | 4       |
|----|-------|-------|----------|---------|
| D  | 2,5   | 249   | 26665,67 | 2500000 |
| K  | 0,499 | 0,498 | 0,533    | 0,500   |

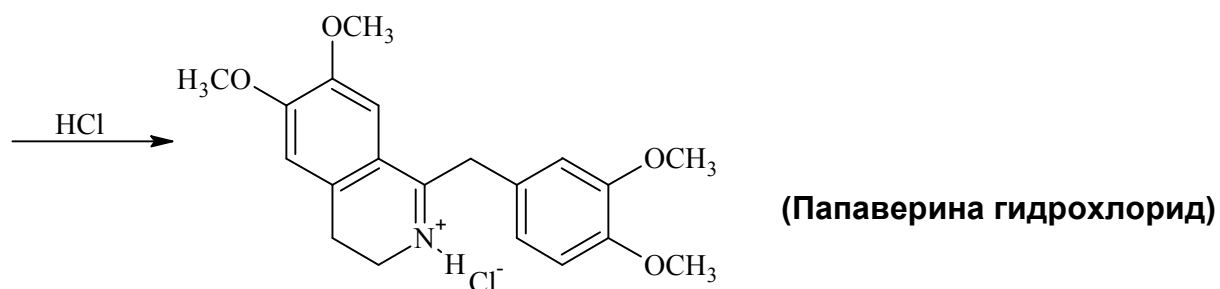
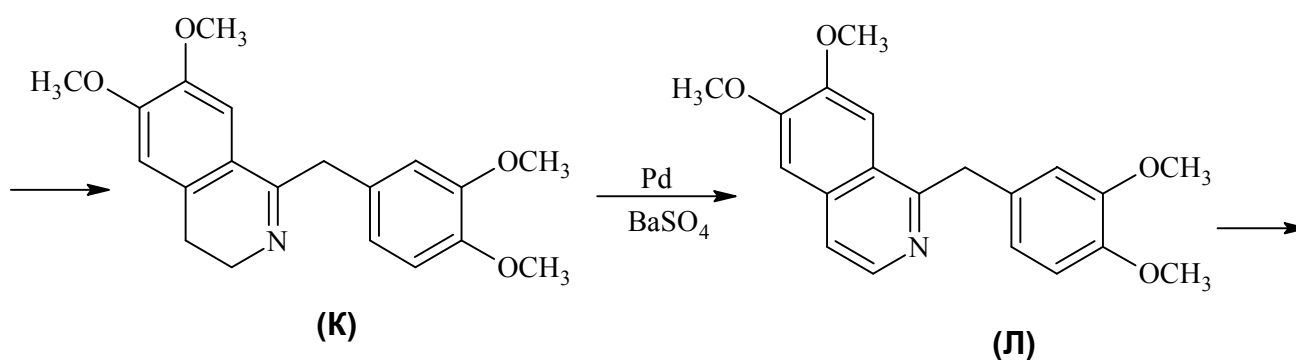
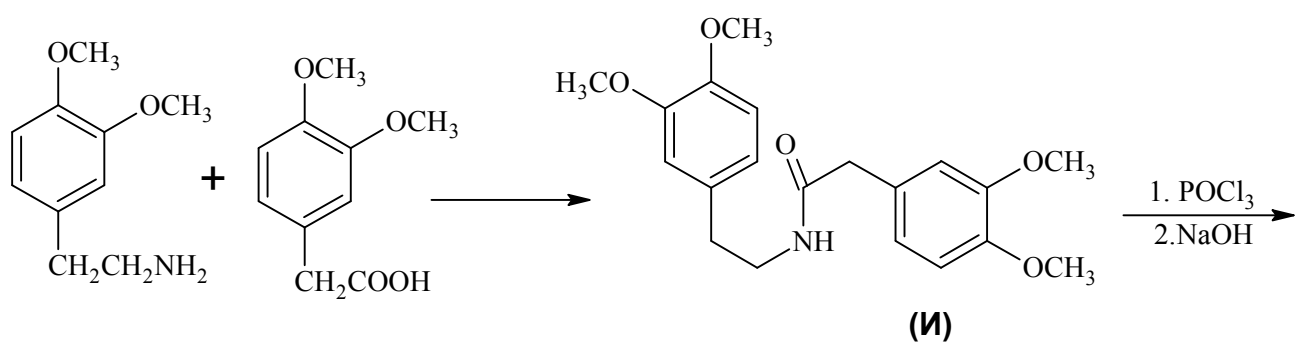
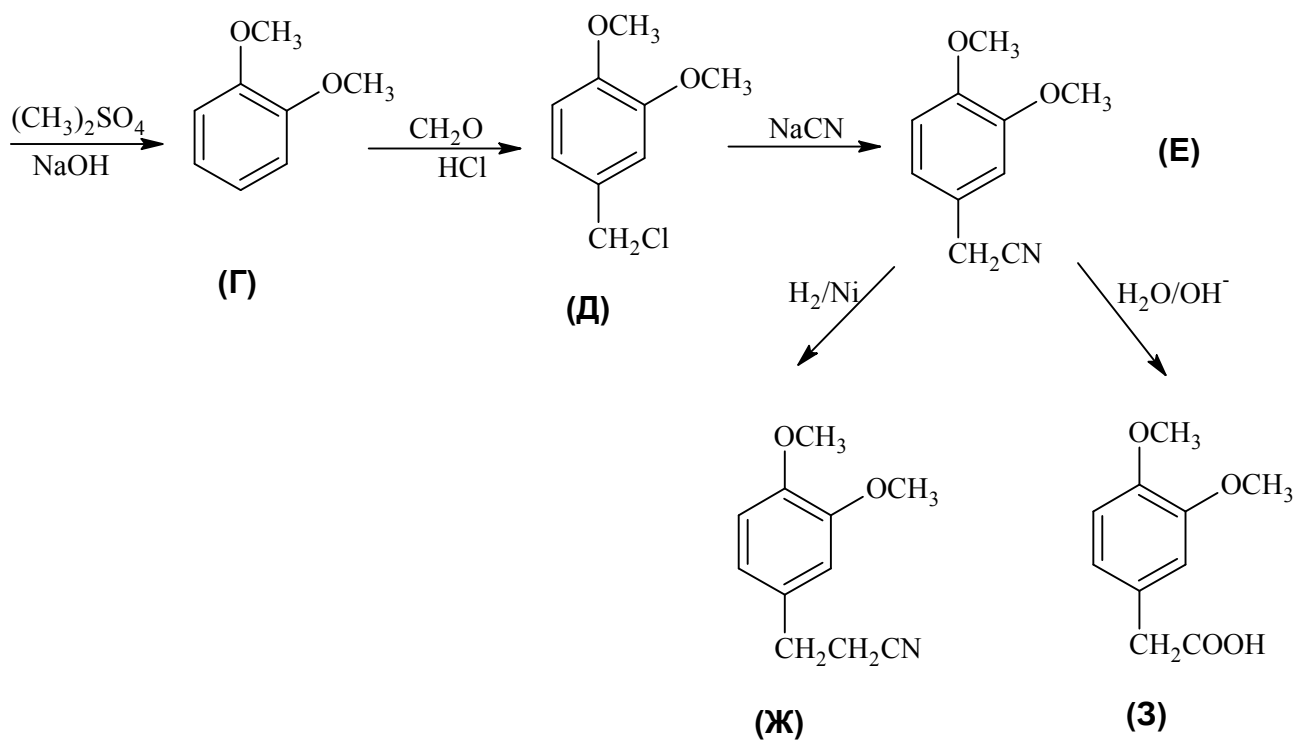
Константа экстракции равна  $K = 0,5$

#### Разбалловка

|   |              |
|---|--------------|
| Написание уравнений реакций (1) – (2)                   | 2x16. = 2 б. |
| Расчет коэффициентов распределения Cu(II)               | 2 б.         |
| Объяснение зависимости коэффициента распределения от pH | 2 б.         |
| Вывод уравнения константы экстракции                    | 1 б.         |
| Уравнение связи K и D                                   | 1 б.         |
| Вычисление константы экстракции                         | 2 б.         |
| ИТОГО   | 10 б.        |

#### Задача №11-3

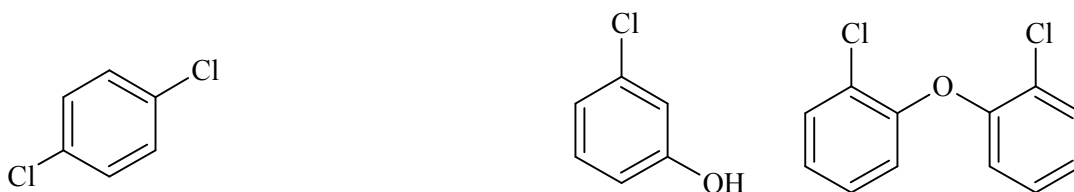




Побочные продукты для реакции получения:

Вещества А:

Вещества Б



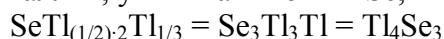
### Разбалловка

|  |                    |
|--|--------------------|
| Написание структурных формул веществ А – В                                   | 3x0,5 б. = 1,5 б.  |
| Написание структурных формул веществ Г – Л                                   | 8x1 б. = 8 б.      |
| Написание побочных продуктов (как минимум одного для каждой из двух реакций) | 2x0,25 б. = 0,5 б. |
| ИТОГО  | 10 б.              |

### Задача №11-4

На основании вышесказанного формулу соединения можно записать в виде  $AT_{2n}O_m$ , где А – атомы плотнейшей упаковки, Т и О – атомы, занимающие тетраэдрические и октаэдрические пустоты соответственно, а n и m – степень заполненности пустот.

Рассчитаем формулу селенида таллия, учитывая что А = Se, Т = О = Tl:



Рассчитаем координационные числа (КЧ) атомов в селениде таллия:

КЧ атома таллия в тетраэдрической пустоте по определению равно 4;

КЧ атома таллия в октаэдрической пустоте по определению равно 6;

КЧ атома селена равно:  $KЧ = (4 \cdot 3 + 6 \cdot 1) / 3 = 6$

Из формулы  $Se_3Tl_3Tl$  видно, что в тетраэдрических пустотах находится ионы  $Tl^+$ , а в октаэдрических –  $Tl^{3+}$ .



### Разбалловка

|   |                |
|---|----------------|
| Определение формулы селенида таллия       | 2 б.           |
| Вычисление координационных чисел          | 3x1 б. = 3 б.  |
| Соответствие пустот и заряда ионов таллия | 2x0,5б. = 1 б. |
| Написание уравнений реакций (1) и (2)     | 2x2 б. = 4 б.  |
| ИТОГО                                     | 10 б.          |

### Задача №11-5

$X_1$  –  $CH_3COH$  (этаналь),

$X_2$  –  $CH_3COOH$  (этановая кислота),

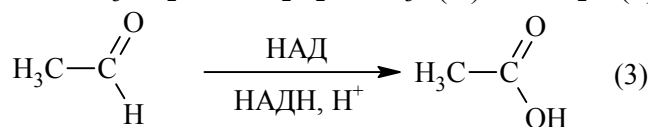
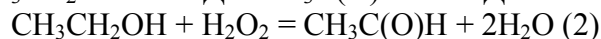
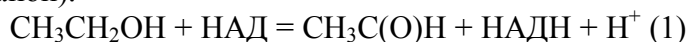
$X_3$  –  $CO_2$  (углекислый газ),

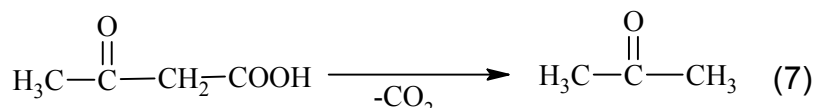
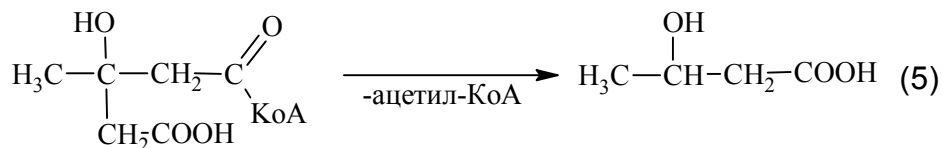
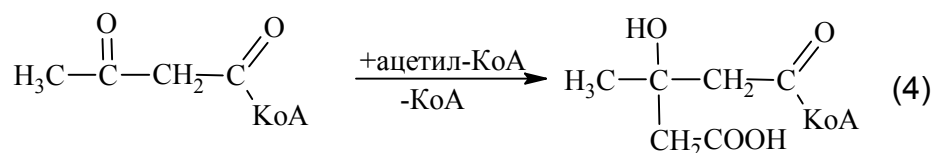
$X_4$  –  $H_2O$  (вода),

$X_5$  –  $CH_3CH(OH)CH_2COOH$  (3-гидрокибутановая кислота),

$X_6$  –  $CH_3C(O)CH_2COOH$  (3-оксобутановая кислота),

$X_7$  –  $CH_3C(O)CH_3$  (пропанон).





Из кинетического уравнения реакции первого порядка найдем  $k_1$ :

$$\frac{[A]_0}{[A]} = 16, t = 20, k_1 = \frac{1}{20} \ln 16 = 0,14 \text{ мин}^{-1} = 8,4 \text{ ч}^{-1}.$$

Из уравнения решения кинетического уравнения найдем  $k_2$

$$[A]_0 = 3,8 \text{ г/л}, t = 10 \text{ ч}, [B] = 1,9 \text{ г/л}$$

Примем, что  $(1 - e^{-k_1 t}) \approx 1$

$$k_2 = \frac{[A]_0 \times (1 - e^{-k_1 t}) - [B]}{t} \approx \frac{[A]_0 - [B]}{t} = \frac{3,8 - 1,9}{10} = 0,19 \text{ г/л} \cdot \text{ч}$$

Рассчитаем время, необходимое для достижения  $[B] = 0,35 \text{ г/л}$

$$[A]_0 = 3,8 \text{ г/л}$$

$$0,35 = 3,8 \times (1 - e^{-8,4 \times t}) - 0,19 \times t \approx 3,8 - 0,19t$$

$$t = \frac{3,45}{0,19} = 18,2 \text{ ч}$$

Значит, минимальное время достижения предельно допустимой концентрации составляет 18,2 часа.

#### Разбалловка

|   |  |
|---|--|
| Определение веществ $X_1$ - $X_7$                               | $7 \times 0,56 = 3,56$ .               |
| Написание реакций (1) – (7)                                     | $7 \times 0,56 = 3,56$ .               |
| Вычисление $k_1$ и $k_2$  | $2 \times 1 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$ |
| Расчет времени для достижения предельно допустимой концентрации | 1 б.                                   |
| ИТОГО   | 10 б.                                  |