

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД**  
**11 КЛАСС**

Максимальное время выполнения задания: 240 мин

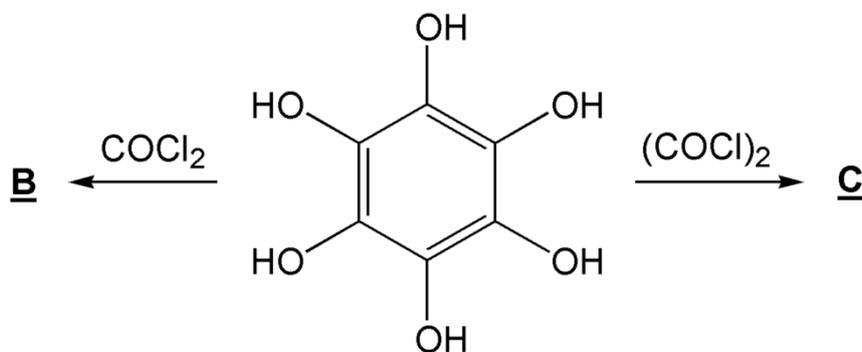
Максимально возможное количество баллов: 100

**Задача 1.**

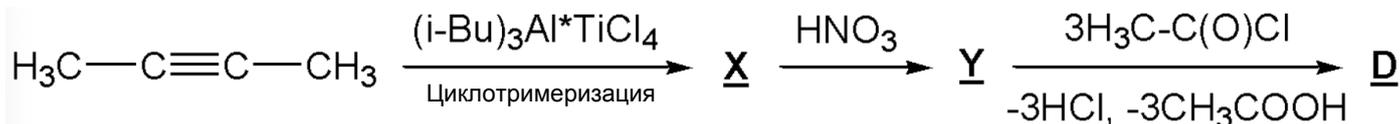
Оксиды углерода – это обширная и очень разнообразная группа бинарных соединений углерода и кислорода. В лабораторной практике два её наиболее известных представителя – углекислый и угарный газы – легко могут быть получены из муравьиной кислоты, хотя получение углекислого газа из неё и не представляет практического значения.

Другие оксиды углерода относят к органическим соединениям. Одним из таких оксидов является соединение **A** – газ с резким специфическим запахом, открытый Дильсом в 1906 году. Он имеет брутто-формулу  $C_3O_2$  и образуется при осторожном нагревании малоновой (пропандиовой) кислоты с  $P_2O_5$ .

Ещё три оксида углерода – **B** ( $C_9O_9$ ), **C** ( $C_{12}O_{12}$ ) и **D** ( $C_{12}O_9$ ) – являются ароматическими соединениями. Синтез **B** и **C** ведут из гексагидроксибензола:



В то же время **D** может быть получен из бутина-2 по следующей схеме:



\* i-Bu – изобутил.

1) Нарисуйте структурные формулы угарного и углекислого газа и напишите уравнения реакций их получения из муравьиной кислоты.

2) Установите строение соединения **A** и напишите схему получения **A** из малоновой (пропандиовой) кислоты.

3) Установите строение соединений **B** и **C** и напишите уравнения реакций их получения из гексагидроксибензола.

4) Установите строение соединений **X**, **Y** и **D**. Напишите уравнение реакции тримеризации бутина-2 с образованием **X**, схему окисления **X** азотной кислотой с образованием **Y**, а также уравнение реакции образования **D** из **Y**.

(25 баллов)

**Задача 2.**

Простое вещество, образованное элементом **A**, представляет собой весьма активный щелочноземельный металл, впервые полученный при переработке смоляной руды. Радионуклид **A** можно получить в результате двух последовательных  $\alpha$ -распадов радионуклида **X**, а также в результате  $\beta^-$ -распада **Y**. Для самого радионуклида **A** характерен  $\alpha$ -распад, в результате которого образуется

инертный газ **Z**. Известно, что температура препаратов, содержащих **A**, всегда немного выше окружающей среды, а сами препараты (как и чистый **A**) из-за высокой радиоактивности **A** светятся в темноте. Соединения, содержащие атомы **A**, до середины XX в. входили в состав радиолуминесцентных красок, применявшихся в светящихся шкалах часов и других приборов.

1) Радиоактивные распады сопровождаются как испусканием частиц, так и квантов электромагнитного излучения. В результате подобных испусканий ядро получает энергию отдачи, которая численно равна:

$$E = \frac{p^2}{2M}, \quad (1)$$

где  $p$  – импульс испускаемой частицы,  $M$  – масса атома отдачи (дочернего атома).

Импульс альфа-частицы равен:

$$p_\alpha = mv, \quad (2)$$

а ее кинетическая энергия:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}. \quad (3)$$

На основании уравнений 1 – 3, а также зная, что кинетическая энергия испускаемой атомом **A**  $\alpha$ -частицы равна 4,78 МэВ, а кинетическая энергия атома отдачи (**Z**) равна 0,086 МэВ, установите, атомам каких элементов соответствуют **A** и **Z**. Ответ подтвердите расчетами.

2) Установите, атомам каких элементов соответствуют **X** и **Y**. Напишите схемы ядерных реакций получения **A** из **X** и **Y**, а также схему альфа-распада **A**.

3) Напишите уравнения химических реакций **A** с водой, кислородом, азотом и разбавленной селеновой кислотой. Установите, сколько времени бы ушло на нагрев 100 г воды ( $T_1 = 298,15$  К,  $P = 101325$  Па) до кипения ( $T_2$ ), если известно, что 1 г **A** (вместе с продуктами распада) выделяет в час 590 Дж тепла. Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/(кг\*К).

Справочная информация:

В результате альфа-распада происходит испускание ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ .

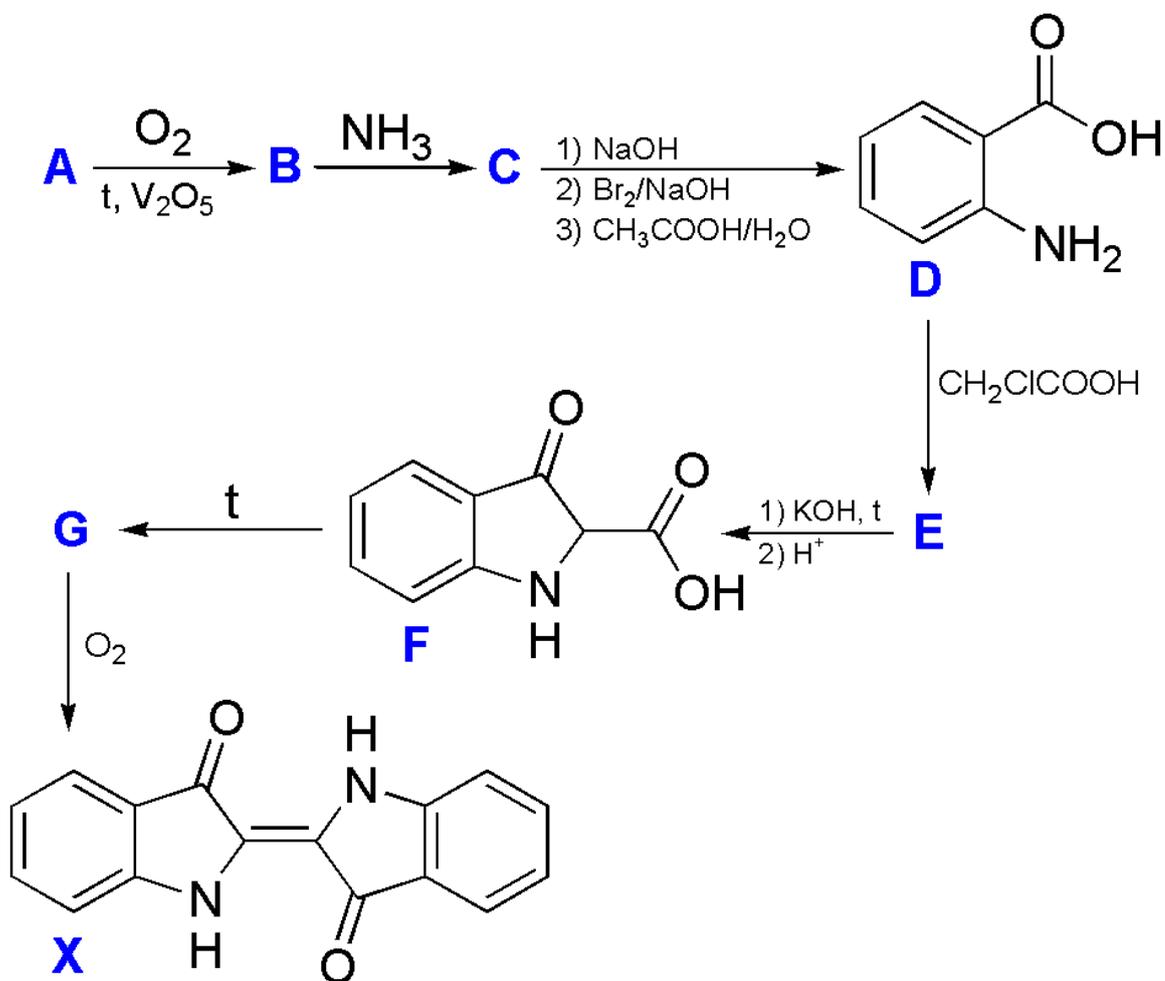
В результате бета-распада происходит испускание электрона.

(25 баллов)

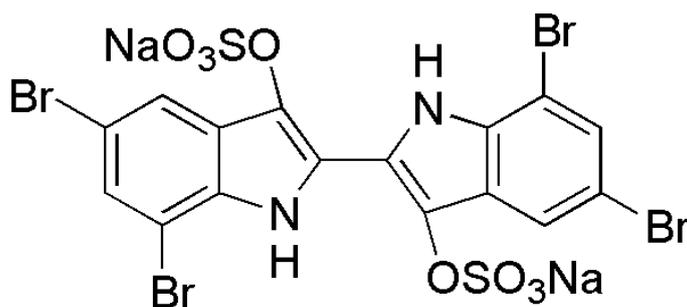
### Задача 3.

Индиго (**X**) – один из древнейших органических красителей, широко применяющийся для окрашивания тканей. Вплоть до конца 19 века индиго получали из некоторых тропических растений, но после установления А. Байером формулы этого красителя были разработаны более дешевые промышленные способы получения индиго.

Один из способов синтеза **X**, предложенный К. Гейманом, начинается с окисления нафталина (**A**), кислородом воздуха при 350-500°C в присутствии  $V_2O_5$  с образованием соединения **B** состава  $C_8H_4O_3$ . Обработка соединения **B** аммиаком приводит к образованию вещества **C** состава  $C_8H_5NO_2$ , из которого под действием сначала  $NaOH$  и  $Br_2-NaOH$  (раствор брома в водном растворе гидроксида натрия), а затем водного раствора  $CH_3COOH$  получают антралиловую кислоту (**D**). При действии на **D** хлоруксусной кислотой получается соединение **E**, из которого в результате щелочного плавления с количественным выходом образуется индоксилловая кислота **F**, декарбоксилирующаяся до индоксила **G**. **G** на воздухе легко окисляется до индиго.



- 1) Установите структуры соединений **A**, **B**, **C**, **E**, **G**.
- 2) Напишите уравнения реакций образования **C**, **E** и **G**.
- 3) Кубозоль синий – натриевая соль сернокислого эфира бромированного индиго – применяется для крашения в светлые тона целлюлозных и белковых волокон. На основании структурной формулы определите брутто-формулу (молекулярную формулу) данного красителя.



(20 баллов)

#### Задача 4.

Соединения **A-Ж** – кислоты, образованные элементом **X**:

Соединение	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
W%(X)	94,1	39,0	56,1	32,7	28,1	33,0	39,5

Соединение **A** может быть получено при растворении соли **З** (полученной в результате сплавления простого вещества элемента **X** с некоторым металлом **Y** – реакция 1) в воде (реакция 2).

Кислота **Б** в свободном состоянии неизвестна. При обработке её натриевой соли соляной кислотой происходит выделение газа **И** (*реакция 3*), который обесцвечивает раствор бромной воды ( $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ), в результате чего образуются две сильные кислоты, одной из которых является соединение **Г** (*реакция 4*).

Кислота **В** существует лишь в неводных растворах. Ее натриевая соль **К** использовалась в Первую мировую войну: марлевые повязки, пропитанные раствором **К** использовали для защиты органов дыхания от отравляющего вещества хлора (*реакция 5*), за что соединение **К** прозвали «антихлором».

Соединение **Д** иногда называют кислотой Каро. Это соединение можно получить, обработав концентрированный раствор кислоты **Г** концентрированным раствором пероксида водорода (*реакция 6*).

Кислота **Е** может быть получена электролизом холодного концентрированного раствора кислоты **Г**, причем вторым продуктом является газ **Л**, плотность по воздуху которого равна 0,069 (*реакция 7*).

Кислота **Ж** существует только в разбавленном растворе, который можно получить, обработав бариевую соль **М** кислотой **Г** (*реакция 8*). Вторым продуктом реакции является белый осадок **Н**. Интересно отметить, что при нагревании соль **М** разлагается на соединение **Н** и газ **И** (*реакция 9*).

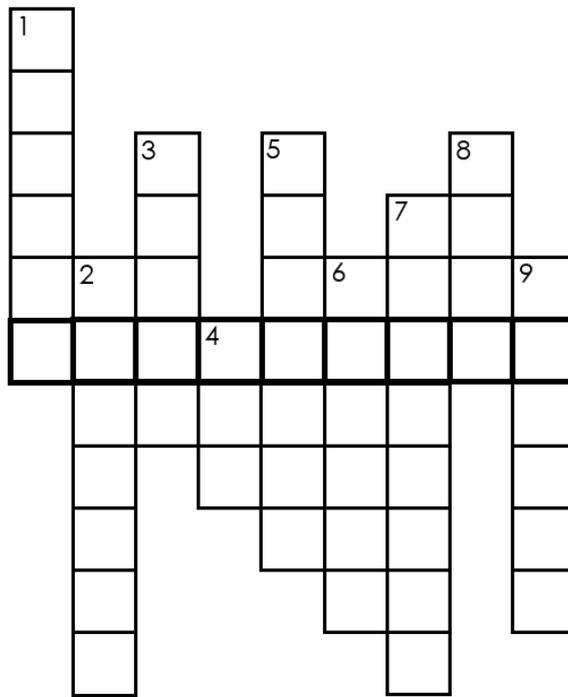
- 1) Назовите элемент **Х**.
- 2) Назовите металл **У**, если известно, что он образует оксид, с массовой долей кислорода 47,06 %. Как металл **У** получают в промышленности?
- 3) Назовите соединения **А-Н** и напишете уравнения всех описанных химических реакций.
- 4) Изобразите структурные формулы соединений **Д**, **Е**, **Ж**.

(20 баллов)

### Задача 5

В кроссворде ниже в клетках, выделенных жирным, зашифровано химическое соединение. Ответьте на вопросы и заполните кроссворд, а также нарисуйте структурную формулу зашифрованного соединения.

1. Синтетический полимер, образующийся при полимеризации капролактама.
2. Первооткрыватель реакции синтеза бутадиена путём каталитического пиролиза этанола.
3. Продукт алкилирования бензола пропиленом.
4. Аббревиатура, используемая для обозначения соединений, снижающих поверхностное натяжение на границе раздела фаз.
5. Первооткрыватель реакции гидратации ацетилена в присутствии солей ртути(II).
6. Метоксибензол.
7. Разработчик теории строения органических соединений.
8. Реакция ... – декарбоксилирование щелочных солей карбоновых кислот при нагревании их с твёрдой щёлочью.
9. Фениламин.



(10 баллов)