

**Муниципальный этап**  
**Всероссийской олимпиады школьников по химии**  
**2025-2026 учебный год**

**11 КЛАСС**

**(продолжительность – 3.5 астр. часа, общее количество баллов – 100)**

**Атомные массы округлять до целых, кроме хлора (35.5 г/моль)**

**Задача 1**

216 г насыщенного при 100 °С раствора хлорида стронция в воде охладили до температуры 70 °С. При этом выпал осадок кристаллогидрат  $\text{SrCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  массой 20.91 г. Затем раствор охладили до 40 °С, вновь наблюдали выпадение осадка кристаллогидрата  $\text{SrCl}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  массой 79.05 г. Определите состав выпавших в осадок кристаллогидратов хлорида стронция при охлаждении, если известно, что растворимость безводного хлорида стронция в воде при 100 °С, 70 °С и 40 °С составляет 102.0 г, 89.3 г и 63.4 г на 100 г воды соответственно.

**(12 баллов)**

**Задача 2**

В реакционный сосуд (объем сосуда постоянный) поместили некоторые количества угарного газа и хлора. Сосуд нагрели до 510 К. После установления термодинамического равновесия парциальные давления хлора и фосгена оказались равны 1.1 бар и 3.4 бар соответственно.

- 1) Определите  $\Delta_f H^\circ_{298}$  и  $\Delta_f S^\circ_{298}$ ;
- 2) Определите константу равновесия  $K_p$  при температуре 510 К, при условии, что  $\Delta_f H^\circ_T$  и  $\Delta_f S^\circ_T$  не зависят от температуры;
- 3) Рассчитайте парциальное давление угарного газа в равновесной смеси;
- 4) Определите начальное направление протекания реакции при 510 К и начальных парциальных давления  $p(\text{CO})=0.25$  бар,  $p(\text{Cl}_2)=0.7$  бар,  $p(\text{COCl}_2)=1.1$  бар.

Справочная информация:

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	$S^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)
$\text{CO}_{(г)}$	-110,5	197,7
$\text{Cl}_{2(г)}$		223,1
$\text{COCl}_{2(г)}$	-220,1	283,8

$$\Delta_r G^\circ_T = \Delta_r H^\circ_T - T \Delta_r S^\circ_T$$

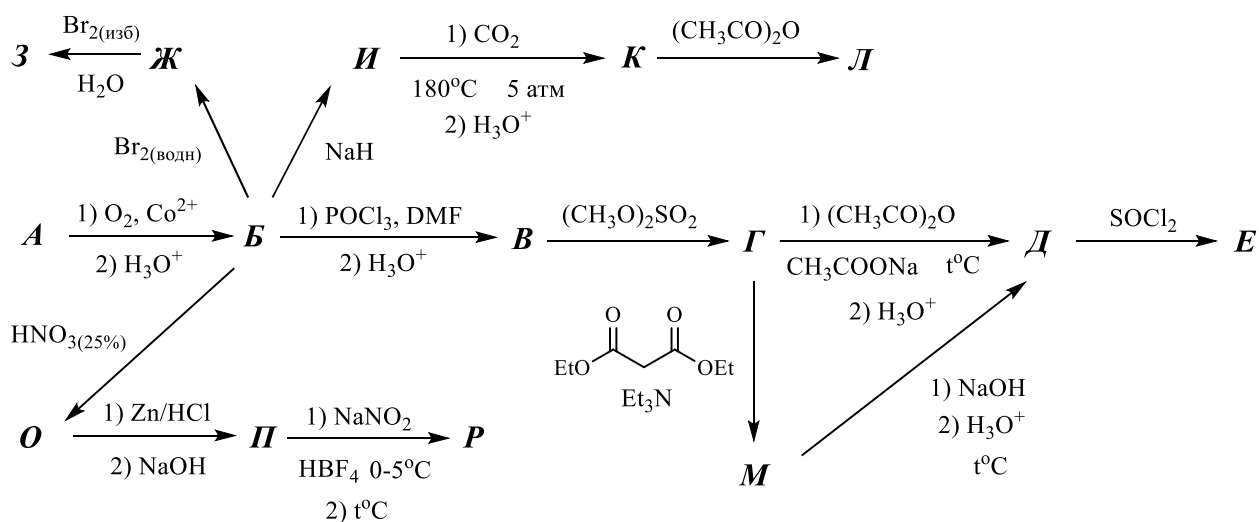
$$\Delta_r G^\circ_T = -RT \ln K_p$$

Стандартное состояние для газов:  $p^\circ = 1$  бар

(13 баллов)

### Задача 3

На схеме приведена цепочка превращений с участием органических соединений:



В таблице приведены молекулярные массы и числа атомов (С и Н) для некоторых приведённых на схеме соединений.

Соединение	<i>Г</i>	<i>Д</i>	<i>М</i>	<i>Р</i>	<i>Л</i>	<i>З</i>
<i>М</i> , г/моль	136	178	278	112	180	410
Атомы С	8	???	15	???	9	6
Атомы Н	8	???	18	???	8	2

Дополнительно известно:

- 1) Исходное соединение *А* – продукт взаимодействия бензола и пропилена в присутствии кислот;
  - 2) Реакция  $B \rightarrow V$  – формилирование в пара-положение сильно активированных ароматических соединений;
  - 3) Вещество *Л* – лекарственное средство, оказывающее обезболивающее, жаропонижающее, противовоспалительное действие;
  - 4) Соединение *О* – орто-изомер, образующийся в реакции  $B \rightarrow O$ ;
  - 5) Вещество *Ж* осадок белого цвета, который желтеет в избытке брома, превращаясь в вещество *З*;
  - 6) Реакция  $G \rightarrow D$  – один из методов синтеза β-арилакриловых кислот.
- Расшифруйте вещества *А-Р*. Приведите их структурные формулы. Назовите кислоту *К* и ее производное *Л* (название торговой марки).

Примечание: DMF (диметилформамид).

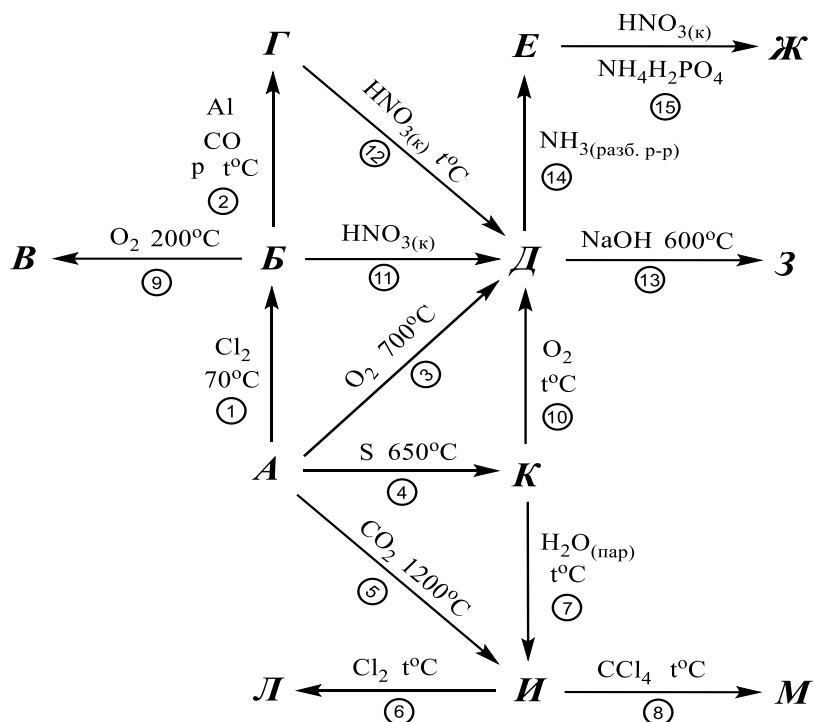
(17 баллов)

#### Задача 4

На представленной схеме показаны превращения веществ **A-M**, в состав которых входит металл **X** (на схеме превращений отображены только вещества, содержащие элемент **X**).

Расшифруйте все вещества (12 веществ) и напишите все химические реакции (15 реакций).

В таблице приведены молекулярные массы и числа атомов (**X** и **O**) для некоторых соединений:



Соединение	<b>B</b>	<b>V</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>Z</b>
$M, \text{ г/моль}$	273.5	254	199	238	1164	1877
Атомы <b>X</b>	1	1	???	???	7	12
Атомы <b>O</b>	???	???	2	???	24	40

Дополнительно известно:

- A** – простое вещество;
- Вещества **B, D, K, I, M** - бинарные соединения;
- Вещества **V** и **L** - оксохлориды **X**;
- Массовые доли **X** в веществах **G** и **Z** равны 36.36% и 46.60%;
- Степень окисления **X** в веществах **I, K** и **M** одинаковая.

(27 баллов)

#### Задача 5

Вещество **XI** темно-красная низкокипящая дымящая на воздухе жидкость. **XI** реагирует с раствором каустической соды с образованием двух солей **X2** и **X3** в мольном соотношении 1:2 (реакция 1). Добавление к полученному раствору солей избытка раствора нитрата стронция приводит к выпадению безводной соли **X4** желтого цвета (реакция 2). Если полученный

осадок *X4* профильтровать, приготовить его суспензию в воде и добавить при перемешивании разбавленную уксусную кислоту, то *X4* растворится, а раствор при этом приобретет оранжевый цвет за счет образования вещества *X5* (реакция 3). Добавление к фильтрату, полученному после отделения осадка *X4*, раствора нитрата серебра приводит к выпадению белого творожистого осадка *X6* (реакция 4). Пропускание через горячий раствор соли *X2* газа с запахом тухлых яиц *X7* приводит к выпадению осадка *X8* (реакция 5), который при прокаливании образует темно-зеленое вещество *X9* (реакция 6), не реагирующее с кислотами и щелочами. Прокаливание вещества *X9* с углем в токе хлора приводит к образованию фиолетовых кристаллов *X10* (реакция 7), нерастворимых в воде.

*Дополнительно известно:*

- 1) Вещество *X1* является селективным окислителем, который используется в тонком органическом синтезе;
- 2) Вещество *X1* можно получить действием на твердую смесь *X2* и хлорида калия концентрированной серной кислотой при небольшом нагревании (реакция 8), при этом из 1.55 г *X2* можно получить не более 1.483 г *X1*;
- 3) Растворение кристаллов *X10* в воде ускоряется при добавлении хлорида олова (II).

Определите вещества *X1-X10*, напишите уравнения реакций 1-8. Ответ подтвердите расчетами (где это возможно).

**(18 баллов)**

### **Задача 6**

В домашней лаборатории химика Колбочкина произошло загадочное событие – этикетки на нескольких склянках с растворами пропали. Прежде всего Колбочкин решил выяснить содержимое каждой склянки. Он знает, что этикетки пропали у 7 склянок: хлорид алюминия, сульфат цинка, нитрат серебра, раствор аммиака, гидроксид натрия, иодид калия, нитрат свинца (II). Колбочкин попарно смешал все растворы, но так торопился, что записал лишь цвета осадков и их количества, которые образуются в избытке и недостатке раствора вещества из каждой склянки:

1. В шести реакциях с избытком *раствора 1* образуется два желтых осадка;
2. В шести реакциях с избытком *раствора 2* образуется четыре белых и один желтый осадок, при этом, если брать *раствор 2* в недостатке, то образуется три белых и один желтый осадок;
3. В шести реакциях с избытком *раствора 3* образуется два белых, два коричневых и один желтый осадок, при этом, если брать *раствор 3* в недостатке, то образуется два белых, один коричневый и один желтый осадок;

4. В шести реакциях с избытком *раствора 4* образуется два белых осадка, при этом, если брать *раствор 4* в недостатке, то образуется три белых и один коричневый осадок;

5. В шести реакциях с избытком *раствора 5* образуется один коричневый осадок, при этом, если брать *раствор 5* в недостатке, то образуется три белых и один коричневый осадок;

6. В шести реакциях с избытком *раствора 6* образуется четыре белых осадка, при этом, если брать *раствор 6* в недостатке, то образуется три белых осадка;

7. В шести реакциях с избытком *раствора 7* образуется четыре белых осадка, при этом, если брать *раствор 7* в недостатке, то образуется два белых осадка.

Помогите Колбочкину определить вещества в склянках.

1) Определите какое вещество находится в каждой из склянок.

Подсказка: составьте «матрицу» взаимодействий веществ;

2) Запишите уравнения реакций, которые наблюдал Колбочкин.

**(13 баллов)**