

**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  $\Delta_f\text{H}^\circ_{298}$  и  $\Delta_f\text{S}^\circ_{298}$ ;
- 2) Определите константу равновесия  $K_p$  при температуре 510 К, при условии, что  $\Delta_f\text{H}^\circ_{298}$  и  $\Delta_f\text{S}^\circ_{298}$  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	$\Delta_f\text{H}^\circ_{298}$ , кДж/моль	$\text{S}^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)
$\text{CO}_{(г)}$	-110,5	197,7
$\text{Cl}_2_{(г)}$		223,1
$\text{COCl}_2_{(г)}$	-220,1	283,8

$$\Delta_f\text{G}^\circ_{298} = \Delta_f\text{H}^\circ_{298} - T \Delta_f\text{S}^\circ_{298}$$

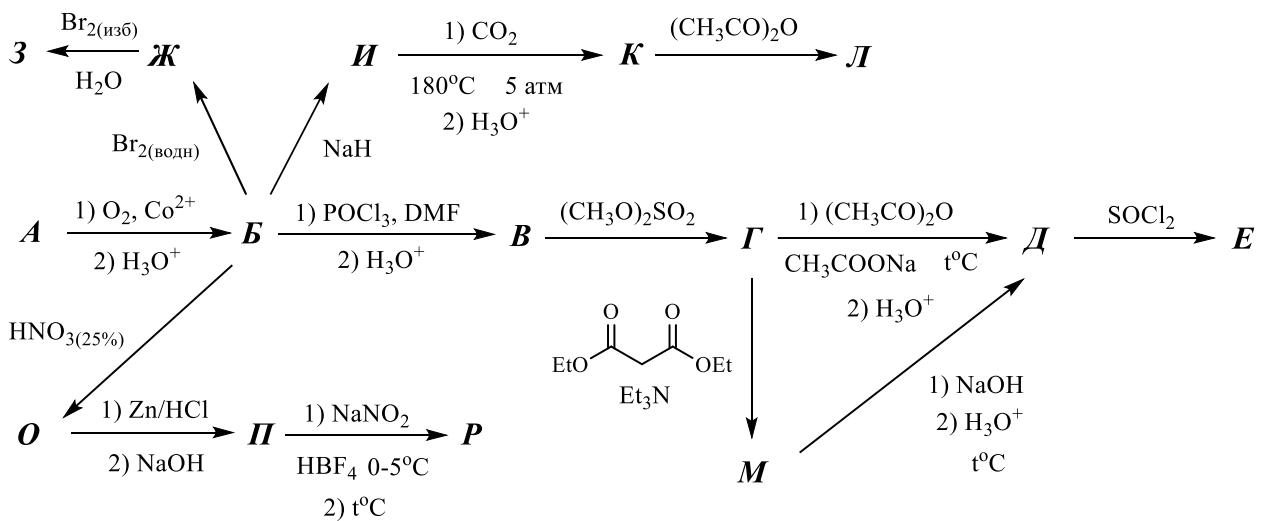
$$\Delta_r G^\circ_T = -RT \ln K_p$$

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

*Дополнительно известно:*

- 1) Исходное соединение **A** – продукт взаимодействия бензола и пропилена в присутствии кислот;
  - 2) Реакция **Б**→**В** – 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 **Б**→**О**;
  - 5) Вещество **Ж** осадок белого цвета, который желтеет в избытке брома, превращаясь в вещество **З**;
  - 6) Реакция **Г**→**Д** – один из методов синтеза  $\beta$ -арилакриловых кислот.
- Расшифруйте вещества **А**–**Р**. Приведите их структурные формулы. Назовите кислоту **К** и ее производное **Л** (название торговой марки).

Примечание: DMF (диметилформамид).

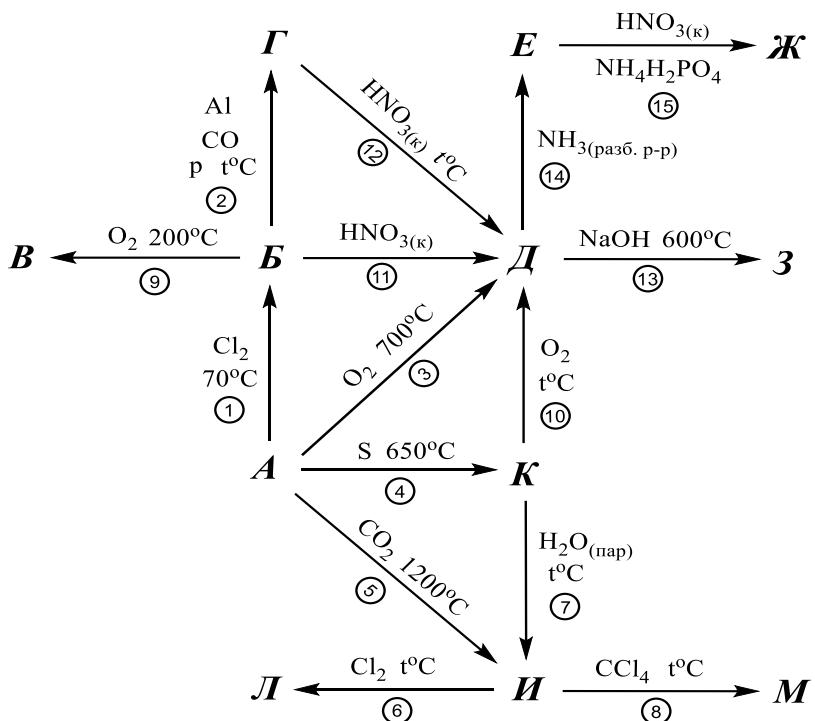
(17 баллов)

### 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>Б</b>	<b>В</b>	<b>Л</b>	<b>М</b>	<b>Е</b>	<b>Ж</b>
<i>M</i> , г/моль	273.5	254	199	238	1164	1877
Атомы <i>X</i>	1	1	???	???	7	12
Атомы <i>O</i>	???	???	2	???	24	40

Дополнительно известно:

1. *A* – простое вещество;
2. Вещества **Б**, **Д**, **К**, **И**, **М** - бинарные соединения;
3. Вещества **В** и **Л** - оксохлориды *X*;
4. Массовые доли *X* в веществах **Г** и **З** равны 36.36% и 46.60%;
5. Степень окисления *X* в веществах **И**, **К** и **М** одинаковая.

(27 баллов)

### Задача 5

Вещество *X1* темно-красная низкокипящая дымящая на воздухе жидкость. *X1* 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** раствориться, 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)**