

# ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ ПО ХИМИИ.

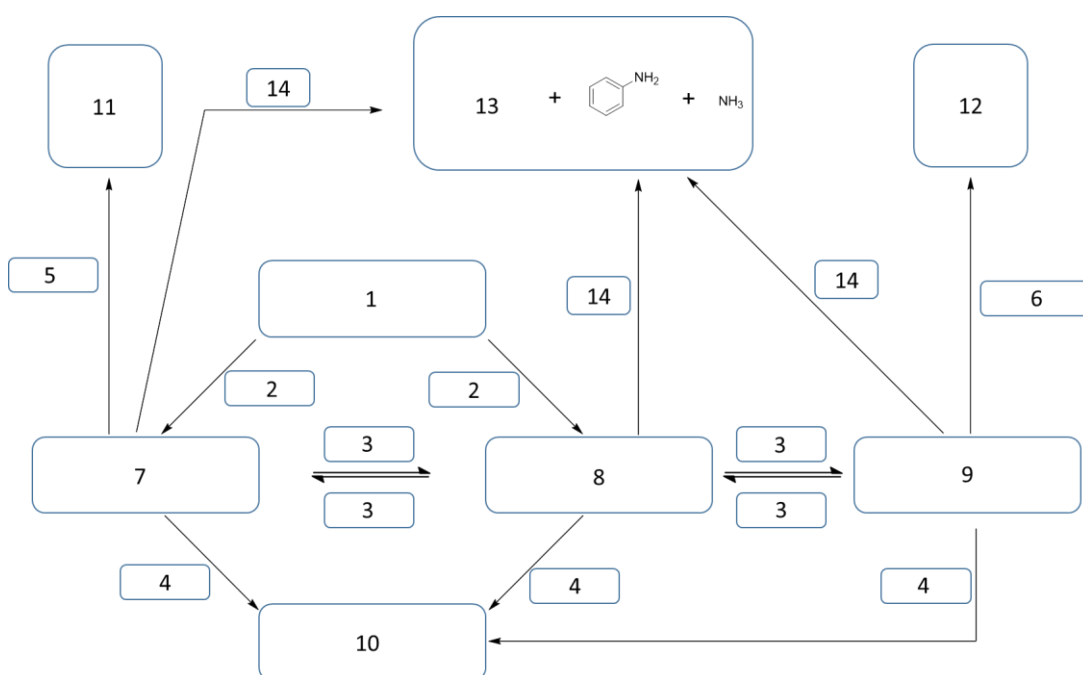
## ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА

### 11 класс

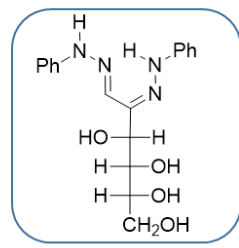
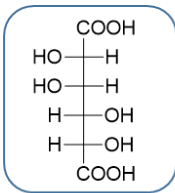
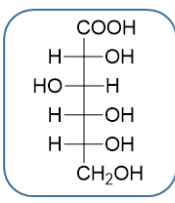
#### Задача 1. Конструктор химических реакций (15 баллов)

Зимаза (греч. ζύμη, «зиме» — закваска) — совокупность ферментов спиртового брожения (брожения сахаров), выделяемых дрожжами. Впервые зимаза была выделена из клеток дрожжей в 1897 году немецким химиком Эдуардом Бухнером, который впервые ферментировал сахар без участия живых клеток, за что получил в 1907 году Нобелевскую премию по химии.

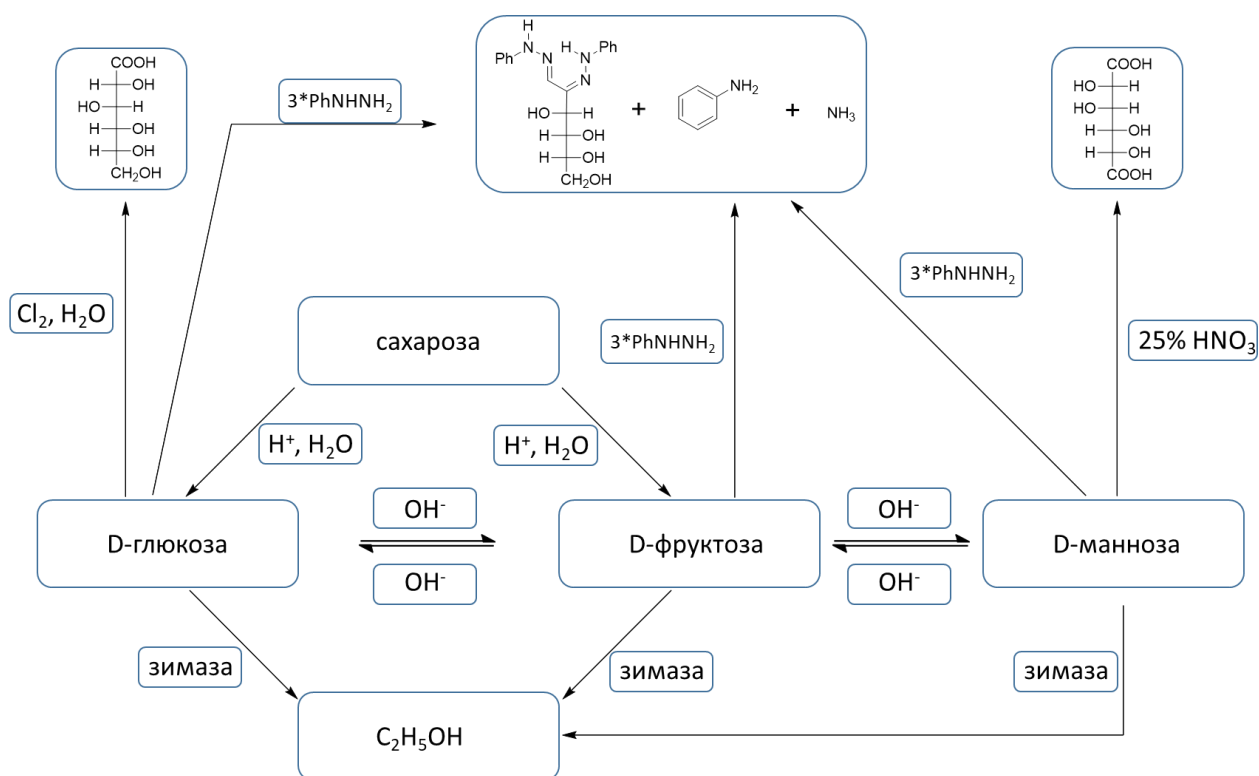
Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую схему превращений. Обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним.



- |                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O | сахароза   |
| 3*PhNHNH <sub>2</sub>              | D-глюкоза  |
| H <sup>+</sup> , H <sub>2</sub> O  | D-фруктоза |
| 25% HNO <sub>3</sub>               | D-манноза  |
| OH <sup>-</sup>                    | зимаза     |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH   | мальтоза   |

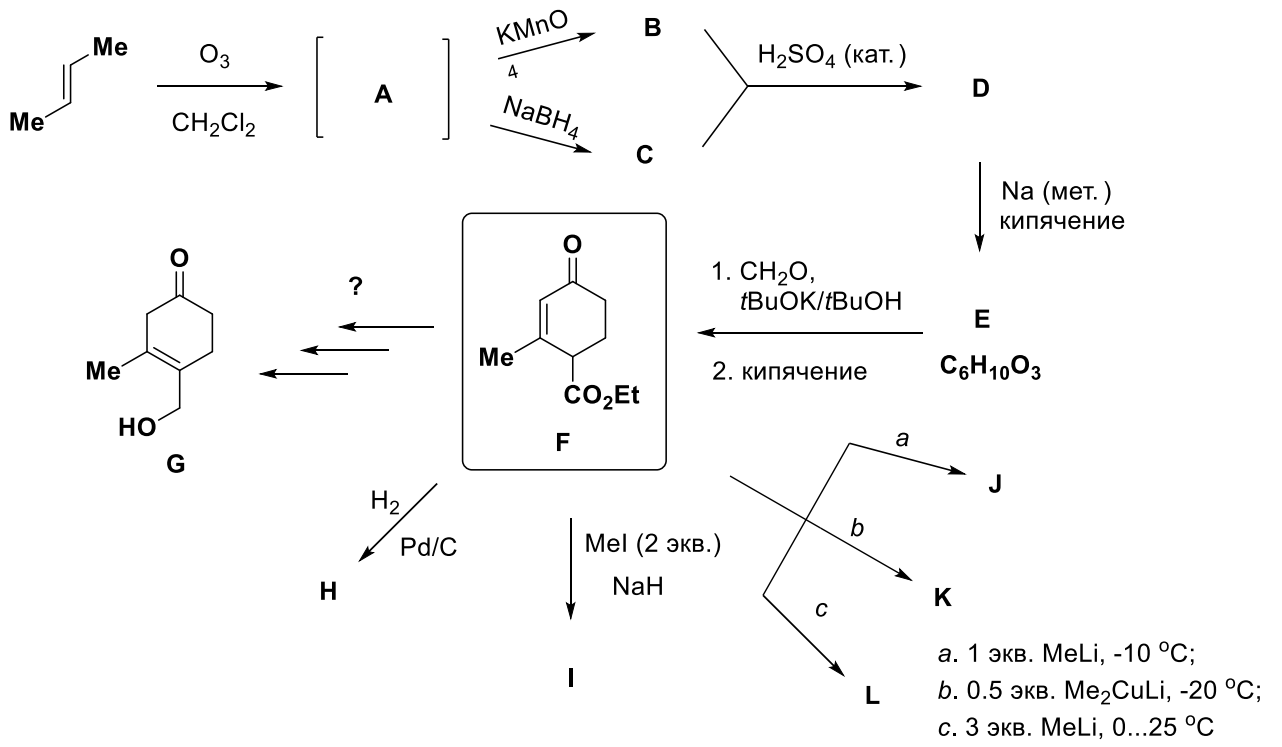


## Решение

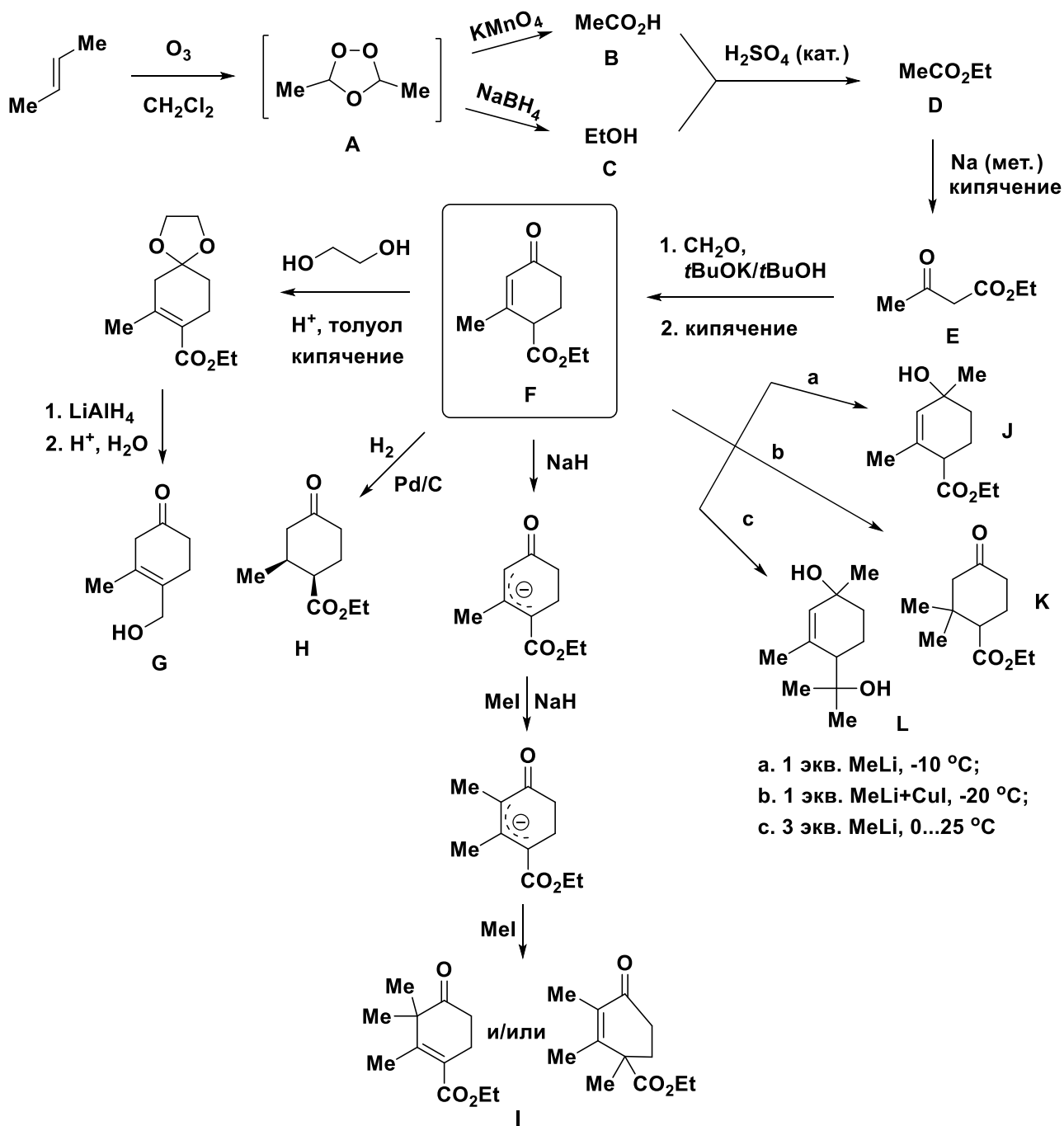


### Задача 2. «Образование и превращения эфира Хагеманна». (20 баллов)

1. Расшифруйте структуры **A-E**.
2. Предложите механизм образования соединения **F** – эфира Хагеманна.
3. Как, используя этиленгликоль и неорганические реагенты, из **F** получить спирт **G** в 3 стадии? На какой стадии происходит миграция двойной связи?
4. Какой диастереомер **H** получится при гидрировании **F** на  $\text{Pd/C}$ ?
5. Какое(ие) соединение(я) **I** может(могут) получиться в реакции **F** с двумя эквивалентами метилиодида под действием избытка гидрида натрия?
6. Какие продукты **J**, **K** и **L** получатся из **F** при а) реакции с одним эквивалентом метиллития; б) при более низкой температуре и добавлении иодида меди(I) (органocupратный интермедиат); в) с тремя эквивалентами метиллития?

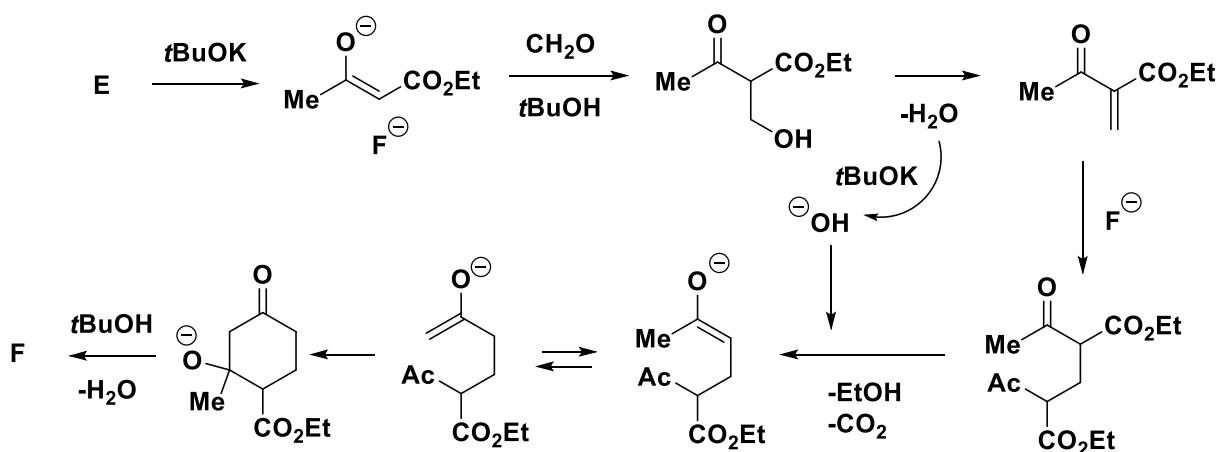


Решение:



Миграция двойной связи при синтезе **G** происходит на первой стадии образования циклического ацетала – в условиях термодинамического контроля получается более выгодный, сопряженный со сложноэфирной группой алкен.

Механизм образования соединения **F**:



### Задача 3. «Аргентинский минерал» (20 баллов)

Папа Андрея привез из геологической экспедиции минерал **X** коричнево-красного цвета, обнаруженный в Аргентине, и предложил сыну установить его состав. Андрей взял кусочек этого минерала и отправился в лабораторию своего отца.

Сначала Андрей истолк минерал в агатовой ступке в мелкий порошок. Порошок не растворялся в воде, поэтому Андрей взял навеску этого порошка (42,48 г) и обработал его концентрированной азотной кислотой (реакция 1). В результате получился бесцветный раствор **1** и образовался светло-жёлтый осадок **A**. Андрей отфильтровал осадок и прокалил его в муфельной печи при температуре  $500^\circ\text{C}$  (реакция 2). Образовавшийся желтый порошок **B** (массой 8,19 г) плохо растворялся в воде (реакция 3), но продукт его сплавления с гидроксидом калия **C** (реакция 4) в воде растворялся прекрасно. 1,82 г **B** Андрей обработал концентрированной соляной кислотой (реакция 5), в результате выделилось 224 мл (н.у.) газа **D**, а раствор приобрел ярко-синий цвет из-за присутствия в нем 2,76 г соли **E**. Другую часть порошка **B** Андрей растворил при нагревании в азотной кислоте. При этом он не наблюдал выделения газа (реакция 6). Из полученного раствора он сумел выделить соль **F** кирпично красного цвета массой 8,69 г. При прокаливании **F** Андрей снова получил 5,46 г порошка **B** (реакция 7).

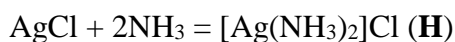
Фильтрат **1**, оставшийся после отделения **A**, Андрей обработал нитратом серебра (реакция 8). Выпавший белый осадок **G** растворялся в нашатырном спирте с образованием комплекса **H** (реакция 9), но при дальнейшем добавлении раствора иодида калия образовывалось 7,04 г осадка **I** (реакция 10). Раствор, оставшийся после отделения **G**, Андрей упарил и прокалил в муфельной печи (реакция 11). В результате образовался красный порошок **K** (34,28 г). На этот порошок Андрей подействовал концентрированной соляной кислотой (реакция 12), в

результате выделилось 1,12 л (н.у.) желто-зеленого газа **D**, и образовалась соль **L** массой 41,72 г.

1. Определите формулу минерала **X**, если известно, что в его состав входят только два металла и два неметалла. Ответ подтвердите расчетами.
2. Установите зашифрованные вещества **A – L**.
3. Напишите уравнения проведенных реакций 1 – 12.
4. Какие еще соединения, имеющие тот же качественный состав, что и **K**, Вам известны? Приведите не менее двух примеров таких соединений.
5. **K**, используемый в качестве оранжевого пигмента в живописи, впервые был получен из другого белого пигмента (реакция 13), содержащего тот же металл, что и **K**. Приведите уравнение этой реакции.

### Решение.

1. По описанию проще всего установить элемент, входящий в состав **G**. Белый осадок, образующийся при добавлении нитрата серебра и растворяющийся в избытке аммиака с образованием комплекса – это хлорид серебра (**G**). Таким образом, в состав минерала входит хлор. Установить его количество можно зная массу осадка **I** (реакция 10).



$$n(\text{AgI}) = n(\text{AgCl}) = n(\text{Cl}^-) = 7,04/235 = 0,03 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl в минерале}) = 0,03 \cdot 35,5 = 1,065 \text{ г.}$$

2. По описанию можно так же установить металл, входящий в состав **K** – это свинец. Речь идет о свинцовом сурике  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , который был впервые получен из свинцовых белил  $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3$ .

Естественно, что установить свинец можно и с помощью расчетов. **K**, образующийся при прокаливании и взаимодействующий с соляной кислотой с выделением хлора (жёлто-зелёный газ **D**, реакция 12) относится к оксидам (поскольку образуется при прокаливании), обладающим яркими окислительными свойствами (окисление соляной кислоты).

Запишем реакцию взаимодействия **K** с соляной кислотой (+x – степень окисления металла в оксиде, +y – степень окисления металла в хлориде):



$$n(\text{Cl}_2) = 1,12/22,4 = 0,05 \text{ моль}$$

Обозначим молярную массу металла за **M**, тогда можно составить два уравнения:

$$n(\text{M}_2\text{O}_x) = 0,05/(x-y) \text{ моль};$$

$$M(\text{M}_2\text{O}_x) = \frac{34,28}{0,05/(x-y)} = 685,6(x-y) = 2M + 16x \text{ (уравнение 1)}$$

$$n(\text{MCl}_y) = 2 \cdot 0,05/(x-y) \text{ моль}$$

$$M(MCl_y) = \frac{41,72}{1,01/(x-y)} = 417,2(x-y) = M + 35,5y \text{ (уравнение 1)}$$

Разделив первое уравнение на второе получим:

$$\frac{685,6(x-y)}{417,2(x-y)} = \frac{2M + 16x}{M + 35,5y}$$

$$\frac{2M + 16x}{M + 35,5y} = 1,643$$

$$0,357M = 58,33y + 16x$$

$$M = 163,4y - 44,8x$$

Такое уравнение можно решить только перебирая возможные значения  $x$  и  $y$ . При этом  $y$  может быть равен 2 или 3, поскольку это степень окисления в образующимся хлориде. Единственные значения  $x$  и  $y$ , которые удовлетворяют условию задачи,  $y = 2$ ,  $x = 8/3$ . При этом  $M = 207,3$  г/моль, что соответствует свинцу. Дробная степень окисления  $x$  говорит о гетеровалентном характере свинца в оксиде **К**, формула которого получается  $Pb_3O_4$ .

$$n(Pb_3O_4) = 34,28/686 = 0,05 \text{ моль}; n(Pb^{2+}) = 3n(Pb_3O_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(Pb \text{ минерале}) = 0,15 \cdot 207 = 31,05 \text{ г}$$

3. Самое сложно установить второй металл, входящий в состав минерала. По своему описанию **В** очень похож на **К**. Это кислотный оксид (так как плохо растворяется в воде, о продукт сплавления этого оксида со щелочью в воде растворяется прекрасно), обладающий яркими окислительными свойствами (выделение хлора при взаимодействии с соляной кислотой). Однако этот оксид растворяется в азотной кислоте с образованием соли **Г**. Это может говорить об амфотерности **В**, однако в этом случае установить металл не удастся. Второй вариант – образование иловых ионов, когда в состав катиона кроме металла входит еще и кислород. Примером такого иона может быть титанил  $TiO^{2+}$ , входящий в состав различных солей:  $TiOSO_4$  и других.

Проще всего установить второй металл по взаимодействию **В** с азотной кислотой, поскольку эта реакция не является окислительно-восстановительной (не происходит выделение газа). В состав иловых ионов может входить до трех атомов кислорода. Поэтому придется рассмотреть 3 реакции:



При желании можно записать общее уравнение реакции и проводить расчеты по нему:



Мы не будем здесь рассматривать все три варианта, поскольку решение возможно только для реакции (2). Согласно этому уравнению, количество оксида металла в два раза меньше количество образующегося нитрата:

$$2 \cdot n(\text{M}_2\text{O}_x) = n(\text{MO}_2(\text{NO}_3)_{x-4})$$

$$2 \cdot \frac{5,46}{2M + 16x} = \frac{8,69}{M + 48 + 62 \cdot (x - 4)}$$

$$M + 62x - 200 = 0,796(2M + 16x)$$

$$0,592M = 46x - 200$$

$$M = 77,7x - 337,8$$

Перебирая разные значения  $x$  (разумно начинать с  $x = 3$ ) для  $x = 5$  получаем  $M = 51$  г/моль, что соответствует ванадию.

Можно установить ванадий и по взаимодействию В с соляной кислотой. В этом случае идет ОВР (выделяется хлор) и образуется хлорид ванадила  $\text{VOCl}_2$ . Но расчет из-за изменения степени окисления металла оказывается более сложным.

$$n(\text{V}_2\text{O}_5) = 8,19/182 = 0,045 \text{ моль}; n(\text{V}) = 2n(\text{V}_2\text{O}_5) = 0,09 \text{ моль}$$

$$m(\text{V в минерале}) = 4,59 \text{ г}$$

4. Последний элемент, входящий в состав минерала, разумеется кислород. Зная массу минерала и массы всех остальных элементов, можно определить количество кислорода:

$$m(\text{O в минерале}) = 42,48 - 4,59 - 31,05 - 1,065 = 5,775 \text{ г}$$

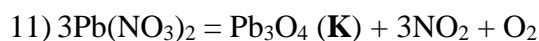
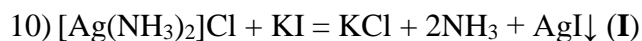
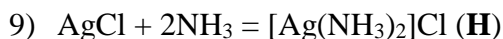
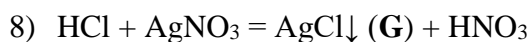
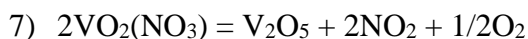
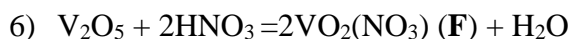
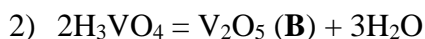
$$n(\text{O в минерале}) = 5,775/16 = 0,36 \text{ моль}$$

Таким образом, состав минерала  $\text{X Pb}_a\text{V}_b\text{O}_c\text{Cl}_d$ :

$$a:b:c:d = 0,15:0,09:0,36:0,03 = 5:3:12:1$$



5. Уравнения реакций:

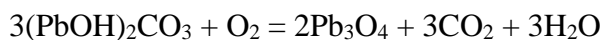






6. Соединения, имеющие тот же качественный состав, что и  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (**К**):  $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Pb}_2\text{O}_3$ .

7. Получение свинцового сурика (реакция 13):



### Система оценивания:

Установление формулы минерала **X** – 6 баллов (3 балла, если не подтверждено расчетами)

Уравнение реакций 1-12 – по 0,5 балла за каждое уравнение, всего  $12 \cdot 0,5 = 6$  баллов

Установление зашифрованных веществ **A-L** – по 0,5 балла за каждое вещество, всего  $11 \cdot 0,5 = 5,5$  баллов

Приведены формулы оксидов свинца – по 0,5 баллов за каждую формулу, всего 1 балл.

Приведено уравнение реакции получения свинцового сурика - 1,5 балла.

Итого: 20 баллов

### Задача 4. (20 баллов)

Условие задачи:

В закрытых колбах приготовили 5 растворов веществ А, В и С с различными концентрациями  $[\text{A}]_0$ ,  $[\text{B}]_0$ ,  $[\text{C}]_0$  (см. таблицу). Спустя 1 час выдерживания при постоянной температуре анализ растворов показал, что концентрации исходных веществ А, В и С несколько уменьшились, а также появились новые неизвестные вещества X, Y и Z:

Начальные концентрации, ммоль/л

	Раствор №1	Раствор №2	Раствор №3	Раствор №4	Раствор №5
$[\text{A}]_0$	10	20	20	20	5
$[\text{B}]_0$	10	10	20	20	20
$[\text{C}]_0$	10	10	10	20	8

Концентрации спустя 1 час, ммоль/л

$[\text{A}]$	9.2	18.4	18	18	?
$[\text{B}]$	9.7	9.5	19	18.4	?
$[\text{C}]$	9.8	9.8	9.6	18.4	?
$[\text{X}]$	0.6	1.2	1.2	1.2	?
$[\text{Y}]$	0.2	0.4	0.8	0.8	?

[Z]	0.2	0.2	0.4	1.6	?
-----	-----	-----	-----	-----	---

На основе имеющихся данных, предположите, какие реакции происходят в системе. Запишите их стехиометрические уравнения, сохраняя буквенные обозначения веществ. Предскажите, чему будут равны концентрации А, В, С, Х, Y и Z спустя 1 час в растворе №5. Для справки:

- Скорость простой гомогенной химической реакции определяется как число элементарных актов реакции, происходящих в единице объёма системы за единицу времени, и может быть измерена в единицах [моль·л<sup>-1</sup>·ч<sup>-1</sup>].
- За счёт протекания реакции концентрация каждого её участника за единицу времени изменяется на величину, равную скорости реакции, помноженной на стехиометрический коэффициент данного участника, взятый со знаком – или +, в зависимости от того, расходуется ли это вещество (реагент) или накапливается (продукт).
- Согласно закону действия масс, скорость простой реакции в разбавленном растворе пропорциональна произведению концентраций её реагентов в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам.

#### Решение:

Очевидно, что вещества Х, Y и Z образуются за счёт реакций между А, В и С. Необходимо понять, сколько таких реакций происходит одновременно.

Из данных таблицы видно, что степени превращения веществ А, В и С невелики. Так как, согласно ЗДМ, скорость каждой реакции зависит от концентраций реагентов, можно считать, что за 1 час эти скорости мало меняются и могут быть выражены через начальные концентрации реагентов. Скорости образования веществ Х, Y и Z, по существу, равны приведённым в таблице концентрациям, т.к. они выросли с нуля до этих значений за 1 час (т.е. за единицу времени).

**Рассмотрим вещество Х.** Видно, что на скорость его образования влияет только концентрация А: при её удвоении (сравнение растворов 1 – 2) Х образуется тоже в 2 раза больше. Увеличение концентраций В и С (сравнение растворов 2 – 3 и 3 – 4) не влияет на скорость его образования. Следовательно, Х образуется только из А. Т.к. скорость реакции пропорциональна концентрации А (первый порядок), стехиометрический коэффициент при А должен быть равен 1.

Таким образом, реакция 1:  $A \rightarrow X$ .

При  $[A]_0 = 10$  ммоль/л её скорость равна  $0.6$  ммоль·л<sup>-1</sup>·ч<sup>-1</sup>.

Если бы реакция 1 была единственным путём превращения А, то его расход должен быть равен количеству образовавшегося Х. Однако мы видим, что в действительность он больше:

Для раствора №1  $[A]_0 - [A] = 0.8$  ммоль/л (а должно быть 0.6)

Для раствора №2  $[A]_0 - [A] = 1.6$  ммоль/л (а должно быть 1.2)

Следовательно, А дополнительно расходуется на образование других веществ.

**Рассмотрим вещество Y.** Видно, что скорость его образования удваивается как при удвоении  $[A]_0$  (сравнение растворов 1 – 2), так и при удвоении  $[B]_0$  (сравнение растворов 2 – 3), а от концентрации С – не зависит (сравнение растворов 3 – 4). Следовательно, Y должно образовываться из А и В, причём пропорциональность скорости концентрациям обоих реагентов (первый порядок по каждому) говорит о том, что стехиометрические коэффициенты при А и В должны быть равны единице. Стехиометрический коэффициент при Y тоже равен 1, т.к. в первом растворе из 0.8 ммоль/л А 0.6 пошло на образование X, а 0.2 – на образование 0.2 ммоль/л Y (соотношение 1:1).

Следовательно, реакция 2:  $A + B \rightarrow Y$ .

При  $[A]_0 = [B]_0 = 10$  ммоль/л её скорость равна  $0.2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ .

Из данных таблицы мы видим, что для каждого раствора уменьшение концентрации А равно сумме концентраций образовавшихся X и Y. Это подтверждает правильность сделанных выводов и говорит о том, что А расходуется только на образование X и Y. В то же время, расход В больше, чем накопление Y – значит, данный реагент расходуется и на образование Z.

**Рассмотрим вещество Z.** Скорость его образования не зависит от концентрации А (сравнение растворов 1 – 2), удваивается при удвоении  $[B]_0$  (сравнение растворов 2 – 3), а при удвоении  $[C]_0$  возрастает в 4 раза. Следовательно, стехиометрический коэффициент при В должен быть 1 (первый порядок), а при С – 2 (второй порядок). Найдём коэффициент при Z. В первом растворе 0.3 ммоль/л В было израсходовано на образование 0.2 ммоль/л Y и 0.2 ммоль/л Z. Поскольку коэффициент при Y равен 1, 0.2 ммоль/л Z должно было образоваться из 0.1 ммоль/л В, т.е. коэффициент при Z равен 2. Это подтверждается также тем фактом, что количество Z равно расходу С во всех растворах.

Следовательно, реакция 3:  $B + 2C \rightarrow 2Z$ .

При  $[B]_0 = [C]_0 = 10$  ммоль/л её скорость равна  $0.1 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ .

**Предскажем теперь состав раствора №5.**

Скорость первой реакции (образования X) зависит только от концентрации А, при этом прямо ей пропорциональна. По сравнению с первым экспериментом  $[A]_0$  уменьшилась в 2 раза – следовательно, вдвое уменьшится и количество образовавшегося X:  $[X] = 0.3$  ммоль/л.

Скорость второй реакции (образования Y) прямо пропорциональна концентрациям A и B. По сравнению с первым раствором  $[A]_0$  уменьшилась в 2 раза, а  $[B]_0$  – увеличилась в 2 раза. Следовательно, скорость реакции не поменяется:  $[Y] = 0.2$  ммоль/л.

Скорость третьей реакции (образования Z) прямо пропорциональна концентрации B и концентрации C в квадрате. Составим отношение скоростей для раствора №5 и раствора №1:  $v_5/v_1 = (20 \cdot 8^2)/(10 \cdot 10^2) = 1280/1000 = 1.28$ . Во столько раз скорость реакции 3 в пятом растворе будет больше, чем в первом. Следовательно, концентрация Z будет равна  $[Z] = 0.2 \cdot 1.28 = 0.256$  ммоль/л

Принимая во внимание стехиометрию реакций, найдём недостающие концентрации A, B и C:

$$[A] = 5 - 0.3 - 0.2 = 4.5 \text{ ммоль/л}$$

$$[B] = 20 - 0.2 - 0.256/2 = 19.672 \text{ ммоль/л}$$

$$[C] = 8 - 0.256 = 7.744 \text{ ммоль/л}$$

#### Ответы и разбалловка:

Реакции		
Реакция 1	$A \rightarrow X$	3 балла
Реакция 2	$A + B \rightarrow Y$	3 балла
Реакция 3	$B + 2C \rightarrow 2Z$	3 балла
Состав раствора №5		
[A]	4.5 ммоль/л	1 балл
[B]	19.672 ммоль/л	2 балла
[C]	7.744 ммоль/л	2 балла
[X]	0.3 ммоль/л	2 балла
[Y]	0.2 ммоль/л	2 балла
[Z]	0.256 ммоль/л	2 балла

Сумма: 20 баллов

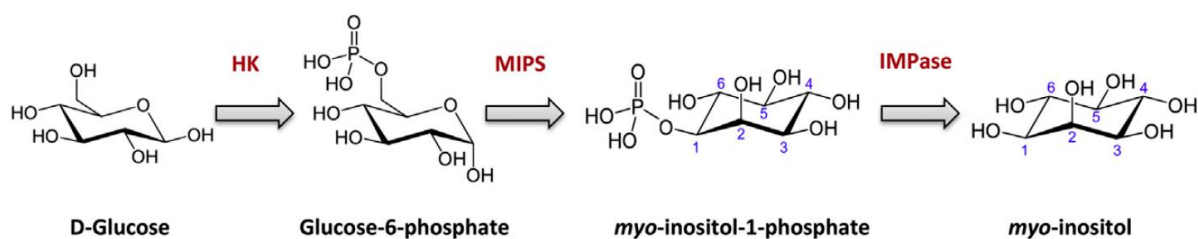
### Задача 5. Двуликий Янус или катион - месть доцентов. (25 баллов)



Два различных вещества имеют одинаковое название «гексол», которое для обоих не является строгим с точки зрения номенклатуры. Оба вещества имеют стереоизомеры. У обоих веществ, как следует из названия, в составе содержится шесть ОН-групп.

Первое вещество, назовем его условно «гексол I», было синтезировано еще в конце XIX века. Его строение и то, что оно имеет стереоизомеры, было открыто лишь в 1914 году известным швейцарским химиком, органиком по образованию, лауреатом Нобелевской премии 1913 года «..за работу о природе связей атомов в молекулах...». Данное вещество, представляющее собой коричневато-фиолетовые или черные кристаллы плохо растворимые в воде, может быть синтезировано в три стадии. Продукты всех стадий и исходное вещество интенсивно окрашены. В первой стадии водный раствор вещества X с массовыми долями элементов в нем 38,02%, 20,69% и 41,29% обрабатывают пероксидом водорода в присутствии вещества  $CN_2H_8O_3$  и продукта его гидролиза. В результате образуются красные призматические кристаллы Y, водные растворы которых неустойчивы на свету. Если к раствору Y добавить большой избыток концентрированного раствора HCl, то раствор приобретает насыщенную синюю окраску, и выделяется смесь газов желто-зеленого цвета. При пропускании данной газовой смеси через избыток известковой воды раствор становится мутным. На второй стадии производят обработку Y разбавленным раствором серной кислоты с последующим добавлением небольшими порциями этилового спирта. В результате образуется вещество Z, которое может иметь два геометрических изомера, но в синтезе образуется преимущественно цис-изомер. Массовые доли элементов исходного вещества X в Z составляют 19,2%, 15,6%, 41,7% соответственно. На последней стадии производится обработка Z основанием. При этом числа молей Z и «гексола I» в данной реакции соотносятся как 4 к 1. Третья стадия обратима: если добавить к «гексолу I» концентрированную соляную кислоту, то образуется снова Z. Массовые доли элементов исходного вещества X в конечном «гексоле I» составляют 28,39% 11,56% 34,69% соответственно.

«Гексол II» известен также под названием инозитол или витамин B<sub>8</sub>. Основной промышленный способ его получения — биотехнологический:



### MI de novo BIOSYNTHESIS from D-glucose

Запишите схему синтеза «гексола I». Сколько стерео-изомеров есть у «гексола I» и сколько у «гексола II»? Какой из стереоизомеров «гексола II» на ваш взгляд наиболее устойчив и почему? Какая теория была создана упомянутым лауреатом Нобелевской премии? Почему на стадии 2 синтеза «гексола I» образуется преимущественно цис-изомер?

#### Решение:

Исходя из величин массовых долей в исходном веществе X, можно заметить, что оно, скорее всего имеет неорганическую природу. Во всяком случае, даже если оно органическое, то оно совершенно точно не содержит водород, согласно массовым долям (максимальная массовая доля водорода в метане 25%). На мысль о неорганической природе вещества наводит и то, что продукты всех стадий и исходное соединение – вещества интенсивно окрашенные. При этом, как видно из последующих взаимодействий вещество Y в кислой среде является сильным окислителем, т.к. выделяющаяся смесь газов совершенно точно содержит хлор. Вещество  $\text{CN}_2\text{H}_8\text{O}_3$  – карбонат аммония, а продукт его гидролиза – водный раствор аммиака. Таким образом что-то окисляется пероксидом водорода в слабощелочной среде в присутствии комплексообразователя. Все это указывает на то, что в исходном соединении содержится переходный металл 3d ряда. Наиболее подходящим кандидатом представляется кобальт, поскольку именно он в присутствии аммиака или другого комплексообразователя схожей природой, может быть окислен до с.о. +3, но при разрушении комплекса в кислой среде кобальт становится сильным окислителем. С другой, стороны массовая доля одного из элементов в веществе X в два раза больше, чем другого. Наиболее подходящими кандидатами являются сера и кислород. И отсюда можно прийти к заключению, что вещество X – сульфат кобальта (II). В первой реакции происходит его окисление в присутствии аммиака с образованием амино-комплекса. Но, то, что при добавлении HCl к X выделяется эквимолярная смесь газов, один из которых хлор, а другой, согласно молекулярной массе – углекислый газ. Поэтому или карбонат, или сульфат ион входят во внутреннюю сферу комплекса. На второй стадии происходит

замещение одного из лигандов внутренней сферы, но поскольку обработка производится раствором серной кислоты, то во внутренней сфере происходит замена бидентатного карбоната на две молекулы воды, что можно понять по массовым долям, при условии, что степень окисления кобальта сохраняется. На данной стадии образуется цис-изомер из-за того, что уходящий лиганд освобождает две соседние координационные вакансии. На последней стадии происходит тетрамеризация комплекса, что отражается в мольном отношении продукта и реагента. Вода во внутренней сфере комплекса под действием основания превращается в гидроксогруппы, которые выступают как мостиковые лиганды. При этом атом кобальта, связанный с шестью гидроксо-группами выступает как хиральный центр.

Ответ: гексол1 — трис [мю-дигидрокси-тетрамминкобальт (III)] кобальт (III) сульфат  
 гексол2 — циклогексан 1,2,3,4,5,6 — гексол. Указание на то, что гексол I – неорганическое вещество – 1 балл. Имеет 9 стереоизомеров (2 балла). Координационная теория Вернера (3 балла). Из-за бидентатности карбонатного иона (2 балла).

