

ТЕКСТЫ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
(для участников)

1 тур

2025–2026

10 класс

В решении приводите подробные расчеты, все ответы обосновывайте!

Ответы без расчетов и обоснования не оцениваются!

Задача 10-1

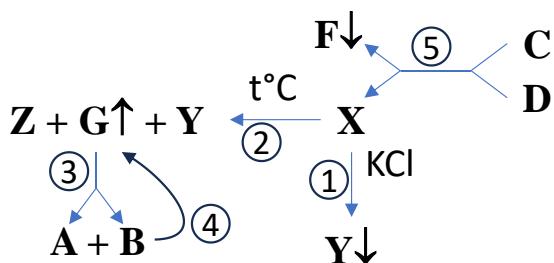
Токсичная задача

Токсичная белая соль **X** ограниченно растворима в воде. При добавлении к ее насыщенному раствору концентрированного раствора хлорида калия выпадает осадок токсичной соли **Y** (*p-ция 1*).

Соль **X** разлагается при 150°C с образованием трех продуктов: соли **Y**, токсичного твердого бинарного соединения **Z** и токсичного жёлто-зеленого газа **G** (*p-ция 2*). Масса соли **Y**, образующейся при разложении **X**, в 7 раз меньше, чем получается при осаждении раствором хлорида калия из такого же количества **X**.

При растворении в воде газ **G** очень медленно реагирует с ней, образуя смесь двух токсичных кислот **A** и **B** (*p-ция 3*). Кислота **B** неустойчива и разлагается с выделением газа **G** (*p-ция 4*).

Соль **X** была получена при взаимодействии в разбавленном водном растворе двух токсичных солей **C** и **D**. При этом в осадок выпала белая нетоксичная и нерастворимая в кислотах соль **F** (*p-ция 5*). Соль **D** используется в пиротехнике и придает фейерверку зеленую окраску. Из 3.04 г соли **D** образуется 5.75 г соли **X**.



Вопросы:

- Определите формулу газа **G**. Установите с помощью расчета формулы веществ **X**, **Y**, **Z**
- Запишите уравнения реакций **1 – 5**.
- Предложите ещё один способ получения газа **G**? Запишите уравнение реакции.

Задача 10-2

С открытием радиоактивности появилось много различных изотопов элементов, которые тогда считали самостоятельными элементами. Таблица Д.И. Менделеева не могла их всех вместить и даже названий не хватало, поэтому их стали называть по элементу, в продуктах распада которого они обнаруживались. Так появились Радий А (RaA), Радий В (RaB), Мезаторий-1 (MsTh1), Торий D (ThD) и многие другие.

В природе элемент **Q** представлен в основном изотопом **RaF** ($T_{1/2} = 138$ дней), который при альфа-распаде превращается в стабильный **RaG**. Радий входит в ряд радиоактивного распада, который начинается с ^{238}U ($T_{1/2} = 4.468 \cdot 10^9$ лет¹).

Простое вещество, состоящее из изотопа **RaF**, реагирует с хлором при нагревании, при этом образуется смесь соединений **X** и **Y** (*p-ции 1 и 2*). Соединения **X** и **Y** – твердые вещества красно-рубинового и лимонно-желтого цвета, соответственно. При нагревании в вакууме **Y** превращается в **X**, а потеря массы при этом составляет 20.15 % (*p-ция 3*). При добавлении к водному солянокислому раствору **Y** раствора хлорида аммония выпадает осадок комплексной соли **Z** (*p-ция 4*). При пропускании сероводорода через раствор **Y** выпадает осадок **A**, содержащий **RaF** (*p-ция 5*), который растворяется в концентрированной соляной кислоте (*p-ция 6*). Осадок **A** аналогично может быть выделен и из раствора **X**.

Взаимодействие **Y** ($A = 3.70 \cdot 10^{10}$) с избытком 0.5 М раствора азотной кислоты приводит к образованию белого кристаллического осадка **B** массой 346 ± 1 мкг² (*p-ция 7*). После отделения осадка и высушивания вакууме при комнатной температуре полученное вещество проанализировали на содержание нитрат-ионов. В пробе обнаружили 1.59 мкмоль нитрат-ионов. В реакции **Y** с азотной кислотой с.о. **RaF** не изменяется.

Дополнительная информация:

Активность $A = \lambda N$, [Бк] = [распад/с], где $\lambda = \frac{0.69315}{T_{1/2}}$ – вероятность распада ядра в единицу времени, с⁻¹, N – число атомов радиоактивного изотопа.

Удельная активность $A_{уд} = \frac{A}{m}$ соли **Z** равна $7.628 \cdot 10^{13}$ Бк/г. **RaG** образует соль, имеющую такие же состав и строение, что и соль **Z**.

За долгое время устанавливается так называемое «вековое равновесие», при котором активности (A) всех радиоактивных изотопов образующихся из ^{238}U равны.

Вопросы:

1. Расшифруйте **RaF** и **RaG**, если известно, что в природных радиоактивных рядах только α - и β^- - распады приводят к изменению порядкового номера и массы элемента.
2. Напишите уравнения описанных реакций и приведите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, **A** и **B**.
3. Какое количество вещества **RaF** (моль) содержится в 1 тонне урановой руды, если массовая доля урана в ней составляет 0.205%, а массовая доля изотопа ^{238}U в природной смеси составляет 99.3%.

¹ В среднем в году 365.2425 суток

² Столь маленькие массы невозможно определить с высокой точностью, расчеты нужно проводить с приведенной массой 346 мкг, но необходимо понимать, что полученные результаты могут иметь некоторую погрешность в третьей значащей цифре

Задача 10-3

“Ultra” (за) + “Marinus” (морской) = “Y” (заморский)

Простое вещество **X** растворяется в бензоле, сероуглероде, взаимодействует с концентрированным раствором гидроксида металла **M** с образованием **A** (*p-ция 1*).

Ярко-желтое вещество **B** можно получить тремя способами:
(I) Нагреванием твердых **A** и **X** в запаянной ампуле при 500°C до образования гомогенного расплава с последующим медленным охлаждением и кристаллизацией (*p-ция 2*);

(II) Кипячением с обратным холодильником спиртового раствора **C** и стехиометрического количества металла **M** в инертной атмосфере (*p-ция 3*);

(III) Нагреванием твёрдых **A** и **C** при 200°C , взятых в соотношении 8 : 9 по массе, соответственно (*p-ция 4*).

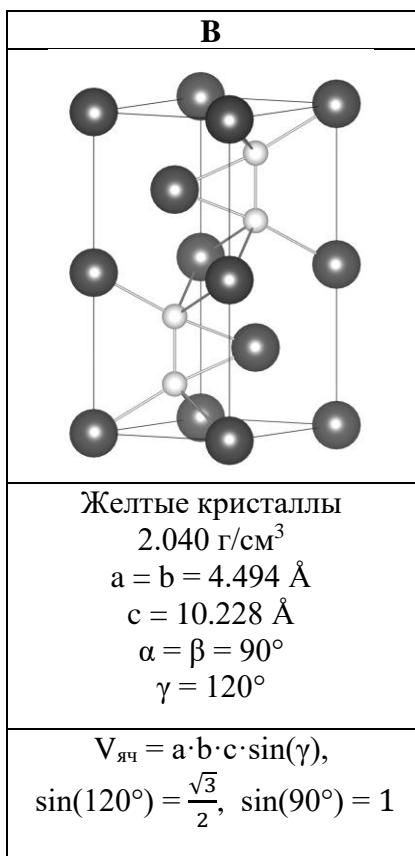
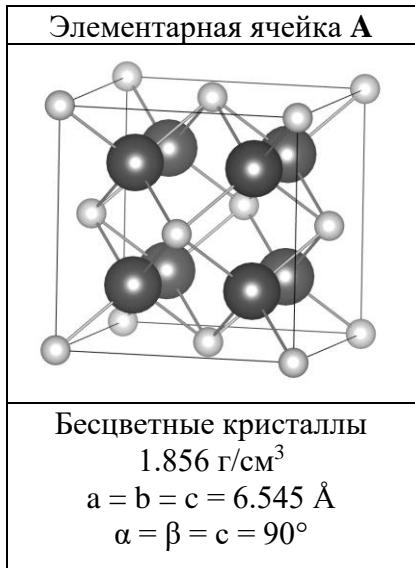
Желтые кристаллы вещества **B** реагируют с порошком **X** в мольном соотношении 4 к 1, соответственно, с образованием оранжевых кристаллов **C**.

Галогениды щелочных металлов могут быть использованы для стабилизации анион-радикалов **D** и **E**. Так, бесцветные кристаллы иодида калия способны менять окраску в присутствии паров **X** на желтую при внедрении **D** (*p-ция 5*) или синюю при внедрении **E** (*p-ция 6*).

С древних времен известен интенсивно-синий пигмент **Y**. Его окраска обусловлена наличием анион-радикалов **D** и **E**, которые замещают хлорид-анионы, в структуре минерала **Z**.

Вопросы и задания:

- Укажите состав **X**, неизвестные вещества **A** – **C**, состав 33e^- -частицы **D** и 49e^- -частицы **E**. Ответ обоснуйте.
- Напишите уравнения *реакций 1-6*. Реакции 5-6 запишите в сокращенной ионной форме.
- Определите формулу алюмосиликата **Z** с минимальными целыми индексами, если массовые доли Na, Al, Si и Cl равны 18.98%, 16.70%, 17.39% и 7.31%, соответственно.
- Укажите название пигмента **Y**. Какого цвета будет **Z** при эквимолярном соотношении внедрений **D** и **E** в его структуре?



Задача 10-4

Уроборос

Уроборос – свернувшийся в кольцо змей или дракон, кусающий себя за хвост. Является одним из древнейших символов, известных человечеству.

В растворе ω -гидроксиальдегиды $\text{HO}-(\text{CH}_2)_n-\text{CHO}$ существуют в виде смеси двух таутомеров: линейного (*L*) и циклического (*C*); содержание енольной формы в большинстве растворителей пренебрежимо мало. Соотношение между циклической и линейной формами зависит от температуры, растворителя и величины *n*.

В таблице приведены экспериментально определённые мольные доли линейной формы в водно-диоксановых растворах ω -гидроксиальдегидов с *n* = 3, 4 и 5:

Соединение	A	B	C
$\chi(L) / \% (25^\circ\text{C})$	6.1	11.4	85.0
$\chi(L) / \% (35^\circ\text{C})$	6.7	13.4	89.0
<i>n</i>			

1. Сопоставьте соединения A–C со значениями *n*. Ответ объясните.
2. Вычислите значения констант равновесия для процесса превращения *L* в *C* при 25°C для всех трёх соединений.
3. Определите знаки величин Δ_fH° и Δ_fS° для процесса превращения *L* в *C*. Ответ объясните. Рассчитайте эти величины для вещества C. Какой фактор – энタルпийный или энтропийный – контролирует образование циклической формы? *Ответ объясните*.
4. С учётом ошибки эксперимента измеренная $\chi(L)$ для C составляет $85.0 \pm 1.0\%$ при 25°C и $89.0 \pm 1.0\%$ при 35°C . Принимая во внимание эти ошибки, оцените, насколько величины *K*, Δ_fH° и Δ_fS° могут отклоняться от средних значений, полученных в вопросах 2 и 3, если температура измерена точно. Как можно повысить точность определения Δ_fH° и Δ_fS° , если точность определения констант равновесия повысить невозможно?
5. В действительности в растворе в равновесии находятся не две, а три изомерные формы гидроксиальдегида (если пренебречь содержанием енольной формы). Объясните этот факт и рассчитайте константы равновесия взаимопревращений трёх форм для соединения B при 25°C .

Необходимые формулы:

$$\Delta_fG^\circ = \Delta_fH^\circ - T\Delta_fS^\circ$$

$$\Delta_fG^\circ = -RT \ln K$$

Задача 10-5

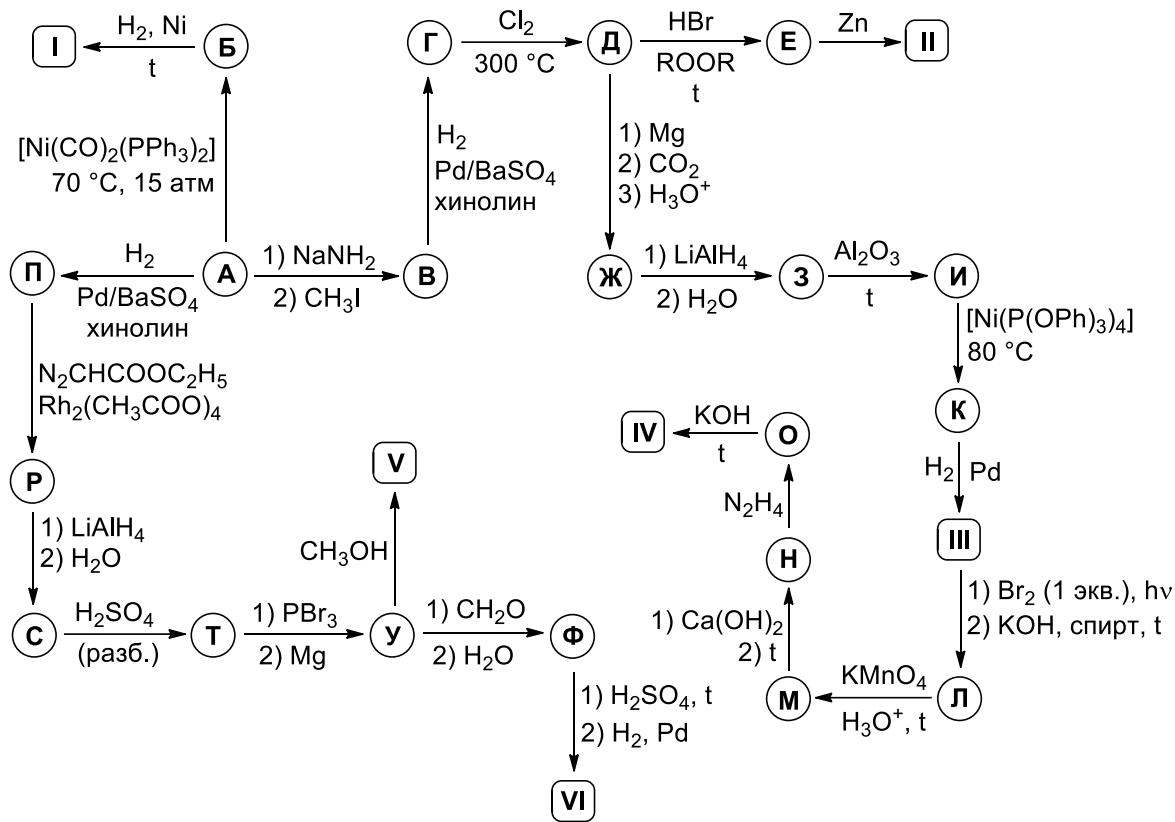
Властелин колец

«Не доверяй своей голове, Сэмуйз, это далеко не лучшее, что у тебя есть!»

(с) Гэндалф.

Дж. Р. Р. Толкин, «Властелин колец»

Вещества **I–VI** относятся к одному классу соединений, хотя химические свойства некоторых из них заметно отличаются друг от друга. Все они могут быть получены из соединения **A**, которое сгорает в кислороде с образованием двух продуктов. Если продукты сгорания 1.000 г **A** пропустить через пентаоксид фосфора, а оставшийся после этого газ – через твердый едкий натр, то масса пентаоксида фосфора увеличится на 0.692 г, а масса едкого натра – увеличивается на 3.38 г. Известно, что молярная масса **A** не превышает 50 г/моль.



Процесс образования **H** из **M** сопровождается образованием семичленного цикла и выделением карбоната кальция, а при получении **P** из **П** происходит формирование трехчленного цикла и выделение молекулы азота. Реакция **A**–**Б** – тримеризация, а **И**–**К** – димеризация, причем в первом случае образуется цикл из *n* атомов углерода, а во втором – из *n* + 2.

1. Определите молекулярную формулу **A**, подтвердите ответ расчетами.

2. Приведите структурные формулы соединений **A**–**Ф** и **I**–**VI**.