

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2024-2025 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС

Максимальное время выполнения задания: 240 мин

Максимально возможное количество баллов: 130

Задача 1. “Если бы мы знали, что это такое, но мы не знаем, что это такое”

Смесь бромсодержащих соединений **A** и **B** обработали металлическим натрием, в результате чего было выделено три органических вещества: н-бутан, 3-метилпентан и 3,4-диметилгексан. Известно, что **A** содержит вдвое меньше атомов углерода, чем **B**.

При обработке **B** спиртовым раствором KOH может быть получено два изомерных органических продукта **C** и **D**, не содержащих атомов кислорода, при этом **C** образуется в значительно больших количествах.

1) Установите строение соединений **A** и **B** и напишите схему их взаимодействия с металлическим натрием. Как называется эта реакция?

2) Напишите схему реакции взаимодействия **B** со спиртовым раствором KOH и установите строение соединений **C** и **D**.

3) Напишите уравнения реакций **D** с HBr в присутствии перекиси, с Cl₂ при нагревании до 400 °C, а также с KMnO₄ в водной среде при 0 °C. Как называется последняя реакция?

(20 баллов)

Задача 2. “Задача с огоньком”

При сгорании 8,6 г органического соединения **A**, содержащего функциональные группы у соседних атомов углерода (реакция 1), было получено только 5,4 г воды и углекислый газ. Полученный CO₂ собрали и измерили его объем при давлении 168 кПа и температуре 15 °C; объем CO₂ составил 5,698 л (универсальную газовую постоянную примите равной 8,31). Относительная плотность паров соединения **A** по аргону равна 4,3. В результате реакции вещества **A** с избытком KOH (реакция 2) образуется соединение **B**. Органическое вещество **B**, полученное в ходе спекания **B** с твердым KOH (реакция 3) представляет собой циклический углеводород, не содержащий заместителей в цикле. Вещество **B** дегидрировали (реакция 4), при этом отщепилось 3 молекулы H₂ и образовалось соединение **Г** с общей формулой C_nH_{2n-6}.

1) Определите строение вещества **A**. Ответ подтвердите расчетами.

2) Установите структурные формулы веществ **B**, **B** и **Г**.

3) Напишите уравнения реакций 1-4.

(20 баллов)

Задача 3. “Эксперименты Кузьмы”

A – один из самых распространенных элементов не только на Земле, но и на других планетах земной группы. Он входит в состав множества руд и минералов (наиболее часто в составе оксидов, сульфидов и силикатов), а также является важным микроэлементом (входит в состав гемоглобина), имеющим существенное биологическое значение. Химические свойства соединений, содержащих **A**, весьма разнообразны, поскольку для него характерны несколько степеней окисления.

В рамках научной работы по неорганической химии юный исследователь Кузьма решил изучить химические свойства элемента **A**. Для этого он провел серию экспериментов, результаты которых описал в своем лабораторном журнале. «При полном сжигании небольшой навески неорганического бинарного соединения **B**, содержащего элемент **A**, образовался некий газ с характерным резким запахом и твердое соединение **B**, при этом масса твердого остатка после реакции составила 6 г

(реакция 1). Известно, что соединение **Б** может быть сырьем для производства некоторой неорганической кислоты. **В** полностью прореагировало с алюминиевым порошком при высокой температуре (реакция 2). Простое вещество, полученное во второй реакции, растворили при нагревании в 57%-ном растворе H_2SO_4 , при этом отмечено образование желтого осадка (реакция 3). К растворимой соли, полученной в реакции 3, добавили раствор BaI_2 , что привело к образованию трех соединений, два из которых являются осадками **Г** и **Д** (реакция 4). Отмечается, что осадок **Г** растворим в бензоле. После отделения осадков к раствору прилили холодный раствор натриевой соли синильной кислоты до образования желто-бурого осадка **Е** (реакция 5), который затем растворился в избытке реагента с образованием некоторого комплексного соединения **Ж** (реакция 6). При кипячении порошка простого вещества, образованного элементом **А**, с концентрированным раствором едкого кали в инертной атмосфере образуются синие растворы, из которых кристаллизуется еще одно комплексное соединение **З** и наблюдается выделение водорода (реакция 7).

Некоторые соединения пришлось отдать на элементный анализ, чтобы наверняка узнать их состав. Результаты элементного анализа представлены ниже»:

Соединение	Массовая доля элемента А в соединении, %
В	70,00
Ж	18,42
З	27,72

1) Расшифруйте записи из лабораторного журнала неорганика Кузьмы, заполнив следующую таблицу:

Соединение	Формула	Соединение	Формула
А		Д	
Б		Е	
В		Ж	
Г		З	

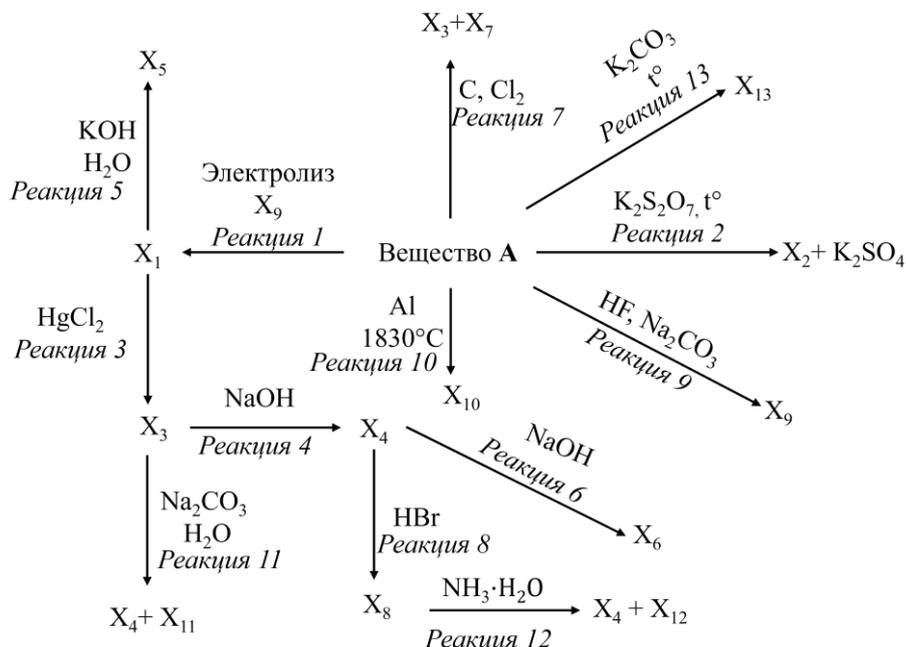
Дополнительно известно, что соединение **Ж** широко применяется в промышленности в качестве пищевой добавки, а также при очистке сточных вод от тяжелых металлов.

- 2) Напишите уравнения реакций 1–7.
- 3) Определите массу вещества **Б**, затраченного в ходе реакции 1.

(20 баллов)

Задача 4. “Амфотерный оксид”

Вещество **А** – бинарное соединение, которое составляет основу некоторых полудрагоценных камней. **А** широко применяется в промышленности как огнеупорный материал, катализатор и адсорбент. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



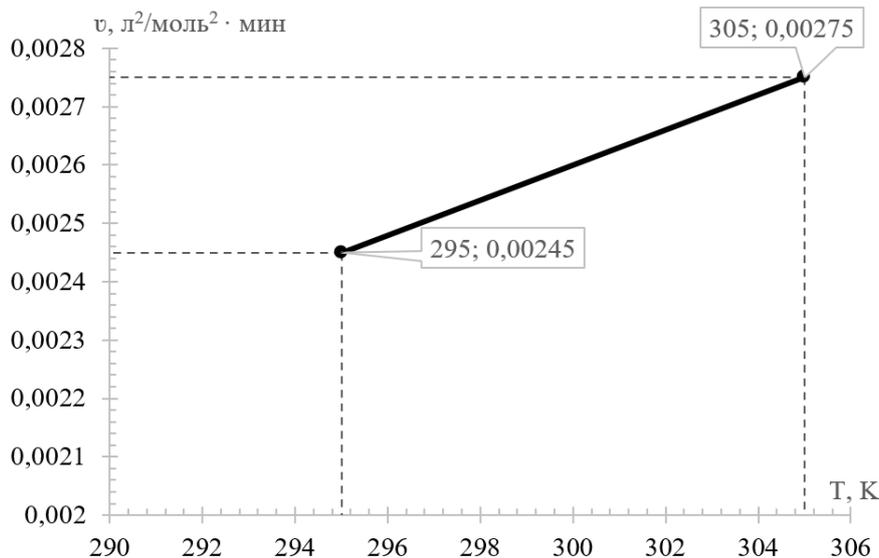
Известно, что X_2 – «жженные квасцы», используется в медицине, в основном - в дерматологии, X_7 – газ, который в окислительно-восстановительных реакциях проявляет восстановительные свойства, X_9 – комплексное соединение с массовой долей фтора 54,29 %, X_{10} – оксид, а X_{12} – средняя соль.

(20 баллов)

Задача 5. «Спорный эксперимент»

Двое одноклассников троечник Елисей и отличница Альбина на занятии по химической кинетике решили поспорить, кто быстрее получит целевой продукт в ходе одной и той же реакции. Ребята рассказали об этом своему преподавателю Филарету Никифоровичу, и он пообещал поставить зачет тому, кто выиграет в этом соревновании.

Преподаватель предложил использовать график зависимости скорости исследуемой ими реакции от температуры и подсказал, что он пригодится им для определения температурного коэффициента γ .



Альбина слушала преподавателя на лекциях, поэтому знала, как температура влияет на скорость реакции. В своих конспектах она нашла следующую запись:

«Якоб Хендрик Вант-Гофф на основании множества экспериментов сформулировал следующее правило:

При повышении температуры на каждые 10 градусов скорость химической реакции увеличивается в два—четыре раза.

В соответствии с этим правилом было выведено следующее уравнение:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$$

где v_2 — скорость реакции при температуре T_2 (К), v_1 — скорость реакции при температуре T_1 (К), γ — температурный коэффициент реакции»

Альбина знала, что Елисей не пишет конспекты и правила этого не знает, а значит, реакцию он будет проводить при температуре в лаборатории $T = 295$ К. Альбина решила обхитрить одноклассника и провести реакцию при температуре $T = 305$ К, чтобы победить в соревновании.

- 1) Определите значение температурного коэффициента для данной реакции.
- 2) Во сколько раз скорость реакции при $T = 350$ К больше, чем при $T = 305$ К?
- 3) Во сколько раз скорость реакции при $T = 280$ К меньше, чем при $T = 295$ К?
- 4) На скорость реакции могут влиять следующие факторы: природа веществ, давление в системе, концентрация реагентов, наличие катализатора или ингибитора, температура системы, площадь поверхности соприкосновения взаимодействующих веществ.

Предположите какие факторы из перечисленных могут повлиять на скорость следующих реакций:

- a) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- b) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
- c) $3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

5) Расположите пары реагирующих веществ в порядке увеличения скорости реакции между ними (ответ объясните):

- a) Измельченное железо и измельченная сера (при комн. температуре)
- b) Измельченное железо и соляная кислота
- c) Растворы серной кислоты и гидроксида калия

6) Дайте определения понятиям ингибитор и катализатор. Приведите 3 примера каталитических реакций (минимум 2 примера реакций между неорганическими веществами).

(20 баллов)

Задача 6. “Мысленный эксперимент”

В мерную колбу с меткой на 50 мл добавили X мл раствора $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ и Y мл раствора AlCl_3 , смесь довели до метки и перемешали. Концентрацию ионов металлов в полученном растворе определили титриметрически* по следующей методике.

Для определения концентрации железа 10 мл исследуемого раствора внесли в коническую колбу для титрования, добавили 1 мл 1 М раствора HCl , разбавили до 50 мл и нагрели до кипения, к раствору добавили 5 капель сульфосалициловой кислоты и оттитровали 0,025 М раствором Трилона Б (динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) до изменения окраски раствора из вишневой в желтую.

Для определения концентрации алюминия к раствору, в котором оттитровано железо, добавили 10 мл 0,025 М раствора Трилона Б, прокипятили 2 минуты, остудили до 40°C , добавили 1 мл аммиака, 20 мл ацетатного буфера, нагрели до 95°C . Раствор охладили, внесли 2 капли раствора ксиленолового оранжевого и оттитровали избыток Трилона Б 0,05 М раствором хлорида цинка.

Титрование провели в трёх параллелях, результаты оформили в виде следующей таблицы.

№ параллели	$V_{\text{Трилона Б}}$, ушедший на титрование железа, мл	V_{ZnCl_2} , ушедший на титрование избытка Трилона-Б, мл
1	5,7	3,1
2	5,5	3,0
3	5,6	2,9

Определите объёмы растворов X и Y. Учтите следующее:

- Трилон Б реагирует с ионами металлов в соотношении 1:1;
- в кислой среде ионы алюминия с Трилоном Б не взаимодействуют;
- исходные растворы содержат следующие количества ионов металлов (в пересчёте на их оксиды): 11,2 мг/мл ; 2,55 мг/мл Al_2O_3 .

* *Титриметрический анализ (титрование) – метод количественного/массового анализа в аналитической химии, основанный на измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом. Расчет концентрации проводят по закону эквивалентов: $C(Me) \cdot V(Me) = C(R) \cdot V(R)$. Как правило, титрование проводят в трёх параллельных опытах, а полученные результаты объемов усредняют.*

(30 баллов)