

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2016–2017 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

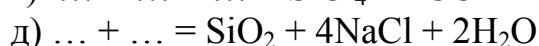
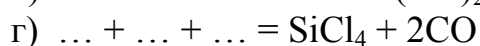
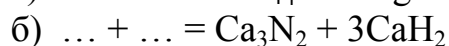
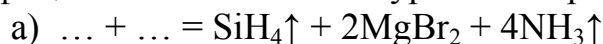
Задания, ответы, критерии оценивания

Общие указания: если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

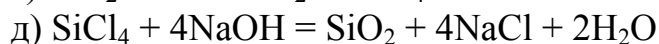
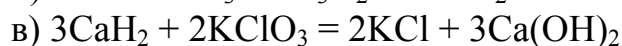
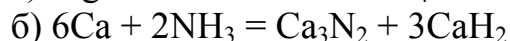
В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

1. (10 баллов) Правые части

По правой части с коэффициентами восстановите формулы веществ и коэффициенты в левой части уравнений реакций:



Решение.



Критерии оценивания.

За правильное указание исходных веществ – по 1 баллу

За правильное написание уравнений с коэффициентами – по 1 баллу

Всего за задачу – 10 баллов.

2. (10 баллов) Превращения металла

Навеску металла **X** массой 1,000 г аккуратно растворили в 30%-й азотной кислоте при нагревании (*реакция 1*). К образовавшемуся раствору добавили щёлочь до полного выпадения осадка (*реакция 2*). Осадок отделили и прокалили до постоянной массы (*реакция 3*). В результате получили 1,429 г красно-коричневого вещества.

1. Определите металл **X**. Ответ подтвердите расчётом.

2. Напишите уравнения *реакций 1-3*.

3. Напишите уравнение реакции разложения соли металла **X**, полученной его растворением в 30%-й азотной кислоте. Какова относительная плотность по водороду образовавшейся газовой смеси?

Решение и критерии оценивания.

1. Логично предположить, что при растворении металла **X** в азотной кислоте образуется нитрат этого металла. При последующем добавлении щёлочи наблюдается выпадение осадка, вероятнее всего – гидроксида металла **X**. Тогда при прокаливании этого гидроксида должен образовываться оксид. Следовательно, можно предположить, что красно-коричневое вещество – это оксид металла **X**. Согласно закону сохранения массы, содержание металла **X** в 1,429 г его оксида составляет 1,000 г, поэтому массовая доля металла **X** в его оксиде X_2O_n равна:

$$\omega(X) = 1 \text{ г} / 1,429 \text{ г} = 0,7.$$

С другой стороны,

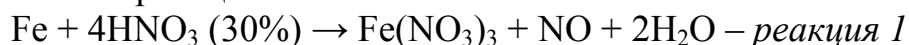
$$\omega(X) = \frac{2M(X)}{2M(X) + 16n} = 0,7,$$

откуда $M(X) = 18,67n$. При $n = 3$, $M(X) = 56$ – железо.

Искомый металл **X** – железо (Fe)

4 балла

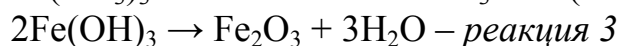
2. Уравнения реакций:



1 балл

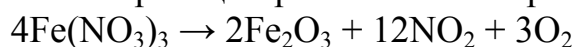


1 балл



1 балл

3. Уравнение реакции разложения нитрата железа(III)



1 балл

В результате реакции выделяется смесь NO_2 и O_2 в мольном соотношении 4 : 1.

Тогда,

$$M(\text{смеси}) = (4 \cdot 46 + 32) / 5 = 43,2 \text{ г/моль},$$

$$D_{H_2}(\text{смеси}) = 43,2 / 2 = 21,6.$$

2 балла

Всего за задачу – 10 баллов.

3. (10 баллов) Определение спирта

В образце предельного одноатомного спирта массой 18,50 г содержится суммарно 3,75 моль атомов С, Н и О.

1. Определите молекулярную формулу спирта и приведите его возможные структурные формулы.

2. Установите структурную формулу искомого спирта, если при его дегидратации образуется алкен, имеющий геометрические изомеры.

3. Приведите уравнение реакции дегидратации искомого спирта и укажите условия её проведения.

4. Приведите структурные формулы геометрических изомеров продукта дегидратации искомого спирта.

Решение.

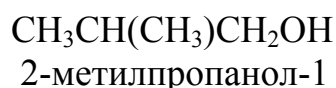
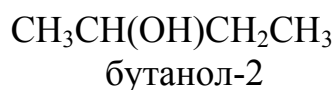
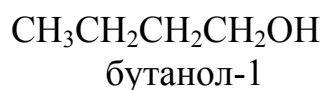
1. Общая формула гомологического ряда предельных одноатомных спиртов – $C_nH_{2n+2}O$. Пусть $n(C_nH_{2n+2}O) = x$ моль. Общее количество вещества атомов в образце искомого спирта составит $(3n + 3)x$ моль. Масса образца спирта составляет $(14n + 18)x$ г.

Решая систему уравнений:

$$(3n + 3)x = 3,75,$$

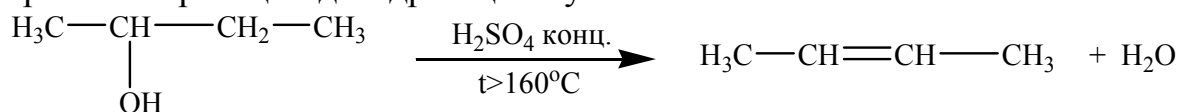
$$(14n + 18)x = 18,5,$$

находим $n = 4$. Искомый спирт – бутанол $C_4H_{10}O$. Этот спирт может иметь четыре структуры (не учитывая оптические изомеры):

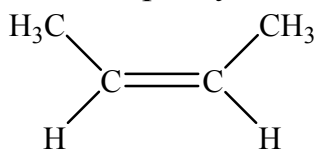


2. Только бутанол-2 при дегидратации образует бутен-2, имеющий *цис-транс*-изомеры.

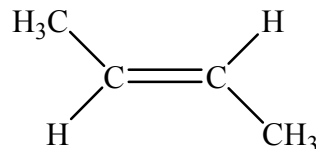
3. Уравнение реакции дегидратации бутанола-2



4. Геометрические изомеры бутена-2:



цис-бутен-2



транс-бутен-2

Критерии оценивания.

1. Определение молекулярной формулы спирта – **2 балла**

Структуры изомеров – **4 балла** (по 1 баллу за каждую структуру).

2. Структурная формула искомого спирта – **1 балл**

3. Уравнение реакции с указанием условий – **1 балл**
(без условий – 0,5 балла)

4. Структурные формулы геометрических изомеров – **2 балла** (по 1 баллу за структуру)

Всего за задачу – 10 баллов.

4. (10 баллов) Два углеводорода

Имеется смесь двух углеводородов **A** и **B** общей массой 34,6 г. Известно, что:

- углеводород **A** относится к предельным углеводородам и содержит в своей структуре два третичных атома углерода;
- углеводороды **A** и **B** содержат одинаковое количество атомов углерода;
- исходная смесь углеводородов может максимально присоединить 112 г брома;
- при добавлении к исходной смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выпадает осадок массой 35 г;
- $D_{\text{возд.}}(\mathbf{B}) = 2,345$.

1. Определите молекулярные формулы углеводородов **A** и **B**. Ответ подтвердите расчётом.
2. Изобразите структурные формулы углеводородов **A** и **B**, удовлетворяющие условию задачи. Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия **B** с аммиачным раствором оксида серебра.
4. Укажите структуры всех возможных продуктов взаимодействия исходной смеси углеводородов с бромом (без учёта оптических изомеров).

Решение.

1. Из анализа свойств углеводородов можно сделать вывод, что углеводород **B** – это терминальный алкин, так как он даёт осадок с аммиачным раствором оксида серебра. Общая формула **B** – C_nH_{2n-2} , тогда формула углеводорода **A** – C_nH_m . Т.к. известна плотность паров углеводорода **B** по воздуху, найдём его молярную массу:

$$M(\mathbf{B}) = D_{\text{возд.}}(\mathbf{B}) \cdot 29 \text{ г/моль} = 2,345 \cdot 29 = 68 \text{ г/моль},$$

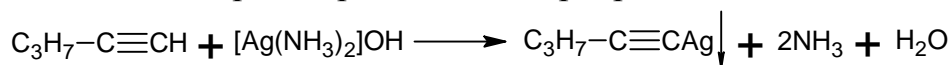
$$14n - 2 = 68,$$

$$n = 5 - C_5H_8.$$

1,5 балла

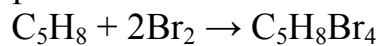
Тогда формула **A** – C_5H_m .

Реакция **B** с аммиачным раствором оксида серебра в общем виде:



$$n(C_5H_7Ag) = \frac{35 \text{ г}}{175 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль} = n(C_5H_8)$$

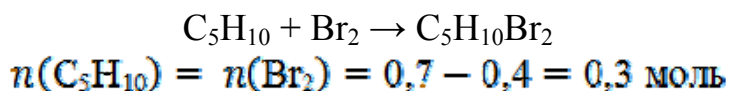
Алкин **B** также реагирует с бромом:



$$n(Br_2) = \frac{112 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

По уравнению реакции для полного взаимодействия с 0,2 моль **B** необходимо 0,4 моль брома, а реагирует 0,7 моль, следовательно, с бромом реагирует и углеводород **A**. Тогда можно предположить, что углеводород **A** относится к классу циклоалканов (причём конкретно – к производным циклопропана или циклобутана, так как реагирует с бромом), отсюда формула **A** – C_5H_{10} .

Проверим:



$$m(\text{исх. смеси}) = m(C_5H_{10}) + m(C_5H_8) = 0,3 \times 70 + 0,2 \times 68 = 34,6 \text{ г}$$

Следовательно, молекулярная формула А – C_5H_{10} 2,5 балла

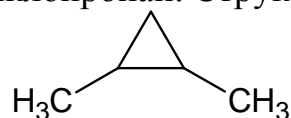
2. Условию задачи отвечают две возможные структуры *терминального* алкина В:



по 0,5 балла за структуру и 0,5 балла за название, всего – 2 балла.

(Если предложена структура не терминального алкина, оценка – 0 баллов.)

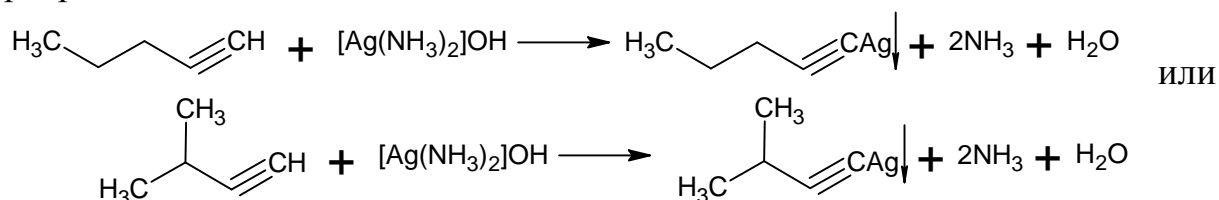
Так как циклоалкан А реагирует с бромом, следовательно, он является производным циклопропана или циклобутана. Но, согласно условию задачи, в его структуре присутствуют два третичных атома углерода. Такому условию отвечает только 1,2-диметилциклопропан. Структура А:



1,2-диметилциклопропан

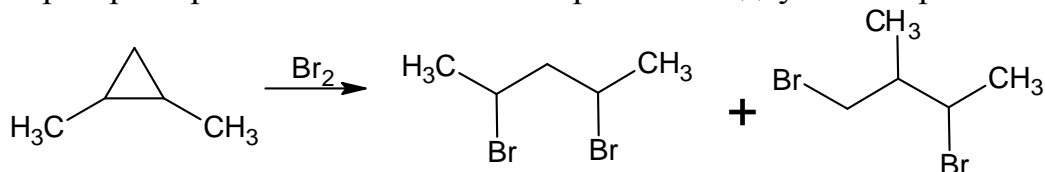
1,5 балла за структуру и 0,5 балла за название, всего – 2 балла.

3. Уравнение реакции взаимодействия В с аммиачным раствором оксида серебра:



За любое из уравнений – 0,5 балла.

4. При бромировании А возможно образование двух изомеров:



За каждый продукт – 0,5 балла, всего –

1 балл

В зависимости от структуры В, возможно образование следующих продуктов бромирования:



За любой из продуктов бромирования В –

0,5 балла

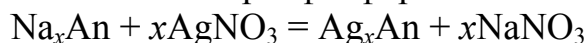
Всего за задачу – 10 баллов.

5. (10 баллов) Разные осадки

Навеску соли **A** массой 1,064 г растворили в воде. Если к полученному раствору добавить избыток раствора нитрата серебра, выпадает 2,424 г белого осадка. Если же к исходному раствору **A** сначала добавить небольшое количество щёлочи, а затем раствор нитрата серебра, то выделится 3,352 г жёлтого осадка. Определите вещество **A**, если известно, что его раствор окрашивает пламя в жёлтый цвет, а массовая доля кислорода в нём составляет 42,1%. Напишите уравнения соответствующих реакций.

Решение (один из возможных способов).

В жёлтый цвет окрашивают пламя соли натрия. Значит, вещество **A** – натриевая соль Na_xAn (An – анион кислотного остатка). Катионы серебра дают жёлтый осадок с анионами ортофосфорной кислоты.



Согласно уравнению реакции, $n(\text{Na}_x\text{An}) = n(\text{Ag}_x\text{An})$:

$$\frac{1,064}{23x + M(\text{An})} = \frac{2,424}{108x + M(\text{An})}$$

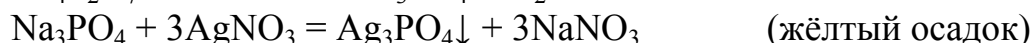
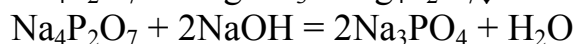
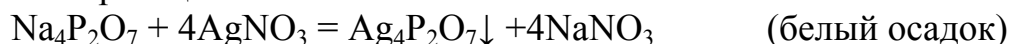
откуда $M(\text{An}) = 43,5x$.

Представим формулу вещества **A** как $\text{Na}_x\text{Э}_y\text{O}_z$, тогда

$$\omega(\text{O}) = \frac{16z}{23x + M(\text{An})} = \frac{16z}{66,5x} = 0,421,$$

откуда $z = 1,75x$. Следовательно, $x = 4$, $z = 7$, т.е. анион содержит 7 атомов кислорода, а соль – 4 атома натрия. Формула вещества **A** – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

Уравнения реакций:



Критерии оценивания.

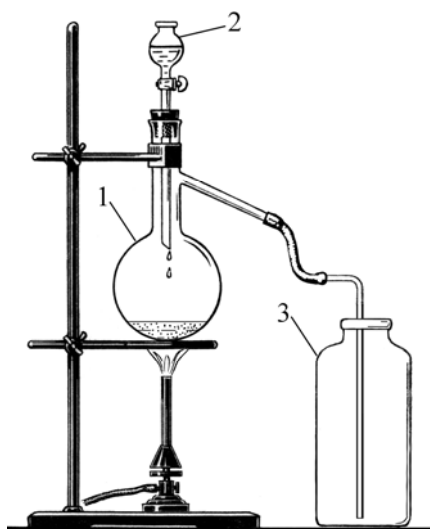
Определение формулы **A** – **7 баллов** (из них – 1 балл за указание о том, что соль натриевая, 1 балл за идею о фосфоре в составе соли, 2 балла за молярную массу аниона, 1 балл за уравнение, выражающее массовую долю кислорода).

Уравнения реакций – по **1 баллу**.

Всего за задачу – 10 баллов.

6. (10 баллов) Неорганический эксперимент

Карбонат марганца(II) обработали азотной кислотой и из реакционной смеси выделили соль X_1 . При нагревании в фарфоровой чашке кристаллов X_1 получили вещество X_2 , порошок чёрного цвета. Затем X_2 смешали с хлоридом натрия и поместили в колбу Вюрца 1 (см. рисунок). С помощью капельной воронки 2 добавили серную кислоту и нагрели реакционную смесь. В банке 3 начал собираться тяжёлый газ жёлто-зелёного цвета с резким запахом — X_3 .



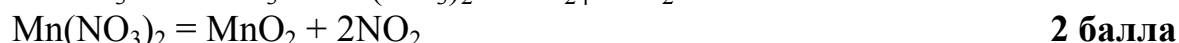
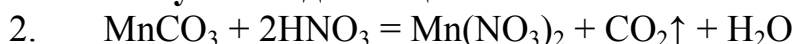
1. Определите вещества $X_1 - X_3$.
2. Напишите уравнения реакций, о которых идёт речь в условии задачи.
3. Предложите ещё два способа получения газа X_3 в лаборатории.

Приведите соответствующие уравнения реакций.

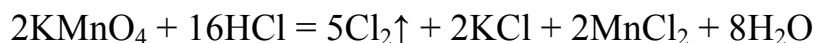
Решение и критерии оценивания.

1. $X_1 - \text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, $X_2 - \text{MnO}_2$, $X_3 - \text{Cl}_2$.

По 1 баллу за каждое вещество



3. Хлор можно получать в лаборатории различными способами. Например, действием концентрированной соляной кислоты на кристаллический перманганат калия:



или электролизом водного раствора хлорида натрия с использованием инертного анода:



По 1 баллу за каждый правильный способ.

Всего за задачу – 10 баллов.

Максимальное количество баллов за работу – 50.