

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

Задания, ответы и критерии оценивания

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

1. Десять порошков

В десяти пронумерованных стаканах выданы порошки следующих веществ: медь, оксид меди(II), древесный уголь, красный фосфор, сера, железо, хлорид натрия, сахар, мел, малахит (основной карбонат меди(II)). Ученики исследовали свойства выданных порошкообразных веществ, результаты своих наблюдений представили в таблице.

Номер стакана	Цвет исследуемого вещества	«Поведение» порошка при помещении его в стакан с водой	Изменения, наблюдаемые при нагревании исследуемого порошка в ложечке с помощью спиртовки
1	белый	тонет в воде, постепенно растворяется	практически не изменяется
2	белый	тонет в воде, постепенно растворяется	плавится, темнеет, постепенно обугливается
3	белый	тонет в воде, не растворяется	практически не изменяется
4	жёлтый	частички плавают на поверхности воды, не растворяются	плавится, горит голубоватым пламенем
5	красный	тонет в воде, не растворяется	постепенно чернеет
6	тёмно-красный	тонет в воде, не растворяется	горит ярким белым пламенем
7	зелёный	тонет в воде, не растворяется	постепенно чернеет
8	тёмно-серый	тонет в воде, не растворяется	темнеет, частички в пламени раскаляются
9	чёрный	частички плавают на поверхности воды, не растворяются	начинает тлеть
10	чёрный	тонет в воде, не растворяется	практически не изменяется

1. Определите, в каком по номеру стакане находится каждое из веществ, выданных для исследования. Ответ обоснуйте.
2. Какие из выданных веществ реагируют с соляной кислотой с выделением газа? Составьте соответствующие уравнения реакций.
3. Известно, что плотность веществ, находящихся в стаканах № 4 и № 9, больше плотности воды, т. е. эти вещества должны тонуть в воде. Однако порошки этих веществ плавают на поверхности воды. Предложите возможное объяснение этому факту.
4. Известно, что три выданных вещества проводят электрический ток. Какие это вещества? Раствор какого вещества проводит электрический ток?

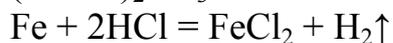
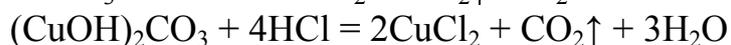
Ответ.

1. В стакане № 1 находится хлорид натрия. Белый цвет, растворяется в воде, практически не изменяется на воздухе при нагревании.
- № 2 – сахар; белый цвет, растворяется в воде, плавится и постепенно обугливается при нагревании.
- № 3 – мел; белый цвет, не растворяется в воде.
- № 4 – сера; жёлтый цвет, характерное горение.
- № 5 – медь; красный цвет; появление чёрной окраски при нагревании на воздухе за счёт образования оксида меди(II).
- № 6 – красный фосфор; тёмно-красный цвет; характерное горение.
- № 7 – малахит; зелёный цвет; появление чёрной окраски при термическом разложении за счёт образования оксида меди(II).
- № 8 – железо; тёмно-серый цвет; потемнение при нагревании.
- № 9 – древесный уголь; чёрный цвет; тлеет при нагревании на воздухе.
- № 10 – оксид меди(II); чёрный цвет; отсутствие изменений при нагревании.

По 0,5 балла за каждое верное определение и разумное обоснование.

Максимум – 5 баллов.

2. Газообразные вещества выделяются при взаимодействии соляной кислоты с мелом, малахитом и железом:



По 1 баллу за каждое уравнение

3. В стаканах № 4 и № 9 находятся соответственно порошки серы и древесного угля. Частички древесного угля пронизаны капиллярами, заполненными воздухом, таким образом, их средняя плотность оказывается меньше 1 г/мл. К тому же, поверхность угля, как и поверхность серы, не смачивается водой, т. е. является гидрофобной. Мелкие частички этих веществ удерживаются на поверхности воды силой поверхностного натяжения. **1 балл**

4. Электрический ток проводят медь, железо и уголь.

Раствор хлорида натрия проводит электрический ток, т. к. NaCl – электролит.

1 балл

Всего 10 баллов.

2. Вывод формулы органического вещества

Органическое соединение **A** содержит 39,73 % углерода и 7,28 % водорода по массе. Определите молекулярную формулу вещества **A** и установите его структурную формулу, если известно, что в его состав входит четвертичный атом углерода, а плотность паров по воздуху равна 5,2. Назовите органическое соединение **A** по систематической номенклатуре. Предложите способ получения **A**.

Ответ.

1) Т.к. сумма массовых долей не равна 100 %, следовательно, в молекуле ещё есть какой-то остаток, содержание которого равно:

$$100 - 39,73 - 7,28 = 52,99 \%$$

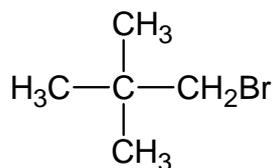
Молярная масса вещества: $M(\mathbf{A}) = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{возд}} = 5,2 \cdot 29 = 151$ г/моль.

Число атомов водорода в молекуле **A**: $151 \cdot 0,0728/1 = 11$.

Число атомов углерода в молекуле **A**: $151 \cdot 0,3973/12 = 5$.

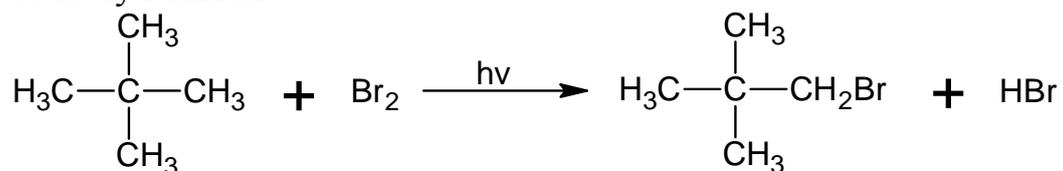
Молярная масса остатка равна $151 \times 0,5299 = 80$ г/моль, что соответствует одному атому брома, следовательно, молекулярная формула вещества **A** – $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$.

2) В состав **A** входит четвертичный атом углерода, поэтому **A** имеет следующую структуру:



1-бром-2,2-диметилпропан

3) Способ получения **A**:



Система оценивания:

1) Определение количества атомов углерода	1 балл
Определение количества атомов водорода	1 балл
Определение брома	2 балла
Молекулярная формула	1 балл
2) Структура	2 балла
Название	1 балл
3) Уравнение реакции получения	2 балла

Всего 10 баллов.

3. Три углеводорода

Массовая доля углерода в трёх углеводородах составляет 85,7 %. Установите молекулярные формулы этих углеводородов, если плотность их по воздуху составляет 0,97; 1,43; 1,93. Приведите структурные формулы изомеров этих углеводородов и назовите их в соответствии с правилами международной номенклатуры.

Ответ. а) Определение молярных масс углеводородов:

$$M = D_{\text{возд.}} (C_x H_y) \cdot 29;$$

$$M_1 = 0,97 \cdot 29 = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; \quad M_2 = 1,43 \cdot 29 = 42 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; \quad M_3 = 1,93 \cdot 29 = 56 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

б) Определение простейшей формулы искомым углеводородов:

100 г вещества $C_x H_y$ содержат 85,7 г углерода и 14,3 г водорода. Соотношение количества вещества углерода и водорода для искомым углеводородов составляет: $x : y = \nu_C : \nu_H = \frac{85,7}{12} : \frac{14,3}{1} = 7,14 : 14,30 = 1 : 2$. Следовательно, простейшая формула искомым углеводородов CH_2 ; $M(CH_2) = 14$ г/моль.

в) Определение молекулярных формул искомым углеводородов и приведение структурных формул их изомеров:

1-й углеводород

$28 : 14 = 2$; $n = 2 \Rightarrow C_2H_4$ – этилен. Изомеров не имеет.

2-й углеводород

$42 : 14 = 3$; $n = 3 \Rightarrow C_3H_6$

Изомеры C_3H_6 :

$CH_2=CH-CH_3$ – пропен



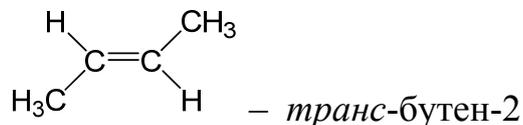
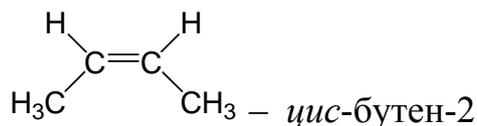
– циклопропан

3-й углеводород

$56 : 14 = 4$; $n = 4 \Rightarrow C_4H_8$

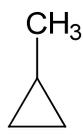
Изомеры:

$CH_3-CH_2-CH=CH_2$ – бутен-1



$\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2$ – метилпропен

 – циклобутан

 – метилциклопропан

- Определение простейшей формулы углеводородов. **1 балл**
- Определение молекулярных формул углеводородов и приведение структурных формул их изомеров:
 - 1-й углеводород – **2 балла** (1 балл за молекулярную формулу и 1 балл за структуру этилена)
 - 2-й углеводород – **2 балла** (1 балл за молекулярную формулу и по 0,5 балла за каждую структуру)
 - 3-й углеводород – **5 баллов** (1 балл за молекулярную формулу, по 0,5 балла за каждую структуру и 1 балл дополнительно, если учтена цис-транс-изомерия).

(Если молекулярные формулы правильно определены без использования простейшей формулы, то 1 балл за простейшую формулу добавляется к результату.)

Всего 10 баллов.

4. Превращения неметалла

Выберите подходящий неметалл и осуществите для него превращения:

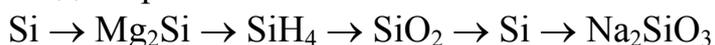
простое вещество \rightarrow X \rightarrow водородное соединение \rightarrow высший оксид \rightarrow
 \rightarrow простое вещество \rightarrow соль

Напишите уравнения соответствующих реакций.

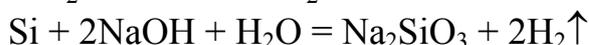
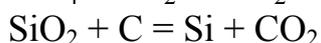
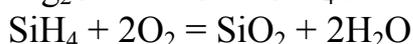
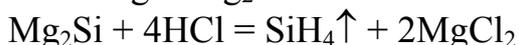
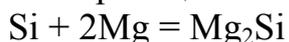
Ответ.

Подходят кремний и фосфор.

Цепочка для кремния.



Уравнения реакций:

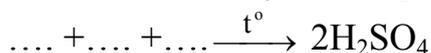


Каждое уравнение реакции – 2 балла.

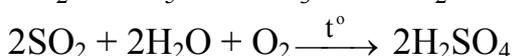
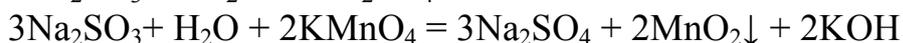
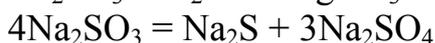
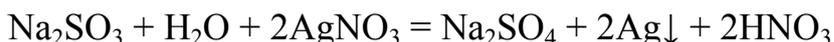
Всего 10 баллов.

5. Правые части с коэффициентами

Восстановите левую часть уравнений:



Ответ.



По 2 балла за уравнение.

Всего 10 баллов.

6. Волшебный порошок

Разбирая реактивы в лаборатории, юный химик нашёл неподписанную банку с белым порошком без запаха. Для исследования его свойств, юный химик аккуратно взвесил 10,00 граммов и разделил их ровно на 5 частей, с каждой из частей он провёл следующие опыты:

Номер опыта	Ход эксперимента	Наблюдения
1	Добавил в воду, а затем прилил несколько капель раствора лакмуса	Хорошо растворим в воде. Раствор окрасился в красный цвет
2	Растворил в воде. Затем добавил избыток карбоната калия	Бурное выделение газа
3	Аккуратно внёс часть навески в пламя горелки	Пламя горелки окрасилось в фиолетовый цвет
4	Растворил в воде. Затем добавил избыток хлорида бария	Выпало 3,43 г белого осадка, нерастворимого в кислотах и щелочах
5	Растворил в воде. После этого добавил избыток гидроксида калия	Пробирка нагрелась. Видимых признаков реакции не наблюдалось

1. Определите состав белого порошка. Ответ подтвердите расчётом.

2. Для опытов 2, 4, 5 приведите соответствующее уравнение реакции.

3. Что произойдёт при нагревании белого порошка? Приведите уравнение реакции.

Ответ.

1. Окрашивание пламени горелки в фиолетовый цвет говорит о том, что искомый порошок – соль калия. Выпадение белого осадка с избытком хлорида бария – качественная реакция на сульфат-ион. Но сульфат калия (K_2SO_4) имеет нейтральную среду (соль образована сильным основанием и сильной кислотой), а согласно опыту № 1 лакмус окрашивает раствор соли в красный цвет, что говорит о кислой реакции.

Следовательно, искомая соль – гидросульфат калия, $KHSO_4$. Проверим это расчётом:



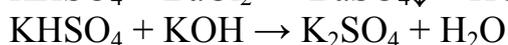
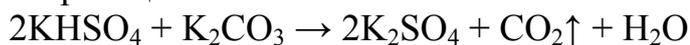
т. к. исходную навеску в 10,00 г юный химик разделил на пять равных частей, значит в реакцию вступило 2,00 г соли:

$$\nu(KHSO_4) = \nu(BaSO_4) = \frac{2 \text{ г}}{136 \text{ г/моль}} = 0,0147 \text{ моль};$$

$$m(BaSO_4) = 0,0147 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 3,43 \text{ г}.$$

Полученная масса сульфата бария совпадает с результатами эксперимента, следовательно белый порошок – действительно $KHSO_4$.

2. Уравнения реакций:



3. Уравнение реакции разложения:



Система оценивания:

1) Вывод о присутствии ионов калия	1 балл
Вывод о присутствии сульфат-ионов	1 балл
Расчёт	2 балла
Формула соли	1 балл
2) 3 уравнения по 1 баллу	3 балла
3) Уравнение реакции разложения	2 балла

Всего 10 баллов.