

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ. 2019-2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС
Задания, ответы и критерии оценивания

Общие указания:

- 1) продолжительность 240 минут.
- 2) если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

Задача 1. Тушат не водой, а железом

Элемент **X** и его соединения используются в космической и авиационной промышленности, для производства сигнальных ракет и линз, в парфюмерии и косметической промышленности, в медицине (например, в кардиологии и неврологии). Его биологическая роль огромна. Был назван в честь древнего города в Малой Азии – родины Ясона и Пелея. Природными источниками этого элемента являются брусит, доломит, бишофит, асбест, тальк и другие минералы. Какой это элемент?

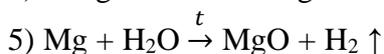
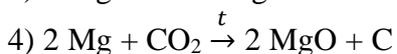
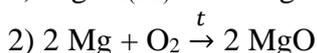
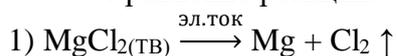
Элемент **X** (серебристо-белое вещество) получают электролизом расплавленного бишофита (белого или бесцветного вещества). При нагревании на воздухе элемент **X** сгорает с образованием оксида **A** (взрывобезопасного белого кристаллического порошка) и небольшого количества нитрида **B** (желтовато-зелёного кристаллического порошка). Этот элемент хорошо горит даже в углекислом газе. Раскалённый элемент **X** активно реагирует с водой и песком, поэтому его тушат железными опилками. Вещество **A** взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием веществ **B** (белого лёгкого кристаллического порошка) и **Г** (белого аморфного порошка) соответственно. Вещество **B** также способно реагировать с углекислым газом и влагой воздуха с образованием вещества **Д**.

Определите элемент **X**, вещества **A-Д** (все вещества содержат элемент **X**). Дайте им названия. Запишите уравнения всех проходящих реакций, расставьте коэффициенты.

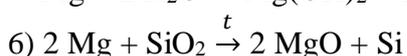
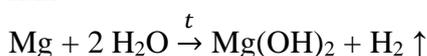
Решение:

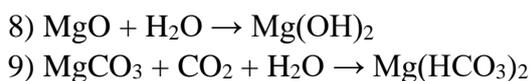
X	Mg	магний / магнезиум
A	MgO	оксид магния / жжёная магнезия / периклаз / азбест
B	Mg ₃ N ₂	нитрид магния / динитрид тримагния / азотистый магний
B	MgCO ₃	карбонат магния / магний углекислый
Г	Mg(OH) ₂	гидроксид магния
Д	Mg(HCO ₃) ₂	гидрокарбонат магния / углекислый магний, кислый / бикарбонат магния / двууглекислый магний

Уравнение реакции:



или





Критерии оценивания:

- | | |
|---|-----------------------|
| 1) Определение вещества по описанию | 1 · 6 = 6 баллов |
| 2) Наименование определенного вещества (одно из названий) | 1 · 6 = 6 баллов |
| 3) Уравнение реакции | 1 · 9 = 9 баллов |
| – если верные вещества, но неверные коэффициенты | – 0,5 · 9 = 4,5 балла |

Итого: 25,5 баллов

Задача 2. Левые части уравнений

Рассмотрите продукты реакций и восстановите левые части уравнений. Расставьте коэффициенты.

Уравнения реакций:

- 1) ... + ... → $\text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \uparrow$
- 2) ... + ... + ... + ... → $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3 \uparrow$
- 3) ... + ... → $\text{NaNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- 4) ... + ... → $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow$
- 5) ... → N_2O_4
- 6) ... + ... → N_2O_3
- 7) ... + ... → $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl} + \text{NOCl}$
- 8) ... + ... + ... → $[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4 \downarrow + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 9) ... + ... → $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- 10) ... + ... → $\text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{HNO}_2$

Решение:

Уравнения реакций:

- 1) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \uparrow$
- 2) $\text{NaNO}_3 + 4 \text{Zn} + 7 \text{NaOH} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3 \uparrow$
- 3) $2 \text{NH}_3 + 2 \text{Na} \rightarrow 2 \text{NaNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- 4) $2 \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow$
- 5) $2 \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$
- 6) $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3$
- 7) $\text{HNO}_3 + 3 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Cl} + \text{NOCl}$
- 8) $2 \text{HNO}_3(\text{РАЗБ}) + 8 \text{FeSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 [\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4 \downarrow + 3 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- 9) $2 \text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- 10) $2 \text{AgNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + 2 \text{HNO}_2$

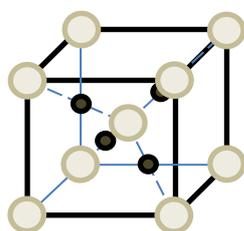
Критерии оценивания:

- | | |
|--|----------------------|
| Уравнение реакции | 2 · 10 = 20 баллов |
| – если верные вещества, но неверные коэффициенты | – 1 · 10 = 10 баллов |

Итого: 20 баллов

Задача 3. Кристаллическая решётка.

I. По представленной схеме кристаллической решётки определите строение вещества, если:



- 1) в состав вещества входят два типа химических элементов – металл и неметалл;
- 2) один из них (4 атома в элементарной ячейке) проявляет переменную валентность;
- 3) один из элементов известен более 5 000 лет и оказал неоценимое влияние на развитие цивилизации;

- 4) доказательство существования другого было сделано в XVIII веке англ. химиком Д. Пристли, а само его обнаружение опровергло флогистонную теорию;
 5) само вещество применяется как пигмент для окрашивания стекла, керамики и глазури.

II. Напишите реакции (с коэффициентами):

- 1) образования этого вещества в реакции с бурым газом;
- 2) взаимодействия с водой;
- 3) взаимодействия с концентрированным раствором хлорида аммония;
- 4) взаимодействия с концентрированной азотной кислотой;
- 5) взаимодействия с концентрированной серной кислотой.

Решение:

I. Рассмотрим строение кристаллической решётки:

Тип ХЭ	Расположение в одной кристаллической решётке				В скольких кристаллических решётках расположены	Всего
	в вершинах	на гранях	на рёбрах	в объёме		
X	0	0	0	4	4 атома принадлежат одной ячейке	$4 \cdot 1 = 4$
Y	8	0	0	1	1 атом, расположенный на вершине, принадлежит восьми ячейкам; 1 атом, расположенный в объёме, принадлежит одной ячейке	$8/8 + 1 = 2$

Строение принимает вид: X_4Y_2 или X_2Y .

Из условия задачи понятно, что X – элемент с переменной валентностью. Далее видно, что X – металл, а Y – неметалл. Флогистонная теория была опровергнута с открытием кислорода, а металл, известный более 5 000 лет и входящий в состав красок, – медь. Т.об. вещество X_2Y – это оксид меди (I) Cu_2O .

II. Уравнения реакций:

- 1) $2 Cu + N_2O \xrightarrow{500-600\text{ }^\circ C} Cu_2O + N_2 \uparrow$
- 2) $Cu_2O + H_2O \rightarrow$
- 3) $Cu_2O + 2 NH_4Cl \rightarrow 2 [Cu(H_2O)(NH_3)]Cl$
- 4) $Cu_2O + 6 HNO_3 \rightarrow 2 Cu(NO_3)_2 + 2 NO_2 \uparrow + 3 H_2O$
- 5) $Cu_2O + 3 H_2SO_4 \rightarrow 2 CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 3 H_2O$

Критерии оценивания:

- | | |
|---|--------------------------|
| 1) Определение строения вещества по кристаллической решётке | 6 баллов |
| 2) Определение элементов по условию | $1 \cdot 2 = 2$ балла |
| 3) Уравнение реакции | $2 \cdot 5 = 10$ баллов |
| – если верные вещества, но неверные коэффициенты | $- 1 \cdot 5 = 5$ баллов |

Итого: 18 баллов

Задача 4. Фиксаж в фотографии

Для фиксации изображения сейчас используют в основном цифровые камеры. Но история фотографии началась ещё в V веке до н.э., когда древнекитайский философ Мо-Цзы описал действие камеры-обскуры. Также в развитие фотографии внесли свой вклад Аристотель и Евклид (независимо друг от друга в IV и V веках), Вильгельм Хомберг (в 1694г. описал фотохимические реакции, когда вещества изменяют окраску под действием

света), Иоганн Гейнрих Шульце (немецкий физик, в 1725г. доказавший, что свет, а не тепло, делает серебряную соль тёмной). Активное развитие фотография получила в начале XIX века (1830е–1840е гг.) благодаря работе Томаса Веджвуда и Гемфри Дэви, Нисефора Ньепса и Луи Дагера, Уильяма Генри Фокса Тальбота, Ипполита Байара, Эркюля Флоранса и других. Рассматриваемое вещество играло важную роль в фиксации изображения на плоской поверхности.

Определите формулу вещества, которое содержит 23,93% кислорода, 17,20% натрия, 31,98% серы и 26,89% серебра по массе. Назовите это вещество, предложите способ его получения, напишите уравнения диссоциации и реакции с иодидом калия, расставьте коэффициенты.

Решение:

По массовым долям элементов можно найти только простейшую формулу. Возьмем образец вещества массой 100 г и найдем отношение количеств элементов (в молях) в этом образце. Для этого следует разделить массу каждого элемента на его относительную атомную массу:

$$v(O):v(Na):v(S):v(Ag) = \frac{23,93}{16} : \frac{17,20}{23} : \frac{31,98}{32} : \frac{26,86}{108} = 1,49:0,75:1:0,25 = 6:3:4:1$$

Таким образом, получаем $O_6Na_3S_4Ag_1$. Приводим данную формулу к удобному виду: $Na_3AgS_4O_6$ или $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$. Это дитиосульфатоаргентат натрия.

Уравнения реакций:

- 1) $AgCl + 2 Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaCl$
- 2) $Na_3[Ag(S_2O_3)_2] \rightarrow 3 Na^+ + Ag(S_2O_3)_2^{3-}$
- 3) $2 Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + 2 KI \rightarrow 2 AgI \downarrow + 3 Na_2S_2O_3 + K_2S_2O_3$

Критерии оценивания:

- | | |
|--|-------------------|
| 1) Формула вещества | 2 балла |
| – если найдены индексы | – 1 балл |
| – если найдена формула комплексной соли | – 1 балл |
| 2) Название вещества | 2 балла |
| Уравнение реакции | 2 · 3 = 6 баллов |
| – если верные вещества, но неверные коэффициенты | – 1 · 3 = 3 балла |

Итого: 10 баллов

Задача 5. Смесь двух газов

Смесь двух галогеноводородов при нормальном атмосферном давлении и температуре 80 °С имеет плотность 0,9749 г/л. Одним из веществ является хлороводород. Определите второй галогеноводород.

Решение:

Т.к. речь идёт о газовой смеси, определим её среднюю молярную массу:

$$M_{CP} = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,9749 \cdot 8,31 \cdot 353}{101,3} = 28,2310 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса известного вещества равна $M(HCl)=36,5$ г/моль.

Очевидно, что молярная масса неизвестного галогеноводорода будет меньше средней молярной массы смеси. Единственный галогеноводород, отвечающий этим условиям, это фтороводород HF.

Критерии оценивания:

- | | |
|---|------------------|
| 1) Формула вещества | 2 балла |
| – если найдены индексы | – 1 балл |
| – если найдена формула комплексной соли | – 1 балл |
| 2) Название вещества | 2 балла |
| Уравнение реакции | 2 · 3 = 6 баллов |

– если верные вещества, но неверные коэффициенты – $1 \cdot 3 = 3$ балла

Итого: 10 баллов

Задача 6. Качественный анализ

На лабораторном столе расположены реактивы без подписи и индикаторная бумага. Реактивы: р-р H_2SO_4 , р-р NaOH , р-р KMnO_4 , дистиллированная вода; сухие кристаллические вещества $\text{Ba}(\text{OH})_2$, NaHCO_3 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, CaCO_3 , K_2SO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Идентифицируйте все не подписанные вещества. Напишите уравнения соответствующих реакций, расставьте коэффициенты.

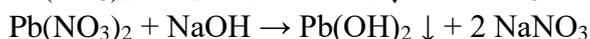
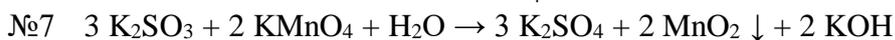
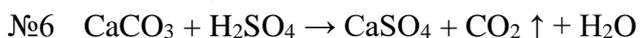
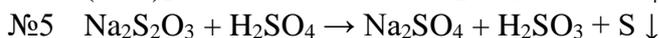
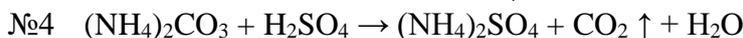
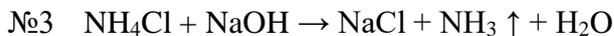
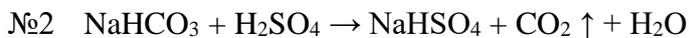
Решение:

С помощью индикаторной бумаги идентифицируем р-р H_2SO_4 и р-р NaOH (красный – у кислоты, сине-зелёный – у щелочи). По цвету определяем р-р KMnO_4 .

Для решения поставленной задачи используем знания о групповых реактивах и уже идентифицированные вещества. Заполняем таблицу наблюдений:

Кр. в-ва	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	NaHCO_3	NH_4Cl	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	CaCO_3	K_2SO_3	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
Р-ры	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
H_2O	р	р	р	р	р	н/р	р	р
р-р H_2SO_4	белый ↓	б/цвет. ↑	–	б/цвет. ↑	жёлтый ↓ (помут.)	б/цвет. ↑	–	белый ↓
р-р NaOH	–	–	резкий запах, ↑	резкий запах, ↑	–	–	–	белый ↓
р-р KMnO_4	–	–	–	–	обесцв. р-ра, бурый ↓	–	обесцв. р-ра, зел.отг.	–

Уравнения реакций:



Критерии оценивания:

- Идентификация веществ 12,5 баллов
 - по физическим свойствам – $0,5 \cdot 3 = 1,5$ балла
 - по качественным реакциям – $1 \cdot 11 = 11$ баллов
(указан цвет осадка, раствора, запах)
- Уравнения качественных реакций 33 балла
 - если указаны все реагенты и продукты реакции – $1 \cdot 11 = 11$ баллов
 - если расставлены коэффициенты – $1 \cdot 11 = 11$ баллов
 - если указаны эффекты реакции – $1 \cdot 11 = 11$ баллов

Итого: 45,5 баллов

ИТОГО max: 129 баллов