

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ. 2019-2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 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. Древнее лекарство и источник богатства

Элемент **X** в чистом виде и в виде соединений за 3000 лет до н.э. применяли в Китае для лечения проказы. В Средние века алхимики считали, что он является основой всех металлов и предшественником золота, а в своих записях обозначали его символом планеты Меркурий. До XVIII века простое вещество этого элемента не получалось заморозить. В природе встречается около 20 его минералов, но наибольшее применение получил только 1 из них (вещество **Y**) – порошок красного цвета. Какой это элемент?

При температуре до 340 °С элемент **X** взаимодействует с веществом **A** (жёлто-зелёный тяжёлый газ, вызывающий отёк лёгких) с образованием белых кристаллов (или белого тяжёлого порошка) **B**. При воздействии на вещество **B** раствором щёлочи образуется жёлтый осадок **B**, раствором аммиака – белый осадок **Г**, раствором хромата калия – красный осадок **Д**.

При прокаливании вещества **Y** образуется газ **E**, обесцвечивающий раствор перманганата калия.

Определите элемент **X**, вещества **Y**, **A-E** (все вещества, кроме **A**, содержат элемент **X**). Дайте им названия. Запишите уравнения всех описанных реакций, расставьте коэффициенты.

Решение:

X	Hg	– ртуть
Y	HgS	– сульфид ртути (II) / дисульфид ртути / киноварь
A	Cl ₂	– хлор
B	HgCl ₂	– хлорид ртути (II) / дихлорид ртути / сулема
B	HgO	– оксид ртути (II)
Г	Hg(NH ₂)Cl	– амидохлорид ртути (II) / ртуть осадочная белая
Д	HgCrO ₄	– хромат ртути (II) / хромовокислая ртуть
E	Hg	– ртуть

Уравнения реакций:

- 1) $\text{Hg} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HgCl}_2$
- 2) $\text{HgCl}_2 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{HgO} \downarrow + 2 \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{HgCl}_2 + 2 \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_2\text{-Hg-Cl} \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl} + 2 \text{H}_2\text{O}$
или
 $\text{HgCl}_2 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{-Hg-Cl} \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$
- 4) $\text{HgCl}_2 + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{HgCrO}_4 \downarrow + 2 \text{KCl}$
- 5) $\text{HgS} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{Hg} \uparrow + \text{SO}_2 \uparrow$
- 6) $3 \text{Hg} + 2 \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{HgO} \downarrow + 2 \text{MnO}_2 \downarrow + 2 \text{KOH}$

Критерии оценивания:

- 1) Определение вещества по описанию $1 \cdot 8 = 8$ баллов
- 2) Наименование определенного вещества (одно из названий) $1 \cdot 8 = 8$ баллов
- 3) Уравнение реакции $1 \cdot 6 = 6$ баллов

– если верные вещества, но неверные коэффициенты

– $0,5 \cdot 6 = 3$ балла

Итого: 22 балла

Задача 2. «Художественный» металл.



Олово известно человечеству уже более 5 000 лет. В бронзовом веке сплав олова и меди (бронза) был наиболее прочным из известных в то время металлов и сплавов. Позднее из него стали изготавливать украшения, посуду, утварь. В литературе олово известно из сказки Г.Х. Андерсена «Стойкий оловянный солдатик». Для этого элемента характерен полиморфизм. Белое олово (β -Sn) – устойчивый при температуре выше $13,2^\circ\text{C}$, серебристо-белый, мягкий, пластичный металл. Серое олово (α -Sn) – аллотропная модификация, устойчивая при более низких температурах. Переход от белого к серому олову сопровождается превращением металла в порошок («оловянная чума»). В т.ч. благодаря этому явлению армия Наполеона потерпела поражение в Отечественной войне 1812 г., когда металлическая часть обмундирования солдат из олова превратилась в пыль. В настоящее время олово применяют в составе красок, имитирующих позолоту («поталь»), для изготовления жаростойких эмалей и глазурей, лужения консервной жести, в качестве коррозионностойкого покрытия в чистом виде или в сплавах с другими металлами и т.д.

Напишите уравнения реакций и расставьте коэффициенты.

Уравнения реакций:

- 1) $\text{Sn} + \text{H}_2 \rightarrow$
- 2) $\text{Sn} + \text{HNO}_3 \rightarrow$
- 3) $\text{Sn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 4) $\text{SnCl}_2 + \text{HCl} + \text{Mg} \rightarrow$
- 5) $\text{SnCl}_4 + \text{Li}[\text{AlH}_4] \rightarrow$
- 6) $\text{SnS} + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2 \rightarrow$
- 7) $\text{SnS}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow$
- 8) $\text{SnCl}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Условия протекания реакций:

HNO_3 – холодная разбавленная
 KOH – горячая концентрированная

Решение:

Уравнения реакций:

- 1) $\text{Sn} + \text{H}_2 \rightarrow$
- 2) $4 \text{Sn} + 10 \text{HNO}_3 \rightarrow 4 \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{Sn} + 2 \text{KOH} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + 2 \text{H}_2 \uparrow$
- 4) $\text{SnCl}_2 + 4 \text{HCl} + 3 \text{Mg} \rightarrow 3 \text{MgCl}_2 + \text{SnH}_4 \uparrow$
- 5) $\text{SnCl}_4 + \text{Li}[\text{AlH}_4] \rightarrow \text{SnH}_4 \uparrow + \text{LiCl} + \text{AlCl}_3$
- 6) $\text{SnS} + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2 \rightarrow \text{SnS}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$
- 7) $\text{SnS}_2 + 2 (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow (\text{NH}_4)_4[\text{SnS}_4]$
- 8) $\text{SnCl}_4 + 4 \text{NH}_3 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] \downarrow + 4 \text{NH}_4\text{Cl}$

Условия протекания реакций:

HNO_3 – холодная разбавленная
 KOH – горячая концентрированная

Критерии оценивания:

Уравнение реакции

$2 \cdot 8 = 16$ баллов

– если верные вещества, но неверные коэффициенты

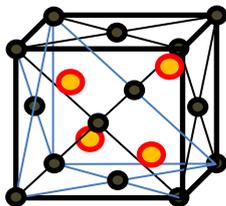
$- 1 \cdot 8 = 8$ баллов

Итого: 16 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) эти элементы принадлежат нечётным группам;
- 3) их обозначение начинается на одну букву.

II. Дайте название этому веществу.

III. Напишите реакции (с коэффициентами):

- 1) образования этого вещества;
- 2) взаимодействия с водой;
- 3) взаимодействия с соляной кислотой.

Дайте названия продуктам реакций.

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	8	6	0	0	1 атом, расположенный на вершине, принадлежит восьми ячейкам; 1 атом, расположенный на грани, принадлежит двум ячейкам	$8/8 + 6/2 = 4$
Y	0	0	0	4	4 атома принадлежат одной ячейке	$4 \cdot 1 = 4$

Строение принимает вид: X_4Y_4 или XY .

Т.к. известно, что элементы расположены в нечетных группах, и их названия начинаются на одну и ту же букву, с помощью таблицы Д.И. Менделеева определяем, что X – это алюминий (т.к. его атомы находятся в вершинах кристаллической решётки) Al и Y – это мышьяк As.

II. Т.об. AlAs – арсенид алюминия (название «соединения мышьяка и алюминия» и т.п. не учитываются).

III. Уравнения реакций:

- 1) $Al + As \rightarrow AlAs$
- 2) $AlAs + 3 H_2O \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + H_3As \uparrow$
- 3) $AlAs + 3 HCl \rightarrow AlCl_3 + H_3As \uparrow$

Продукты реакции:

арсенид алюминия
гидроксид алюминия
арсенид водорода / арсин / мышьяковистый водород
хлорид алюминия
арсенид водорода / арсин / мышьяковистый водород

Критерии оценивания:

- 1) Определение строения вещества по кристаллической решётке 6 баллов
- 2) Определение химических элементов по условию (с помощью таблицы Д.И. Менделеева) $2 \cdot 1 = 2$ балла
- 3) Название вещества (название «соединения мышьяка и алюминия» и т.п. не учитываются) 1 балл
- 4) Уравнение реакции $2 \cdot 3 = 6$ баллов
– если верные вещества, но неверные коэффициенты $- 1 \cdot 3 = 3$ балла
- 5) Название продуктов реакции (любое одно из перечисленных) $1 \cdot 5 = 5$ баллов

Итого: 20 баллов

$(\text{CH}_2)_2\text{O}$	– этиленоксид / окись этилена / оксиран / 1,2-эпоксидэтан
C_2H_2	– этин / ацетилен
$\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$	– пропен / метилэтилен / пропилен
$\text{CH}_2=\text{CH-C}\equiv\text{N}$	– акрилонитрил / цианистый винил / винилцианид / проп-2-енонитрил / нитрил акриловой кислоты

Неизвестные вещества:

X	$(\text{CH}_2)_2\text{O}$	– этиленоксид / оксиран / окись этилена / 1,2-эпоксидэтан	– важнейшее сырьё химической промышленности, в основном для синтеза этиленгликолей, применяемых в качестве антифризов, в производстве полиэстера, полиэтилентерефталата (сырьё для пластиковых бутылок), растворителей, мыла и моющих средств, в парфюмерии и косметике и т.д.
Y	$\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$	– пропен / метилэтилен / пропилен	– важный компонент органического синтеза, в основном (25 %) используемый для получения полипропилена

Критерии оценивания:

1)	Уравнение реакции:	30 баллов
	– если верные вещества	– по 1 баллу за реакцию
	– если верные коэффициенты	– по 1 баллу за реакцию
	– если верные условия осуществления реакции	– по 1 баллу за реакцию
	– если условия осуществления указаны не полностью	– по 0,5 балла за реакцию
2)	Наименование определенного вещества (одно из названий)	$1 \cdot 10 = 10$ баллов
3)	Области применения веществ (одна из областей)	$1 \cdot 2 = 2$ балла

Итого: 42 балла

Задача 5. Электролиз

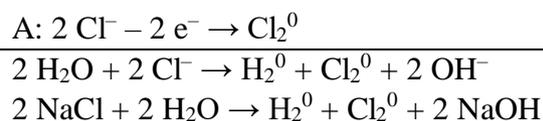
Электролиз является важным технологическим процессом, позволяющим получать многие чистые вещества (металлы – алюминий, медь и др., диоксид марганца, хлор, водород и т.д.), делать на поверхности металла сверхтонкие покрытия (гальваностегия), воспроизводить форму предметов (гальванопластика), на его основе функционируют химические источники тока, также он находит применение в очистке сточных вод (процессы электрокоагуляции, электроэкстракции, электрофлотации). В данном примере рассмотрен один из важнейших способов технологического применения электролиза.

При пропускании через раствор поваренной соли электрического тока силой 7 А выделилось 10,42 л водорода. Сколько на это было затрачено времени, если выход по току составил 93%? Напишите уравнения анодного и катодного процессов, а также суммарное уравнение электролиза. Назовите технологический процесс.

Решение:

Напишем уравнения электролиза:





По закону Фарадея с учётом выхода по току получаем:

$$t = \frac{V \cdot F \cdot n}{B \cdot Vm \cdot I} = \frac{10 \cdot 96500 \cdot 2}{0,93 \cdot 22,4 \cdot 7 \cdot 3600} = 3,67 \text{ ч}$$

где B – выход по току, n – число участвующих в процессе электронов, Vm – молярный объём.

В данном примере рассмотрен промышленный способ получения водорода или хлора.

Критерии оценивания:

- | | |
|---|----------------------|
| 1) Определение продолжительности процесса | 2 балла |
| 2) Указаны уравнения процесса | 4 балла |
| – если верен процесс на катоде | – 1 балл |
| – если верен процесс на аноде | – 1 балл |
| – если приведено суммарное уравнение процесса (если только в сокращенном или в полном виде) | – 2 балла (– 1 балл) |
| 3) Назван технологический процесс (любое из приведенных названий) | 1 балл |
| – название «электролиз» не принимается в качестве ответа | – 0 баллов |

Итого: 7 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.

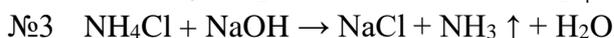
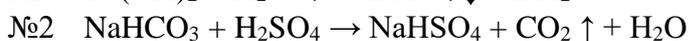
Решение:

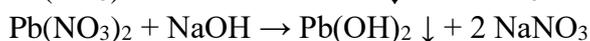
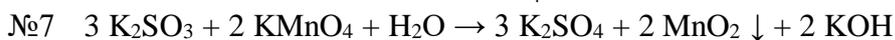
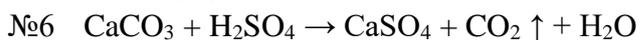
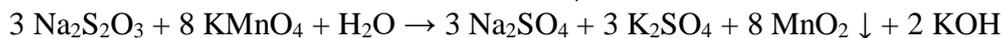
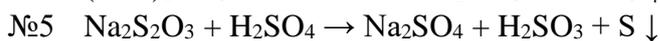
С помощью индикаторной бумаги идентифицируем р-р H_2SO_4 и р-р NaOH (красный – у кислоты, сине-зелёный – у щелочи). По цвету определяем р-р KMnO_4 .

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:

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1) 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) | |
| 2) 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:152,5 баллов