

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2017–2018 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задания, ответы и критерии оценивания

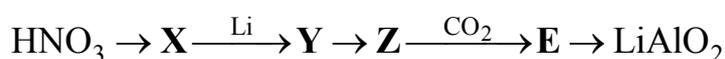
Задача 1. Левые части

Восстановите левые части уравнений химических реакций.

- 1) ... + ... → KI + N₂↑ + 2H₂O
- 2) ... + ... + ... = 2MnO₂ + 3KNO₃ + 2KOH
- 3) ... + ... + ... = 2K₂FeO₄ + 6KBr + 8H₂O
- 4) ... + ... + ... = 2Na₂CrO₄ + 3Na₂SO₄ + 8H₂O
- 5) ... + ... = 8MnO₂ + 3K₂SiO₃ + 2KOH + 5H₂O

Задача 2. От азотной кислоты к алюминату

Напишите уравнения реакций к схеме превращений:



Определите вещества X, Y, Z, E, если известно, что

X – простое вещество,

Y – сложное вещество, твёрдое, при гидролизе образует щёлочь.

Задача 3. Получение и окисление алкена

При взаимодействии галогеналкана со спиртовым раствором щёлочи образуется алкен, плотность паров которого в 2,157 раза меньше плотности паров исходного галогеналкана.

- 1) Определите молекулярную формулу исходного галогеналкана. Расчёты запишите.
- 2) Установите все возможные структурные формулы исходного галогеналкана и структурную формулу алкена, если известно, что алкен в условиях жёсткого окисления образует кетон и кислоту.
- 3) Приведите уравнение реакции окисления искомого алкена подкисленным раствором перманганата калия.

Задача 4. Запах газа

Запах, который люди чувствуют при утечке бытового газа на кухне, связан с присутствием газа X, который используется в качестве одоранта. Газ X обладает резким неприятным запахом. Согласно данным элементного анализа X имеет следующий состав: 38,71 %(масс.) углерода, 9,68 % водорода, а также некоторый элемент Y.

- 1) Определите элемент Y и структуру газа X. Ответ подтвердите расчётом.
- 2) При сжигании газа X на воздухе образовавшуюся газовую смесь пропустили через баритовую воду. Затем аналогичную газовую смесь пропустили через раствор перманганата калия. Запишите уравнения происходящих химических реакций и укажите наблюдаемые признаки реакций.

Задача 5. «Медный всадник»

Памятник Петру Великому в Санкт-Петербурге («Медный всадник») установлен на Гром-камне, монолите весом 1600 т. Открытие памятника состоялось 7 августа 1782 года при участии императрицы Екатерины II. Монумент уникален тем, что имеет всего три точки опоры: задние ноги коня и извивающийся хвост змеи. Для того чтобы скульптура приобрела устойчивость, мастерам пришлось облегчать её переднюю часть, поэтому толщина бронзовых стенок передней части намного тоньше задних стенок, что значительно усложнило отливку монумента.

В лабораторию для анализа состава сплава, из которого был отлит памятник, поступило 10,00 г образца. Лаборант аккуратно растворил образец в концентрированной азотной кислоте, при этом наблюдалось выделение газа бурого цвета, а на дне колбы образовался осадок. После того, как осадок был отфильтрован, к фильтрату добавили избыток щёлочи, после чего выпал осадок голубого цвета, который отделили и прокалили, при этом образовалось 10,00 г чёрного остатка. Осадок, оставшийся после растворения сплава в концентрированной азотной кислоте, прокалили, при этом образовался оксид массой 2,54 г, в котором массовая доля неизвестного элемента составляет 78,8 %.

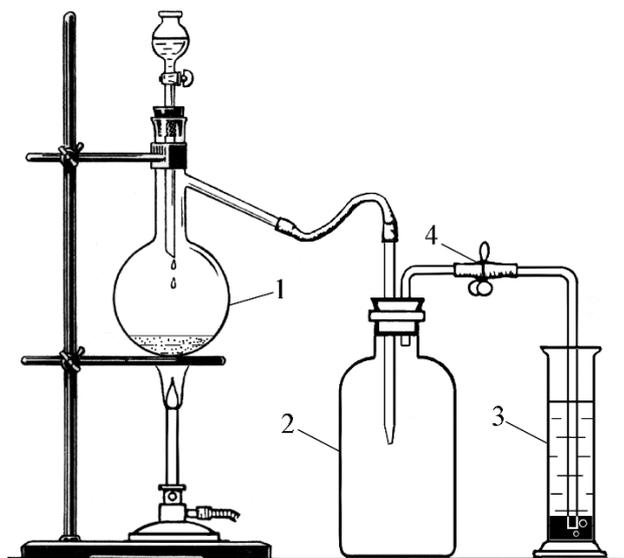
- 1) Определите качественный и количественный (ω , %) состав сплава. Ответ подтвердите расчётами.
- 2) Запишите уравнения всех реакций, упомянутых в тексте.



*На берегу пустынных волн
Стоял он, дум великих полн...
(А.С. Пушкин, «Медный всадник»)*

Задача 6. Осторожное получение газа

Для получения газа **X** собрали прибор, как показано на рисунке.



Газоотводную трубку от колбы Вюрца 1 ввели через пробку в банку 2. Чтобы газ **X** не попал в атмосферу, газоотводную трубку, выходящую из банки 2, опустили в цилиндр 3, на дне которого находилась ртуть. Поверх ртути в цилиндре была налита вода. Открыли зажим 4 на трубке, соединяющей банку 2 и цилиндр 3.

В колбу Вюрца 1 поместили вещество **A**, из капельной воронки к соли прилили вещество **B**, смесь нагрели. Выделяющийся газ **X** постепенно заполнял банку 2. В цилиндре 3 пузырьки газа **X** проходили через слой ртути и попадали в воду, в которой растворялись.

Известно, что **A** – бесцветное кристаллическое вещество без запаха, хорошо растворяется в воде, окрашивает пламя в яркий жёлто-оранжевый цвет. Вещество **A** широко применяется как приправа к пище и один из важнейших консервантов. **B** – бесцветная маслянистая жидкость без запаха, хорошо растворяется в воде, выделяя при этом много тепла, обугливает многие органические вещества. Вещество **B** издавна считают «матерью всех кислот».

- 1) О каких веществах **A** и **B** идёт речь в условии задачи?
- 2) Какой газ **X** получали в данном приборе? Приведите соответствующее уравнение реакции.
- 3) Почему старались избежать попадания газа в помещение лаборатории, где проводили эксперимент? Какую роль играет вода в цилиндре 3?
- 4) С какой целью на дно цилиндра 3 налили ртуть? Что может произойти, если конец газоотводной трубки оставить в воде?
- 5) Можно ли было собрать газ **X** в банке 2, не открывая зажим 4, исключив из прибора цилиндр с водой и ртутью? Чем можно заменить токсичную ртуть в данном приборе?
- 6) Что представляет собой раствор газа **X**? Какие реакции следует провести, чтобы доказать качественный состав полученного раствора?

Решения и система оценивания

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.

Задача 1. Левые части

Решение:

- 1) $\text{KNO}_2 + \text{NH}_4\text{I} \rightarrow \text{KI} + \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $3\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + 3\text{KNO}_3 + 2\text{KOH}$
- 3) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 5) $3\text{SiH}_4 + 8\text{KMnO}_4 = 8\text{MnO}_2 + 3\text{K}_2\text{SiO}_3 + 2\text{KOH} + 5\text{H}_2\text{O}$

Критерии оценивания:

каждое уравнение – 2 балла
(если правильные реагенты, но не уравнено – 1 балл)

Итого 10 баллов

Задача 2. От азотной кислоты к алюминату

Решение:

X – N_2 , **Y** – Li_3N , **Z** – LiOH , **E** – Li_2CO_3 .

Уравнения реакций:

- 1) $10\text{Al} + 36\text{HNO}_3 = 10\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{N}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{N}_2 + 6\text{Li} = 2\text{Li}_3\text{N}$
- 3) $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{LiOH} + \text{NH}_3$ (допускается запись $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- 4) $2\text{LiOH} + \text{CO}_2 = \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{LiAlO}_2 + \text{CO}_2$

Критерии оценивания:

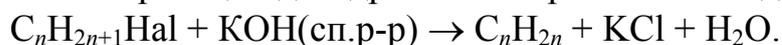
каждое уравнение – 2 балла
(если правильные вещества, но не уравнено – 1 балл)

Итого 10 баллов

Задача 3. Получение и окисление алкена

Решение:

1) Уравнение реакции дегидрогалогенирования исходного галогеналкана:



Отношение плотностей паров галогеналкана и алкена равно отношению их молярных масс:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Hal}) = 14n + 1 + M(\text{Hal}) \text{ г/моль}; M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 14n \text{ г/моль}.$$

$$(14n + 1 + M(\text{Hal})) / (14n) = 2,157,$$

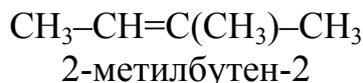
отсюда $M(\text{Hal}) + 1 = 16,2n$.

В состав галогеналкана могли входить фтор, хлор, бром или иод. Подставляя в полученное уравнение значения молярных масс галогенов, можно определить значение n и природу галогена: при $n = 5$, $M(\text{Hal}) = 80$ г/моль – бром.

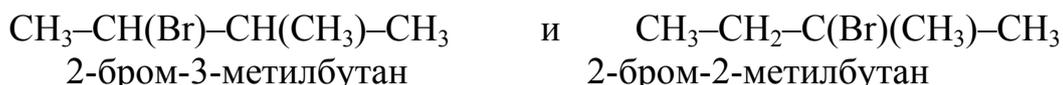
Молекулярная формула галогеналкана $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$

4 балла

2) При окислении алкена образуются кетон и кислота, следовательно, алкен имеет разветвлённый углеродный скелет, а двойная связь находится в середине цепи:



Структурные формулы бромалканов, при дегидрогалогенировании которых образуется 2-метилбутен-2:



3 балла

(баллы ставятся только за структуры, называть вещества не обязательно)

3) Уравнение реакции окисления 2-метилбутена-2 перманганатом калия в кислой среде:



3 балла

Итого 10 баллов

Задача 4. Запах газа

Решение:

1. $\omega(\text{Y}) = 51,61\%$.

1 балл

Пусть формула $\text{X} - \text{C}_k\text{H}_m\text{Y}_n$, тогда можно составить пропорцию:

$$m(\text{C}) = 12k - 38,71\%$$

$$m(\text{Y}) = n \cdot M(\text{Y}) - 51,61\%$$

откуда $M(\text{Y}) = 16(k/n)$

Рассмотрим возможные случаи:

	$k = 1$	$k = 2$
$n = 1$	$M(\text{Y}) = 16 (\text{O}) \Rightarrow \text{CH}_3\text{O}$	$M(\text{Y}) = 32 (\text{S}) \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{S}$
$n = 2$	$M(\text{Y}) = 8 (\times)$	$M(\text{Y}) = 16 (\text{O}) \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$

Состав CH_3O невозможен, остаётся два варианта – $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$ и $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$. Так как X – обладает резким неприятным запахом, это указывает на присутствие серы.

Следовательно,

$\text{Y} - \text{S}$

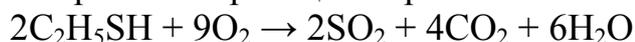
1 балл

$\text{X} - \text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ – этантиол

(принимается также $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ – диметилсульфид)

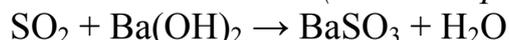
2 балла

2. Уравнение реакции горения:



1 балл

(если X определён неправильно, но уравнение верное – 1 балл)



1 балл

$\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
Признак: помутнение раствора или выпадение белого осадка	0,5 балла
$5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$	2 балла
Признак: обесцвечивание раствора	0,5 балла
<i>(если написаны неправильные коэффициенты – за уравнение ставить половину от максимума)</i>	
Итого 10 баллов	

Задача 5. Медный всадник

Решение

1) Определим формулу неизвестного оксида, образовавшегося при прокаливании осадка. Пусть формула оксида X_2O_n , тогда

$$\omega(\text{X}) = 0,788 = \frac{2M(\text{X})}{2M(\text{X}) + 16n} \Rightarrow M(\text{X}) = 29,75n$$

при $n = 4$, $M(\text{X}) = 119$ г/моль, что соответствует **Sn – олово**, тогда формула оксида – **SnO₂**. **2 балла**

$m(\text{SnO}_2) = 2,54$ г, найдём массу олова в сплаве:

$$m(\text{Sn}) = \frac{2,55 \text{ г}}{151 \text{ г/моль}} \times 119 \text{ г/моль} = 2,00 \text{ г},$$

тогда масса второго компонента сплава равна 8,00 г.

Логично предположить, что остаток чёрного цвета – это оксид, так как получен при разложении гидроксида, образовавшегося при взаимодействии фильтрата с гидроксидом натрия. Для оксида состава Y_2O_n имеем:

$$\omega(\text{Y}) = \frac{8 \text{ г}}{10 \text{ г}} = 0,8 = \frac{2M(\text{Y})}{2M(\text{Y}) + 16n} \Rightarrow M(\text{Y}) = 32n$$

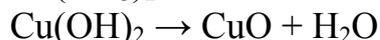
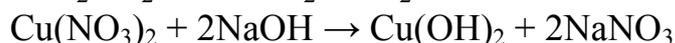
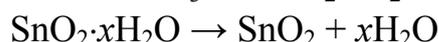
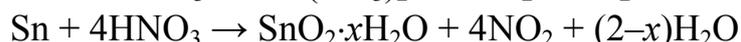
при $n = 2$, $M(\text{Y}) = 64$ г/моль, что соответствует **Cu – медь**, тогда формула оксида – **CuO**. **2 балла**

(без расчётов и доказательств – 0 баллов,

если в качестве доказательства указаны цветовые переходы – 1 балл)

Состав сплава – 80% (масс.) Cu и 20% Sn. **1 балл**

2) Уравнения реакций:



За каждое уравнение **1 балл**, всего – **5 баллов**

(за уравнение с неправильными коэффициентами – 0,5 балла)

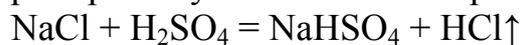
Итого 10 баллов

Задача 6. Осторожное получение газа

Решение

1) **A** – хлорид натрия, **B** – концентрированная серная кислота. **1 балл**

2) В приборе получали газ **X** – хлороводород:



или



3) Хлороводород – удушливый едкий газ с резким запахом, может вызвать ожоги слизистой дыхательных путей, глаз, кожи. Необходимо остерегаться его попадания в помещение, где находятся люди.

Вода играет роль поглотителя. После того как банка 2 наполнится HCl , избыточный газ поглотится водой, растворяясь в ней. **2 балла**

4) Ртуть играет роль затвора, потому что хлороводород очень хорошо растворяется в воде. Если бы слоя ртути не было, то вода бы перелилась из цилиндра 3 в банку 2.

HCl дойдёт по газоотводной трубке до воды в цилиндре 3, и сразу начнётся его растворение. Объём газа станет быстро уменьшаться, а давление в банке 2 падать. Давление может падать быстрее, чем поступать новые порции газа из колбы 1. В банке 2 создастся разрежение, под действием атмосферного давления вода перетечёт в неё из цилиндра. **2 балла**

5) Закрывать зажим 4 во время проведения опыта нельзя, т. к. вытесняемый воздух должен выходить из банки 2. В противном случае давление в приборе начнёт критически нарастать, что может привести к его разрушению.

Вместо воды с ртутным затвором можно использовать твёрдые поглотители, например, негашёную или натронную известь. Вместо ртутного затвора можно использовать обратные клапаны (например, бунзеновский клапан), которые предотвратят поступление воды из цилиндра.

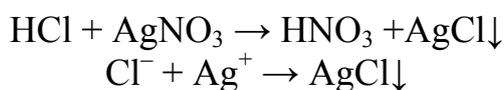
2 балла за любое разумное и обоснованное решение

6) Водный раствор газа **X** – соляная кислота. Хлороводород диссоциирует в водном растворе:



Избыток катионов H^+ (ионов гидроксония H_3O^+) можно доказать с помощью индикатора, например лакмуса, который в кислой среде примет красную окраску.

Наличие хлорид-анионов можно доказать с помощью раствора соли серебра, например AgNO_3 , в результате реакции выпадает творожистый осадок белого цвета:



1 балл за любое разумное и обоснованное решение

Итого 10 баллов