

ТЕКСТЫ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

(для участников)

1 тур

2023–2024

Теоретический тур

Девятый класс

Задача 9-1

Лает, но не кусает

В 1853 году немецкий химик Юстус фон Либих читал лекцию для баварской королевской семьи. Чтобы удивить высокопоставленных гостей, он продемонстрировал эффектную реакцию, в ходе которой бесцветная жидкость **A** вспыхивает синим пламенем в атмосфере газа **B** и раздается характерный лающий звук «гав» (*р-ция 1*).

При пропускании газообразных продуктов реакции через избыток известковой воды было получено 1.5 г белого осадка **C** (*р-ция 2*), который не обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. Объем не поглотившегося при этом газа **D**, который входит в состав воздуха, составил 771 мл (при температуре 40°C и давлении 1 атм). Также известно, что жидкость **A** при нагревании с парами воды подвергается гидролизу (*р-ция 3*) с образованием смеси двух газов, имеющей плотность по воздуху 1.287. При пропускании продуктов гидролиза через раствор газа **E**, полученного при сжигании жидкости **A** (*р-ция 4*), наблюдается образование желтоватой взвеси вещества **F** (*р-ция 5*), являющегося одним из продуктов «лающей» реакции.

1. Определите вещества **A–F**, ответ подтвердите расчетами.
2. Составьте уравнения реакций 1–5.

Задача 9-2

В книге Ильи Леенсона «Язык химии» приведено следующее описание металлов **X**, **Y** и **Z**:

X: греки называли его *molybdos* (См. **Z**). Происхождение слова «**X**» неясно. Самое удивительное здесь то, что в большинстве славянских языков **X** называется... **Y**! Вещество **A** – желтый оксид элемента **X** – издавна использовали в качестве желтого пигмента, название которого происходит от итал. *marzacotta* – «гончарная лазурь» (слово арабского происхождения).

Y: в древнем Риме **Y** называли «белым **X**». Возможно «**Y**» – от греч. ἄλφος; это слово означает «белый». По-видимому, от этого и произошло слово «**Y**», что указывало на цвет металла. Древнегреческое название **Y** (*kassiteros*) дало также название минералу **B**.

Z: по-гречески *molybdos* – «**X**», отсюда лат. *Molibdaena* – так в Средние века называли и **X**'овый блеск (вещество **C**) и более редкий **Z**'вый блеск (вещество **D**), и другие похожие минералы, оставлявшие черный след на бумаге, в том числе графит.

1. Напишите символы элементов **X**, **Y**, **Z**.

Несмотря на известность **D** с древних времен, сам элемент **Z** был открыт лишь в конце XVIII столетия. Карл Шееле выделил в чистом виде оксид нового элемента, который образуется в результате сгорания **D** на воздухе. При этом из 10.00 г **D** можно получить до 9.00 г оксида, в качестве продукта реакции также образуется бесцветный газ **E** с резким, неприятным запахом и плотностью 2.86 г/л при н.у.

2. Напишите формулы веществ **A** – **D** и уравнение реакции сгорания **D**.

Элементы **X** и **Y** известны человечеству настолько давно, что теперь уже невозможно установить их первооткрывателя. Ещё в древнем Риме использовали припой, содержащий 1 часть (по массе) **X** и *y* частей **Y**. Состав этого припоя очень близок к составу смеси с минимальной температурой плавления равной 183 °С.

Навеску такого припоя массой 1.000 г полностью растворили в избытке горячей соляной кислоты. К образовавшемуся раствору добавили избыток сульфида натрия, при этом масса образовавшегося осадка составила 1.231 г.

3. Напишите уравнения реакций растворения припоя в соляной кислоте и все реакции, протекающие при добавлении сульфида натрия к упомянутому раствору. Будет ли наблюдаться выпадение осадка при использовании недостатка сульфида натрия. Если да, то каков будет его состав?

4. Рассчитайте значение *y*.

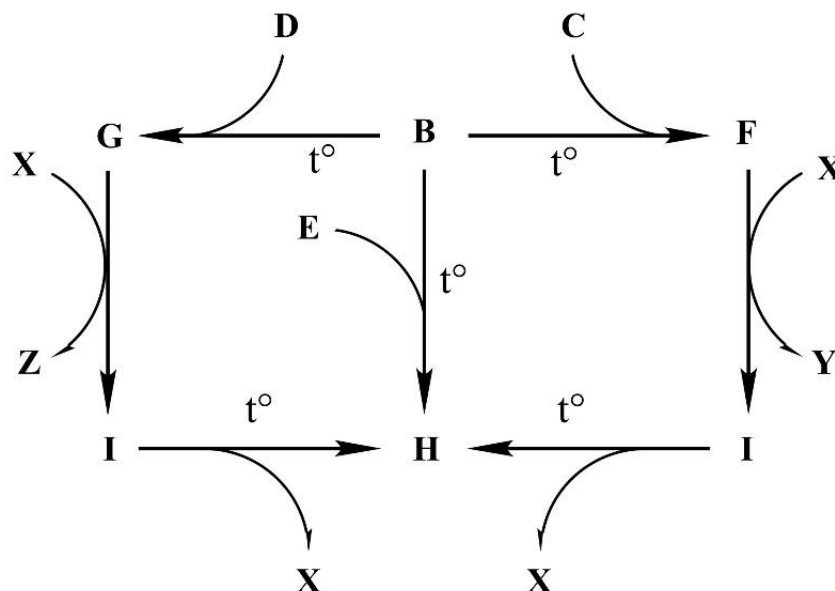
5. Как называются расплавы с наименьшей температурой кристаллизации?

Задача 9-3

Химия простых веществ

Если ты считать не будешь, скоро химию забудешь

Бинарные соединения **X**, **Y** и **Z**, обладают почти одинаковой плотностью в газообразном состоянии. Взаимосвязь между ними показана на схеме, представленной ниже.



Дополнительная информация:

1. В состав веществ **X**, **Y** и **Z** входят атомы элемента, образующего простое вещество **A**, молярная масса которого в 8 раз меньше, чем у **E**.
2. **A-E** представляют собой простые вещества, молярная масса которых в ряду возрастает.
3. При нормальных условиях вещества **B** и **C** являются твёрдыми, а **A**, **D** и **E** представляют собой газы.
4. Объёмное соотношение газообразных веществ **Y** и **Z**, полученное из навесок **B** одной и той же массы, составляет 3:4 при одинаковых условиях.
5. При термическом разложении 1 моль соединения **I** образуется 1 моль вещества **X**.

Вопросы:

1. Вычислите молярную массу соединений **X - Z**.
2. Определите вещества **A – I**. Ответ обоснуйте!
3. Установите состав веществ **X - Z**. Ответ обоснуйте.

Задача 9-4

Дальтони́ды и бертолли́ды

Совершенно ясно что в равновесных системах дискретность и непрерывность взаимно сочетаются и существуют друг рядом с другом.

Н.С. Курнаков, «Соединение и химический индивид», 1914 г.

В 1914 Николай Семенович Курнаков показал, что некоторые твердые растворы могут обладать всеми свойствами индивидуального соединения, но не отвечают постоянному составу. Соединения, состав которых постоянен, он назвал **дальтонидами**, а соединения, НЕ отвечающие постоянному составу – **бертоллидами**.

В 1823 году Вёлер прокаливал вольфрамат натрия с триоксидом вольфрама в токе водорода, в зависимости от соотношения реагентов получая вещества состава Na_xWO_3 с разными значениями x .

1. Определите x для одного из таких веществ, если в нём $\omega(\text{Na}) = 2.89\%$. Составьте уравнение реакции его получения Вёлером (*р-ция 1*).

Бинарное соединение A^* в учебных пособиях часто ошибочно считается дальтонидом, при этом ему приписывается формула A . A^* может быть получено разложением соли B в инертной атмосфере (*р-ция 2*), при этом окончательный состав A^* может зависеть как от температуры, так и от остаточного давления газа X . При растворении образца A^* в разбавленной кислоте Y получен раствор двух солей B и Г в мольном соотношении 1 : 7 (*р-ция 3*). Соль Г выпадает из водного раствора в виде кристаллогидрата Д , медленное нагревание которого в интервале $600-1000^\circ\text{C}$ на воздухе приводит к отгонке конденсата, содержащего кислоту Y , и красному твердому продукту Е (*р-ция 4*). В других условиях реакция A^* с Y приводит к образованию раствора соли B (*р-ция 5*) и сопровождается выделением газа.

Информация о массовой доле катиона металла в солях:

| | Б | В | Г |
|-------------------------|----------|----------|----------|
| $\omega(\text{катион})$ | 41.2% | 28.0% | 36.8% |

2. Определите зашифрованные в условии вещества $\text{A} - \text{Е}$, X , Y , решение обоснуйте. Для A^* используйте молекулярную формулу, содержащую один атом неметалла, а нестехиометрическое содержание металла в формуле выразите

индексом в виде десятичной дроби. Запишите уравнения реакций 2 – 5.

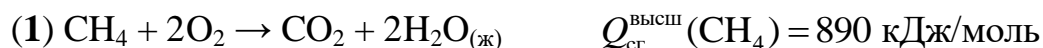
Рассмотрим A^* как твердый раствор двух дальтони́дов – A и $Ж$.

3. Определите массовые доли этих дальтони́дов в бертоллите A^* .

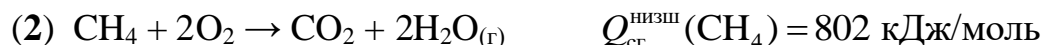
Задача 9-5

Высшая и низшая теплота сгорания

Одной из важнейших характеристик топлив и горючих химических веществ является теплота сгорания. При этом для ряда веществ выделяют две теплоты сгорания: высшую и низшую, разница между которыми объясняется разными агрегатными состояниями образующейся воды. Например, для метана высшая теплота сгорания соответствует реакции (1):



А низшая теплота сгорания этого вещества – реакции (2):



1. Вычислите молярную теплоту испарения воды.
2. Приведите формулы трёх веществ, для которых не будет наблюдаться разницы между низшей и высшей теплотами сгорания.

Стандартные теплоты образования ацетилена (C_2H_2), углекислого газа и жидкой воды равны -227 , $+396$ и $+286$ кДж/моль, соответственно.

3. Вычислите высшую и низшую теплоту сгорания ацетилена (на 1 моль C_2H_2).

Высшая молярная теплота сгорания газообразного гексана C_6H_{14} на 7.9 % превышает низшую теплоту сгорания.

4. Запишите уравнение реакции сгорания гексана и вычислите высшую и низшую теплоту сгорания этого вещества.

Удельные высшая и низшая теплоты сгорания некоторого углеводорода состава C_xH_y составляют 46.91 кДж/г и 44.32 кДж/г соответственно.

5. Установите простейшую формулу неизвестного углеводорода, приведите уравнение реакции его сгорания и рассчитайте его высшую и низшую теплоты сгорания в кДж/моль.