

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. $\alpha\lambda\phi\acute{o}\varsigma$; 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 .

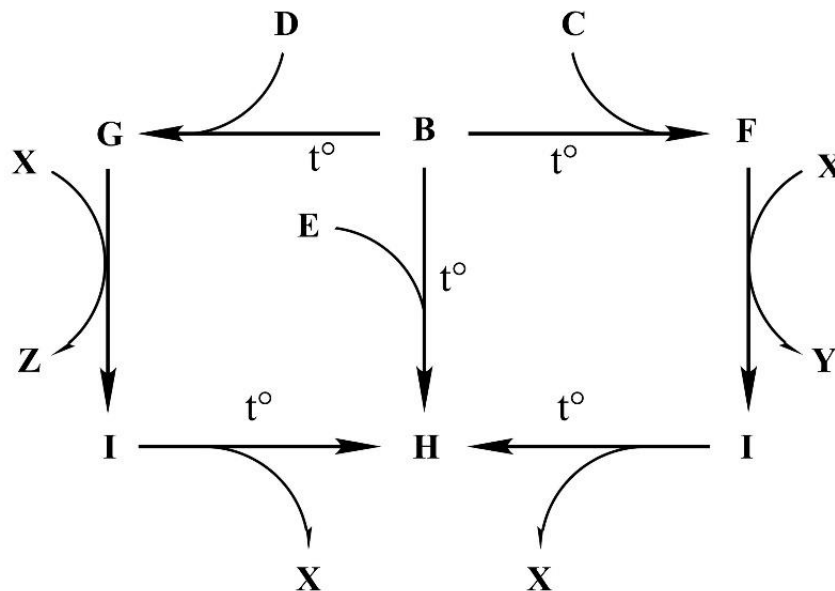
5. Как называются расплавы с наименьшей температурой кристаллизации?

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 бертоллиды

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°C на воздухе приводит к отгонке конденсата, содержащего кислоту Y , и красному твердому продукту E (*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 $\text{A} - \text{E}$, 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.

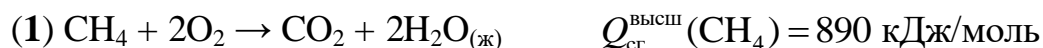
Рассмотрим A^* как твердый раствор двух дальтони́дов – A и $Ж$.

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

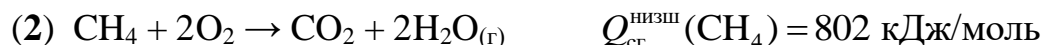
Задача 9-5

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.

ДЛЯ УЧАСТНИКОВ
(теоретическая часть экспериментального тура)

Лист 1

9 КЛАСС

Молодой учитель Колбочкин за несколько дней до проведения самостоятельной работы по химии в 9 классе приготовил в девяти различных пробирках водные растворы следующих веществ: HCl , NaOH , KI , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , BaCl_2 , NH_4Cl , ZnCl_2 , AlCl_3 . Нерадивый двоечник Вороночкин, узнав о предстоящей самостоятельной работе, решил сорвать урок. С этой целью он стер все надписи на пробирках, переставил их в другом порядке и заново пронумеровал.

Теоретические задания:

1. Из перечня, приведенного выше, выберите вещества:

- а) водные растворы которых имеют кислую реакцию среды;
- б) водные растворы которых имеют щелочную реакцию среды;
- в) водные растворы которых имеют нейтральную реакцию среды;
- г) обладающие выраженными восстановительными свойствами.

Для любого из веществ, перечисленных Вами в пункте «г», приведите одно уравнение реакции, подтверждающее наличие у вещества выраженных восстановительных свойств.

2. Объясните, почему дистиллированная вода, которая обычно используется в лабораториях для приготовления растворов, имеет слабокислую реакцию среды?

3. Напишите 10 уравнений реакций, которые могут протекать только между идентифицируемыми веществами (без участия дополнительных реагентов).

ДЛЯ УЧАСТНИКОВ
(практическая часть экспериментального тура)

Лист 2

9 КЛАСС

Молодой учитель Колбочкин за несколько дней до проведения самостоятельной работы по химии в 9 классе приготовил в девяти различных пробирках водные растворы следующих веществ: HCl , NaOH , KI , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , BaCl_2 , NH_4Cl , ZnCl_2 , AlCl_3 . Нерадивый двоечник Вороночкин, узнав о предстоящей самостоятельной работе, решил сорвать урок. С этой целью он стер все надписи на пробирках, переставил их в другом порядке и заново пронумеровал.

Вспомогательные реагенты:

- Аммиак водный NH_3 водн., 2 М раствор.
- Дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 0.01 М раствор.
- Универсальная индикаторная бумага.

Оборудование:

- Водяная баня – 1 шт. на 3–4 участника.
- Штатив на 10 пробирок – 2 шт.
- Пробирки с анализируемыми растворами – 9 шт.
- Пустые пробирки – 10 шт.
- Пипетка Пастера – 2 шт.
- стакан с дистиллированной водой для промывания пипетки – 1 шт.
- стакан для слива – 1 шт.

Практические задания:

4. Используя предложенное Вам оборудование, растворы вспомогательных реагентов и анализируемых веществ идентифицируйте содержимое всех пробирок.
5. Заполните приведенную таблицу. Укажите в ней аналитические признаки (выпадение или растворение осадка, изменение цвета раствора, выделение газообразных веществ), которые будут наблюдаться при взаимодействии растворов идентифицируемых веществ друг с другом.
6. Подробно запишите весь ход проведения эксперимента и уравнения реакций, которые позволили Вам однозначно провести идентификацию веществ.

Таблица к практическому заданию № 5

	HCl	NaOH	KI	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	BaCl ₂	NH ₄ Cl	ZnCl ₂	AlCl ₃
HCl	—								
NaOH		—							
KI			—						
Na ₂ SO ₄				—					
Na ₂ CO ₃					—				
BaCl ₂						—			
NH ₄ Cl							—		
ZnCl ₂								—	
AlCl ₃									—