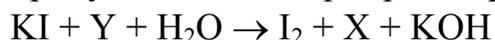


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2017–2018 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

**Задания, ответы и критерии оценивания**

**Задача 1. Два газа**

Два газа X и Y способны взаимно превращаться друг в друга. Оба они встречаются в природе, оба поддерживают горение тлеющей лучинки. Газ Y в отличие от газа X вызывает потемнение серебряной пластинки. Газ X образуется из газа Y при пропускании его через раствор иодида калия KI:



Назовите газы X и Y. Составьте уравнение записанной выше реакции. Какую роль играет газ Y в верхних слоях земной атмосферы? Запишите уравнение реакции газа Y с серебряной пластинкой, если известно, что продуктами её являются газ X и вещество Z, содержащее 87,1 % серебра по массе.

**Задача 2. Соединения с водородом**

Некоторый элемент X образует несколько соединений с водородом, в каждом из которых он четырёхвалентен. Все эти соединения легко воспламеняются на воздухе, гидролизуются водой до оксида, а при нагревании разлагаются на простые вещества.

В простейшем соединении массовая доля водорода равна 12,5 %. Установите его формулу (не забудьте привести расчёты) и напишите уравнения трёх перечисленных выше реакций с его участием.

Напишите формулу водородного соединения X, которое содержит 8 атомов водорода.

**Задача 3. Свойства неизвестного газа**

Через склянки, содержащие растворы сульфата меди (II), нитрата серебра (I) и гидроксида калия пропустили неизвестный газ, имеющий неприятный запах и образующийся при разложении белков. В двух склянках выпал осадок, а в одной – нет.

- 1) Какой газ пропускали через растворы солей?
- 2) Осадки каких веществ выпали из растворов? Напишите уравнения реакций, протекающих во всех склянках.
- 3) Приведите два разных способа получения неизвестного газа в химической лаборатории.

**Задача 4. Хорошо растворимый газ**

В воде растворили 33 л неизвестного газа и получили 250 г раствора. Если в том же количестве воды растворить в три раза больше газа, образуется раствор массой 300 г.

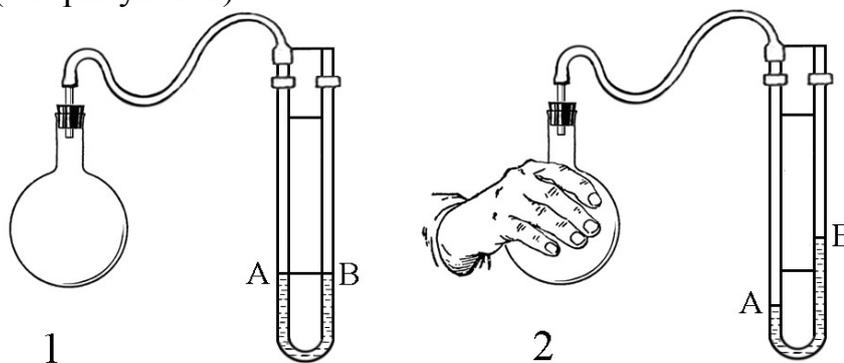
- 1) Определите массовые доли растворённого вещества в каждом из растворов.
- 2) Найдите массу воды, взятой для растворения.
- 3) Определите неизвестный газ, если известно, что объёмы измерены при нормальных условиях. Все необходимые расчёты запишите.

### Задача 5. Ионное соединение без металлов

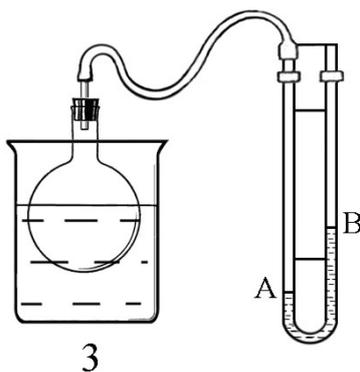
Вещество состава  $\text{CNH}_5\text{O}_3$  представляет собой бесцветные кристаллы, водный раствор которых хорошо проводит электрический ток. При добавлении соляной кислоты к этому веществу выделяется бесцветный газ, вызывающий помутнение известковой воды. Назовите неизвестное вещество и изобразите структуру его формульной единицы. Назовите виды связей, присутствующие в этом соединении. Запишите уравнения описанных реакций.

### Задача 6. Расширение и сжатие газа

С помощью шланга пустую колбу герметично присоединили к U-образной трубке, в которую налили некоторое количество воды (см. рисунок 1). Уровень воды в обоих коленах трубки (А и В) был одинаковым. Когда колбу плотно обхватили рукой, то уровень воды в колене А понизился, а в колене В повысился (см. рисунок 2).



- 1) Почему изменяется уровень воды в U-образной трубке, когда колбу обхватывают рукой?
- 2) Что можно сделать (разбирать прибор не разрешается), чтобы уровень воды в трубке изменился обратным образом: в колене А поднялся, а в колене В – опустился?
- 3) Данный прибор является аналогом термоскопа, созданного великим итальянским учёным Галилео Галилеем. Предположите, с какой целью Г. Галилей использовал термоскоп. Прообразом какого современного прибора является термоскоп?
- 4) Небольшое количество некоторого вещества внесли в стакан с водой и начали растворять. В этот же стакан опустили расширенную часть колбы (см. рисунок 3). Уровень воды в U-образной трубке изменился так, как показано на рисунке.



Объясните данный эффект. Приведите примеры двух веществ, при растворении которых будет наблюдаться подобное изменение уровня воды в U-образной трубке, и двух веществ, растворение которых сопровождается обратным эффектом.

5) Замечено, что при растворении некоторых безводных веществ (например,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и соответствующих кристаллогидратов ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) наблюдаются прямо противоположные тепловые эффекты.

При растворении каких солей – безводных ( $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) или соответствующих кристаллогидратов – будет наблюдаться изменение уровня воды в U-образной трубке, показанное на рисунке 3? Предложите возможное объяснение данной закономерности.

### 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. Два газа

##### Решение:

Газы X и Y – это кислород O<sub>2</sub> и озон O<sub>3</sub>. 4 балла



Озоновый слой в стратосфере поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца и предохраняет от него поверхность Земли и её обитателей. 1 балл

Найдём формулу вещества Z.

$$Ag : O = (87,1/108) : (12,9/16) = 1 : 1.$$

Простейшая формула – AgO. 2 балла

Уравнение реакции:



**Итого 10 баллов**

#### Задача 2. Соединения с водородом

##### Решение:

Общая формула гидридов четырёхвалентных элементов: XH<sub>4</sub>. 1 балл

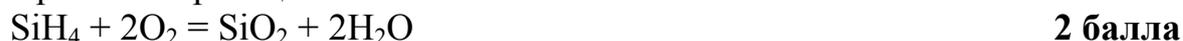
Массовая доля водорода:

$$\omega(H) = 4 / (4 + M(X)) = 0,125,$$

откуда M(X) = 28 г/моль. X – кремний,

формула простейшего водородного соединения – SiH<sub>4</sub> 2 балла

Уравнения реакций:



*(за каждое уравнение – 1 балл, если неверные коэффициенты. Если уравнения записаны в общем виде, без указания элемента Si, ставится полный балл)*

Формула другого водородного соединения – Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 1 балл

**Итого 10 баллов**

#### Задача 3. Свойства неизвестного газа

##### Решение:

1) Газ, образующийся при разложении белков и имеющий неприятный запах, – сероводород H<sub>2</sub>S. 2 балла

2) При взаимодействии с сероводородом соли образуют соответствующие сульфиды металлов, имеющие тёмную окраску, а в растворе гидроксида калия происходит реакция нейтрализации, осадок не образуется:



принимается также KOH + H<sub>2</sub>S = KHS + H<sub>2</sub>O

(если реакция не уравнена – 1 балл из 2-х)

3) В химической лаборатории сероводород можно получить действием раствора серной кислоты или соляной кислотой на сульфиды металлов, чаще всего используют сульфид железа (II):



Реже используют прямой синтез – взаимодействие кипящей серы с водородом:



**Итого 10 баллов**

#### Задача 4. Хорошо растворимый газ

**Решение:**

1) Сравнив первый и второй растворы, находим, что 66 л газа весят 50 г. Следовательно, 33 л газа весят 25 г. В первом растворе содержалось 25 г газообразного вещества, а во втором – в 3 раза больше, 75 г. Массовые доли:

$$\omega_1 = 25 / 250 = 0,1 = 10 \% \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

$$\omega_2 = 75 / 300 = 0,25 = 25 \% \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

2) Масса воды в обоих растворах – одна и та же:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 250 - 25 = 300 - 75 = 225 \text{ г} \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

3) Составим пропорцию:

$$33 \text{ л газа весят } 25 \text{ г}$$

$$22,4 \text{ л газа весят } M \text{ г}$$

$$M = 25 \cdot 22,4 / 33 = 17 \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

Неизвестный газ – аммиак,  $\text{NH}_3$ .  $\mathbf{1 \text{ балл}}$

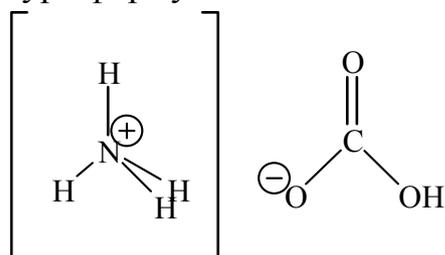
**Итого 10 баллов**

#### Задача 5. Ионное соединение без металлов

**Решение:**

Судя по описанию свойств, вещество представляет собой соль угольной кислоты. В роли катиона в ней выступает ион аммония. Формула вещества –  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Это гидрокарбонат аммония.  $\mathbf{2 \text{ балла}}$

Структура формульной единицы:



**3 балла**

(по 1,5 балла за каждый ион)

В соединении присутствуют ионная и ковалентная связи.

**1 балл**

Уравнения реакций:



**Итого 10 баллов**

### **Задача 6. Расширение и сжатие газа**

#### **Решение:**

1) От тепла руки нагреваются стенки колбы и воздух внутри колбы. При нагревании газы расширяются, их объём увеличивается. Воздух сильнее давит на столб воды в колене А, поэтому её уровень понижается, а в колене В – повышается. **1 балл**

2) Можно охладить колбу, используя снег, лёд или холодную воду. В этом случае давление воздуха в колбе уменьшится. Воздух будет слабее давить на столб воды в колене А, поэтому её уровень повысится, а в колене В – понизится. **1 балл**

3) Термоскоп использовался для регистрации изменения температуры. Термоскоп — прообраз современного термометра. **2 балла**

4) Наблюдаемый эффект можно объяснить тем, что при растворении вещества выделяется тепловая энергия, в результате чего раствор разогревается. С выделением тепла растворяются многие вещества, например, серная кислота, гидроксид натрия. **2 балла**

Примеры веществ, растворение которых является эндотермическим процессом: нитрат калия, нитрат аммония. **2 балла**

5) Растворение безводных солей:  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  является экзотермическим, поэтому будет наблюдаться такое изменение уровня воды в U-образной трубке, как это показано на рисунке 3.

При растворении вещества в воде происходят следующие процессы: разрушение структуры растворяемого вещества (разрываются связи, энергия затрачивается) и гидратация, т.е. взаимодействие молекул воды с частицами растворенного вещества (образуются новые связи, энергия выделяется). В зависимости от соотношения этих тепловых эффектов процесс растворения вещества может быть эндо- или экзотермическим.

При растворении рассмотренных безводных солей энергия гидратации весьма велика (эти соли образуют устойчивые кристаллогидраты), она превышает энергию, необходимую для разрушения кристаллических решеток. **2 балла**

**Итого 10 баллов**