

Заключительный этап. Теоретический тур

8 класс

№ 1

1) Определим формулу вещества **Z**. Для этого определим процентное содержание щелочного металла в соли: $100 - 25.39 - 38.09 = 36.52\%$. Обозначим металл как **M**, тогда формула соли $M_xS_yO_z$. Определим коэффициенты:

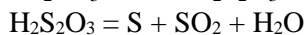
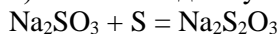
$$x : y : z = \frac{36.52}{M(M)} : \frac{25.39}{32} : \frac{38.09}{16} = \frac{36.52}{M(M)} : 0.79 : 2.38 = \frac{46.228}{M(M)} : 1 : 3.$$

Составим таблицу для определения металла:

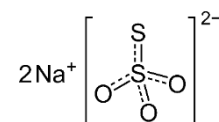
Металл	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
Молярная масса	7	23	39	85	133	223
$\frac{46.228}{M(M)}$	6.6	2.0	1.2	0.5	0.3	0.2

Таким образом, искомый металл – натрий, а соль **Z** имеет формулу Na_2SO_3 . Т.к. искомая кислота – трёхэлементная, то и её соль тоже. Тогда её получают реакцией с серой (**N**) или кислородом. С кислородом реакция протекает в отношении $2 : 1$ с получением сульфата, следовательно, не подходит по условию. Тогда вещество **X** получают по реакции сульфита с серой, тогда **X** – $Na_2S_2O_3$. Соответственно **Y** – $H_2S_2O_3$.

2) В тексте задачи упомянуты 2 реакции: получения вещества **X** и разложения вещества **Y**.



3) По международной номенклатуре вещество **X** называется тиосульфат натрия. Применяется в фотографии при проявке, в иодометрическом титровании и фармацевтике (любые две сферы). Структурная формула:



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Формула вещества с обоснованием расчетом Z – 2 балла
<i>без обоснования – 1 балл</i> | 2 балла |
| 2. Рассуждения о сере и кислороде, формула N по 0.5 балла | 1 балл |
| 3. Формулы веществ X и Y по 1 баллу | 2 балла |
| 4. Уравнения реакций по 1 баллу | 2 балла |
| 5. Название вещества – 0.5 балла, структурная формула – 1.5 балла | 2 балла |
| 6. Области применения по 0.5 балла | 1 балл |
| | 10 баллов |

№ 2

										¹ Х										⁹ Н
										о										а
										л										т
										⁷ ф	о	с	ф	о	р					
										д										и
										и										й
										³ с		⁸ с	л							
										⁶ т	и	г	е	л	ь					
										⁴ а	у		л	н						
										з	п	е	и							
										⁵ х	о	к		н	¹⁰ к	о	л	б	а	
										² б	ю	р	е	т	к	а				
										о										
										м										

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| 1. Каждый правильный ответ по 1 баллу | 10 баллов |
| ИТОГО: | 10 баллов |

№ 3

Определение веществ **A** и **B**. Совокупность информации о химических свойствах **A** вкупе с температурой кипения и замерзания позволяет сделать вывод о том, что это вещество – вода (H_2O). Подтверждение можно найти в относительной плотности паров по воздуху:

$$M(A) = D_{N_2} \cdot M(N_2) = 28 \cdot 0.643 = 18 \text{ г/моль}$$

Схожесть химических свойств при отличающихся физических, а также метод получения, должны натолкнуть на мысль, что вещество **B** – это тяжелая вода (D_2O). Такое предположение подтверждается аналогичным расчетом:

$$M(B) = D_{N_2} \cdot M(N_2) = 28 \cdot 0.714 = 20 \text{ г/моль}$$

Варианты с перекисью водорода отсекаются отсутствием взаимодействия с перманганатом калия, а также молярными массами.

Газ **C** с запахом тухлых яиц – сероводород, однако при вычислении молярной массы получаем ее на 1 г/моль больше, чем в H_2S . Отсюда необходимо сделать вывод, что это изотопно-замещенный вариант HDS . Вещество **E** – HDO , вещество **D** – H_2S

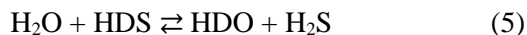
Уравнения реакций, упомянутые в задаче:



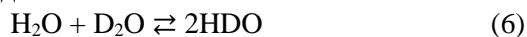
Уравнения электролиза:



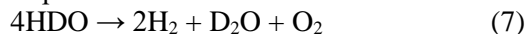
Равновесие сероводородного обмена:



Уравнение обмена тяжелой воды с обычной:



Вещество **E**, однократно изотопно-замещенная вода HDO при электролизе в первую очередь выделяет водород H_2 – данное явление называется изотопным эффектом. Именно это явление лежит в основе процесса обогащения воды дейтерием.



Причина различий в физических свойствах тяжелой и легкой воды лежит в существовании различных стабильных изотопов водорода в природе – протия и дейтерия. При этом различия в химических свойствах объясняются изотопным эффектом из-за того, что масса атома протия в два раза меньше массы атома дейтерия.

В быту тяжелая вода получена быть не может. Бытует мнение, что при многократном кипячении воды в чайнике там накапливается тяжелая вода, однако её содержание слишком мало, а разница в температурах кипения тяжелой и обычной воды слишком мала, чтобы тяжелая вода накопилась в сколько-то заметном количестве.

Рекомендации к оцениванию:

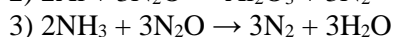
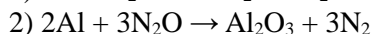
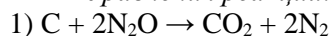
- | | |
|--|-----------|
| 1. Молекулярные и структурные формулы A – E по 0.5 балла | 5 баллов |
| 2. Уравнения реакций по 0.5 балла | 3.5 балла |
| 3. Указание на существование изотопов водорода – 0.5 балла | 1.5 балла |
| Объяснение невозможности получения B в быту – 1 балл | |

ИТОГО: 10 баллов

№ 4

Учитывая, что соединение **X** – бинарное, а также, что оно разлагается на простые вещества, входящие в состав воздуха, очевидно, что речь идет о каком-то оксиде азота. В совокупности с данными о невозможности взаимодействия с кислотами и щелочами, а также применением в медицине, **X** – N_2O . В пищевой промышленности оксид азота (I) используется в качестве пропеллента (например, для изготовления взбитых сливок).

Уравнения реакций:



Пусть через 1 л воды пропустили 1 л (н.у.) N_2O . Растворимость оксида азота (I) составляет 118 мг / 100 г воды. В 1 л воды (1000 г) растворится $118 \cdot 10 = 1180 \text{ мг} = 1.18 \text{ г } N_2O$.

$$v(N_2O) = \frac{1.18}{44} = 0.0268 \text{ моль}$$

$$V(N_2O) = 0.0268 \cdot 22.4 = 0.6 \text{ л}$$

Таким образом, поглотится $\frac{0.6}{1} = 0.6$ (**60 %**) оксида азота (I).

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|----------|
| 1. Формула вещества X – 1 балл | 1 балл |
| 2. Уравнения <i>реакций</i> 1 – 3 по 1 баллу | 5 баллов |
| Уравнение <i>реакции</i> 4 – 2 балла | |
| 3. Обоснование использования в пищевой промышленности – 1 балл | 1 балл |
| 2. Расчет части поглощаемого газа (об. %) – 3 балла | 3 балла |
| <i>при верном решении с арифметической ошибкой или отсутствии указания размерностей в промежуточных вычислениях – 1.5 балла</i> | |

ИТОГО: 10 баллов

№ 5

1) Пусть в соединении **A** – n атомов цинка, тогда:

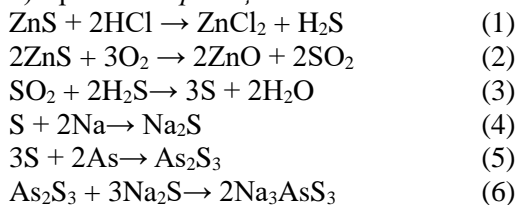
$$\omega(Zn) = \frac{65n}{M(A)} = 0.671$$

откуда $M(A) = 97n$

n	1	2	3
M(A)	97	194	291
M(A) – 65n	32	64	96

Единственный подходящий вариант, когда на остаток приходится 32 г/моль, следовательно, соединение **A** – ZnS. Дальнейшие превращения запишем в виде уравнений реакций.

2) Уравнения *реакций* 1 – 6:



A	B	C	D	E	F	X
ZnS	SO ₂	H ₂ S	Na ₂ S	As ₂ S ₃	Na ₃ AsS ₃	S

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|----------|
| 1. Формулы A – F, X – по 1 баллу | 7 баллов |
| 2. Уравнения реакций по 0.5 балла | 3 балла |

ИТОГО: 10 баллов

№ 6

1) Различные плотности азота по результатам двух разных способов его получения свидетельствуют о том, что продукты этих двух разных способов не одни и те же, и имеют различный состав. В результате разложения нитрита получается чистый азот, в то время как в воздухе, после удаления кислорода, помимо азота присутствуют и другие газы, пусть и в малых количествах.

2) Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для идеального газа:

$$pV = nRT; n = \frac{m}{M}, \text{ где } m - \text{масса газа, } M - \text{молярная масса газа.}$$

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad p = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \frac{\rho RT}{M}, \rho - \text{плотность газа}$$

$$M = \frac{\rho RT}{p}$$

Получаем выражение, по которому, зная плотность, можно найти молярную массу газа. Для двух плотностей, указанных в задаче получаем:

$$M = \frac{1.2565 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 0.08314 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273.15 \text{ К}}{101325 \text{ Па}} = 28.162 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ для азота, полученного из воздуха}$$

$$M = \frac{1.2493 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 0.08314 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273.15 \text{ К}}{101325 \text{ Па}} = 28.000 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ для азота, полученного из нитрита аммония}$$

Видно, что в случае азота из воздуха молярная масса больше той, которая ожидается для азота, в то же время, в опыте с получением азота путем разложения нитрита молярная масса соответствует чистому азоту. Это означает, что в азоте, полученном из воздуха, есть более тяжелая примесь. Тогда после удаления кислорода из воздуха остается не чистый азот, а смесь азота с еще каким-то газом, который в дальнейшем мы обозначим как X.

Средняя молярная масса M смеси, в таком случае, вычисляется по формуле:

$$M = M(N_2)\varphi(N_2) + M(X)\varphi(X)$$

$M(N_2), M(X)$ – молярная масс азота и примеси,

$\varphi(N_2), \varphi(X)$ – объемные доли азота и примеси.

Из этого выражения можно найти $M(X)$:

$$M(X) = \frac{M - M(N_2)\varphi(N_2)}{\varphi(X)}$$

Выше мы уже вычислили молярную массу «азота», который на самом деле смесь азота с примесью X, то есть M , в выражении выше, известно. Молярная масса азота тоже известна. Остается определиться с объемными долями азота и примеси в смеси. В условии задачи даны объемные доли кислорода и азота. Их сумма не равна 100%, а равна 99%, 1% как раз приходится на примесь X. Плотность в 1.2565 г/л соответствует азоту с примесью другого газа, когда объемные доли азота и примеси уже не равны 78% и 1% соответственно, их нужно пересчитать.

$$\varphi(N_2) = \frac{0.78}{0.78 + 0.01} = 0.9873$$

$$\varphi(X) = 1 - \varphi(N_2) = 0.0127$$

Теперь, когда известны объемные доли азота и примеси в смеси, можно найти молярную массу примеси из уравнения выше.

$$M(X) = \frac{28.16 - 28.01 \cdot 0.9873}{0.0127} = 39.82 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Данная молярная масса соответствует аргону. В результате мы пришли к выводу, что в состав воздуха входит 1% аргона по объему.

Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|----|---|---------|
| 1. | Указание на третий компонент в воздухе помимо N_2 и O_2 | 2 балла |
| 2. | Расчет средних молярных масс для двух путей получения азота по 1 баллу за каждую молярную массу
<i>допускается выход на молярные массы через уравнение $M = \rho V_M$</i> | 2 балла |
| 3. | Вычисление объемных долей азота и примеси в воздухе после удаления кислорода по 1 баллу за каждую объемную долю | 2 балла |
| 4. | Вычисление молярной массы примеси | 2 балла |
| 5. | Указание на аргон с предшествующим этому расчетом. В качестве расчета засчитывается численная проверка догадки о том, что недостающий 1% соответствует аргону. Без расчёта 0 баллов | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов