

Задача 1. Биогенный кроссворд

1. Медь
2. Мочевина
3. Железо
4. Кислород
5. Кальций
6. Фтор
7. Калий
8. Магний
9. Иод
10. Соляная

Система оценивания:

1. Ответы *по 2.5 балла*

25 баллов

ИТОГО 25 баллов

Задача 2. Жидкое простое вещество

1. При чтении текста задачи внимание решающего сразу падает на два элемента из таблицы Менделеева, образующих простые вещества, находящиеся в жидком состоянии при комнатной температуре – ртуть Hg и бром Br.

Определить, какой из этих элементов зашифрован, помогают множество подсказок, к примеру: *«Вещество А представляет собой летучую тяжелую жидкость, крайне ядовитую, при нагревании переходящую в пары, раздражающие дыхательные пути»*. Ртуть хоть и соответствует многим этим характеристикам, ее пары в начале воздействия практически не раздражают органы дыхания, а симптомы отравления возникают через несколько часов. Кроме этого, догадаться до брома можно и из представленных в задаче описаний химических свойств элемента, большинство из которых ртуть не проявляет.

Таким образом, зашифрованный элемент и вещества:

X – Br

Y – O₂

Z – CO₂

A – Br₂

Б – HBr

В – HBrO

Г – AuBr₃

Д – S₂Br₂

Е – PBr₃

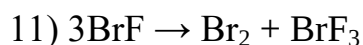
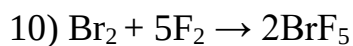
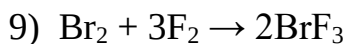
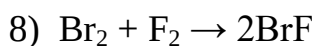
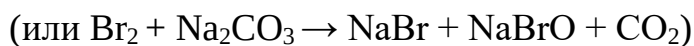
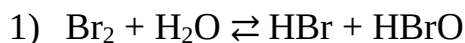
Ж – PBr₅

З – BrF

И – BrF₃

К – BrF₅

2. Уравнения реакций (реакции с неверными коэффициентами, но верными веществами оцениваются половиной от возможного балла):



Система оценивания:

1. Элемент X 2 балла

14 баллов

Вещества Y, Z, A-K по 1 баллу

2. Уравнения реакций 1-11 по 1 баллу

11 баллов

ИТОГО 25 баллов

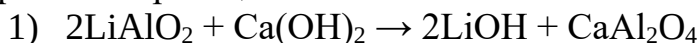
Задача 3. Литий

1. Вещество **A** – алюминат лития LiAlO_2

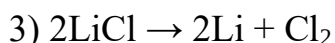
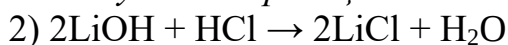
Определить входящие в него элементы можно, заметив, что в перечисленных в задаче продуктах прокаливания оксида кальция с сподуменом нет алюминия и лития, соответственно они находятся в составе искомого вещества. После этого необходимо определить число атомов кислорода в **A**, используя данную массовую долю кислорода в веществе:

$$\frac{16 \cdot x}{16 \cdot x + 7 + 27} = 0,48, \text{ где } x - \text{число атомов кислорода; откуда } x = 2$$

2. Уравнения реакций:



(в этой реакции с алюминатом взаимодействует гидроксид кальция, получаемый реакцией воды с избытком оксида кальция после спекания)



3. Металл **Me** – Fe

Вещество **B** – LiFePO_4

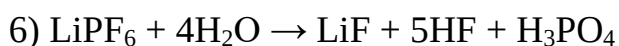
Вещество **B** – LiPF_6

Определить металл **Me** помогают его степени окисления, показанные в реакциях процесса зарядки-разрядки аккумулятора, а также расчет его атомной массы исходя из содержания воды в гептагидрате его сульфата:

$$\frac{18 \cdot 7}{18 \cdot 7 + x + 32 + 16 \cdot 4} = 0,4532, \text{ где } x - \text{молярная масса } \mathbf{Me}; \text{ откуда } x = 56, \text{ что соответствует атомной массе железа Fe.}$$

Вещество **B** производится путем реакции пентахлорида фосфора с фтороводородом и фторидом лития. Ввиду того, что в конечном продукте фосфор сохраняет свою степень окисления, а также того, что вещество **B** выступает в качестве электролита для LiFePO_4 , продукт в указанных условиях реакции – гексафторфосфат лития LiPF_6 .

4. Уравнения реакций:



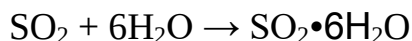
5. Температура среды напрямую влияет на химические реакции, происходящие в аккумуляторе, ускоряя или замедляя их, что приводит к снижению уровня электролита и отложению солей. Ввиду этого ёмкость аккумулятора снижается гораздо быстрее.

Система оценивания:

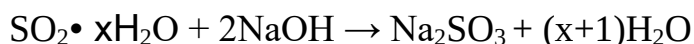
1. Вещество A	3 балла
2. Уравнения реакций 1-3 <i>по 2 балла</i>	6 баллов
3. Металл Me и вещества B и B <i>по 3 балла</i>	9 баллов
4. Уравнения реакций 4-6 <i>по 2 балла</i>	6 баллов
5. Объяснение, исходящее из влияния температуры на ход реакций в аккумуляторе	1 балл
ИТОГО 25 баллов	

Задача 4. Термохимия необычного вещества

1. При растворении сернистого газа в воде при обычных условиях образуется раствор сернистой кислоты H_2SO_3 . Однако при пониженных температурах, при которых вода находится в твердом состоянии, образуется соединение клатратного типа:



Расчёт числа молекул воды в составе клатрата можно произвести из уравнения реакции его взаимодействия с раствором щелочи:



Вычислим молярную массу клатрата, исходя из коэффициентов в реакции:

$$\frac{1}{0,731 \div (46 + 32 + 48)} = 172 \text{ г/моль}$$

Найдем молекулярную массу воды, входящей в состав клатрата:

$$172 - 32 - 32 = 108 \text{ г/моль}$$

Найдем количество молекул воды, исходя из ее молярной массы в клатрате:

$$\frac{108}{18} = 6 \text{ молекул, следовательно, вещество X} - \text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

Реакция взаимодействия клатрата с щелочью:



Соль Y, образующаяся при реакции с щелочью – Na_2SO_3 .

2. Найдем количество теплоты, выделяющейся в реакции сернистого газа и воды:

$$\Delta_f Q^\circ = \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{SO}_3) - \Delta_f Q^\circ(\text{SO}_2) - \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{O}) = 609 - 286 - 297 = 26 \text{ кДж/моль}$$

3. Найдем количество градусов, на которое нагреется смесь при растворении щелочи:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{200 \cdot 0,06}{40} = 0,3 \text{ моль}$$

При растворении 1 моль щелочи выделяется 42 кДж теплоты, значит при растворении 0,3 моль выделится $42 \cdot 0,3 = 12,6 \text{ кДж} = 12600 \text{ Дж}$

Следовательно, температура раствора поднимется на:

$$\Delta t = \frac{12600}{4200 \cdot 0,2} = 15 \text{ градусов.}$$

4. Найдем тепловой эффект реакции растворения клатрата в щелочи. Для начала найдем теплоты образования участвующих в реакции веществ, исходя из данных представленных в таблице:

$$\Delta_f Q^\circ(\text{NaOH}) = \Delta_f Q^\circ(\text{NaOH}_{(\text{aq})}) - \Delta_f Q^\circ(\text{NaOH}_{(\text{тв})}) = 42 + 427 = 469 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f Q^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}) = \Delta_f Q^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}) - \Delta_f Q^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{тв})}) = 11 + 950 = 961 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f Q^\circ(\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \Delta_f Q^\circ(\text{SO}_{2(\text{г})}) + 6 \cdot \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) + \Delta_f Q^\circ(\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}) = 297 + 6 \cdot 286 + 24 = 2037 \text{ кДж/моль}$$

Теперь найдем тепловой эффект указанной реакции:

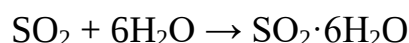
$$\Delta_r Q^\circ = \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}) + 7 \cdot \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - \Delta_f Q^\circ(\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}) - 2 \cdot \Delta_f Q^\circ(\text{NaOH}_{(\text{aq})}) = 961 + 7 \cdot 286 - 2037 - 2 \cdot 469 = -12 \text{ кДж/моль}$$

Если определить вещества **X** и **Y** не удалось, получится следующий расчет:

$$\Delta_r Q^\circ = \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}) + \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - \Delta_f Q^\circ(\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}) - \Delta_f Q^\circ(\text{NaOH}_{(\text{aq})}) = 961 + 286 - 2037 - 469 = -1539 \text{ кДж/моль}$$

5. Вещество **X** относится к классу клатратов — соединений включения. Клатраты образуются путём включения молекул вещества — «гостя», в полости кристаллической решётки, составленной из молекул другого типа — «хозяев».

Уравнения реакций:



Система оценивания:

- | | |
|--|------------------|
| 1. Вещества X и Y по 2 балла | 4 балла |
| 2-4. Расчеты величин по 6 баллов | 18 баллов |
| 5. Определение класса вещества X и уравнения реакций по 1 баллу | 3 балла |

ИТОГО 25 баллов