

2. КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ ОЛИМПИАДЫ

Второй (заключительный) этап олимпиады по химии Многопредметной олимпиады «Юные таланты» состоит из трех туров: отборочного и двух финальных – теоретического и экспериментального.

Максимально возможное количество баллов, которое может набрать участник за отборочный тур – 50. К участию в финальных (теоретическом и экспериментальном) турах допускаются участники, выполнившие работы отборочного тура и набравшие суммарно **не менее 15 баллов**, включая победителей и призеров олимпиады предыдущего года. Баллы отборочного тура не суммируются с баллами финальных туров.

Максимально возможное количество баллов, которое может набрать участник в финальных турах – 70, из которых 50 – за теоретический тур, а 20 – за экспериментальный тур.

Победителями олимпиады могут стать участники, имеющие не менее 50 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 85% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

Призерами олимпиады (2 степень) могут стать участники, имеющие не менее 40 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 65% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

Призерами олимпиады (3 степень) могут стать участники, имеющие не менее 32 баллов суммарно по финальным турам и балл которых составляет более 50% от максимально набранного балла в данной возрастной параллели.

3.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

3.2.1. Задания 9 класса

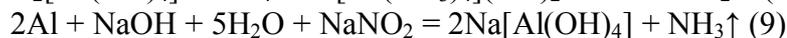
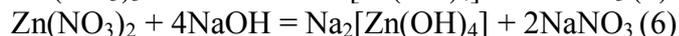
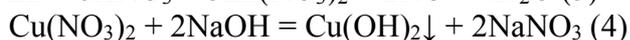
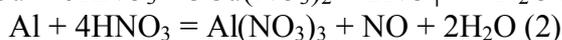
Задача №9-1

Металл А – алюминий, т.к. в избытке щелочи образует растворимый ион $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$. Кроме того не образует аммиакатов и осаждается раствором хлорида аммония. В наждачной бумаге представлен в виде корунда (Al_2O_3)

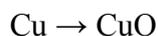
Металл Б – медь, т.к. входит в состав гемоцианина в виде иона Cu^{2+} , при этом растворы ионов этого металла в виде катиона имеют голубой цвет.

Металл В – цинк, т.к образует аммиакаты в отличие от алюминия. Кроме того сфалерит – это ZnS .

Газ Г – NO , т.к $M(\text{газа}) = M(\text{CO}_2) \cdot D = 44 \cdot 0,6818 = 30$ г/моль



При прокаливании вещества **Д** образуется CuO , при высушивании **Е** состав осадка не изменяется, то есть можно записать:



$$\frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{m(\text{CuO})}{M(\text{CuO})} \Rightarrow m(\text{Cu}) = M(\text{Cu}) * \frac{m(\text{CuO})}{M(\text{CuO})} = 63.5 * \frac{0.6220}{63.5+16} = 0.4968$$

$$w(\text{Cu}) = \frac{0.4968}{1.0000} \cdot 100 = 49,68\%$$



$$\frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{m(\text{Al}(\text{OH})_3)}{M(\text{Al}(\text{OH})_3)} \Rightarrow m(\text{Al}) = M(\text{Al}) * \frac{m(\text{Al}(\text{OH})_3)}{M(\text{Al}(\text{OH})_3)} = 27 * \frac{1.3}{27+3*17} = 0.4500$$

$$w(\text{Al}) = \frac{0.4500}{1.0000} \cdot 100 = 45,00\%$$

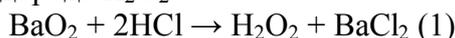
$$w(\text{Zn}) = 100 - 49,68 - 45 = 5,32\%$$

Разбалловка

Определение металлов А, Б, В	3x1 б. = 3 б.
Вещество Г	0,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (10)	10x0,5 б. = 5 б.
Расчет массовой доли металлов в сплаве	3x0,5 б. = 1,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

Вещество X – это пероксид водорода H₂O₂.



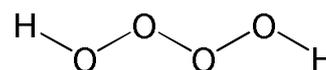
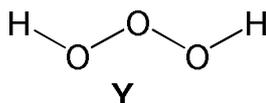
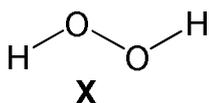
Так X, Y и Z вещества одного класса, то Y и Z должны содержать пероксидный мостик –O–O–. Предположим для Y и Z общую формулу H₂O_n. Для вещества Y:

$$\frac{16n}{2 + 16n} = 0,96, n = 3$$

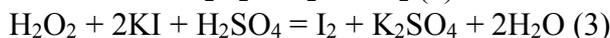
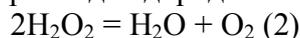


Для вещества Z:

$$\frac{16n}{2 + 16n} = 0,97, n = 4$$



Связь –O–O– непрочная, поэтому пероксид водорода и подобные ему соединения неустойчивы:



Вещество X в реакции (3) является окислителем, а в реакции (4) восстановителем

Варианты использования пероксида водорода.

- 1) Отбеливатель на текстильном производстве и при изготовлении бумаги.
- 2) Применяется как окислитель ракетного топлива.
- 3) Используется в качестве пенообразователя при производстве пористых материалов.
- 4) Разбавленные растворы перекиси водорода применяются для обработке небольших поверхностных ран.
- 5) Пероксид водорода применяется также для обесцвечивания волос.
- 6) 3%-ный раствор пероксида водорода используется в аквариумистике для оживления задохнувшейся рыбы, а также для очистки аквариумов и борьбы с нежелательной флорой и фауной в аквариуме.

Разбалловка

Определение веществ (брутто-формулы) X, Y, Z	3x1 б. = 3 б.
Структурные формулы X, Y, Z	3x0,5 б. = 1,5 б.
Уравнения реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Объяснение неустойчивости соединения X	0,5 б.
Примеры использования X (не менее трех, если указано хотя бы одно, то 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Газ Г имеет относительную плотность по гелию 16, то есть: $M(B) = 16 \cdot 4 = 64$ г/моль, это может быть SO_2 , что соответствует условиям задачи. Газ В выделяется из нерастворимой соли кальция при действии сильной кислоты. Тогда X (или Y) – $CaSO_3$.
Рассчитаем молярную массу газа Е:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{998 \cdot 8,314 \cdot 298}{123630,8} = 20,0 \text{ г/моль}$$

Полученная молярная масса отвечает фтороводороду (HF). Тогда Y (или X) – CaF_2 . Действительно, так как фтороводородная кислота является более сильной, чем сернистая, то реакция ионного обмена сульфита кальция легко протекает с соляной кислотой, а для фторида кальция требуется достаточно концентрированный раствор серной кислоты.

Очевидно вещество Б содержит 31,84% фтора. Пусть Б имеет формулу ЭF_n , где n – валентность Э. Тогда, если А – относительная атомная масса Э:

$$1:n = \frac{31,84}{19} : \frac{68,16}{A}$$

$$A = 40,67n$$

Если $n=1$, то $A = 40,67$ – близко к Ca, но он не может быть одновалентным;

$n=2$, то $A = 81,34$ – нет элемента;

$n=3$, то $A = 122,01$ – близко к Sb, удовлетворяет условию. Б – SbF_3 .

Так как гидролиз газа В действием раствора KOH приводит к образованию сульфита и фторида, то В должен содержать серу в степени окисления +4, кислород и фтор. Очевидно, что это тионилфторид – SOF_2 , что подтверждается расчетом:

$$w(O) = \frac{16}{32 + 16 + 2 \cdot 19} \cdot 100 = 18,60\%$$

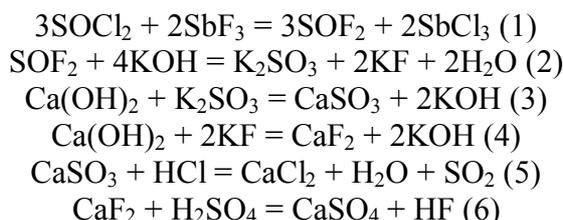
Так как строение А идентично строению В, то это его формула: $SO\text{Э}_2$:

$$w(\text{Э}) = \frac{16}{32 + 16 + 2A(\text{Э})} = 0,1345$$

$$A(\text{Э}) = 35,48 \text{ – это хлор}$$

Тогда А – тионилхлорид ($SOCl_2$)

Уравнения реакций:



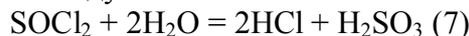
Неизвестные вещества:

А - SOCl₂В - SOF₂Д - CaSO₄Х - CaSO₃Б - SbF₃Г - SO₂

Е - HF

У - CaF₂

«Дымление» SOCl₂ обусловлено выделением хлороводорода в результате гидролиза тионилхлорида из-за влажности воздуха:



Разбалловка

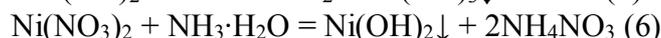
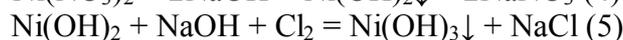
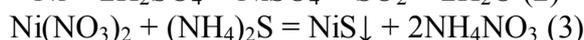
Определение веществ А, Б, В, Г, Е	5x1 б. = 5б.
Определение веществ Д, Х, У	3x0,5б. = 1,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (7)	7x0,5б. = 3,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Исходя из химических свойств металла Х, можно сделать следующие выводы:

1. Х обладает основными свойствами (не растворяется в избытке щелочи)
2. Для Х характерно несколько степеней окисления (окисляется хлором)
3. Х образует аммиачные комплексы.

Учитывая характерную окраску сульфида, гидроксидов и аммиачного комплекса можно сделать вывод о том, что **Х** – никель.



Маша определила плотность металла Х по закону Архимеда:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{133,5}{215 - 200} = 8,9 \text{ г/см}^3$$

Далее, выразив плотность через параметр элементарной ячейки (а) вычислила относительную атомную массу металла.

Приняв, что плотность металла равна отношению массы атомов металла в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки (V_{эя}) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{эя}}}$$

Так как мы имеем дело с кубической элементарной ячейкой, то $V_{\text{эя}} = a^3$

Массу атомов в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества атомов (Z) на массу одного атома, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношение массы 1 моля металла к числу атомов металла в 1 моле):

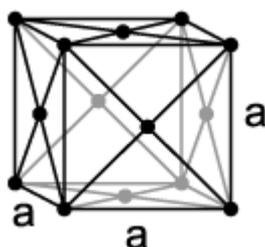
$$m = Z \frac{M}{N_A}$$

В результате получим:

$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^3} \left[\frac{\text{г/моль}}{1/\text{моль} \cdot \text{см}^3} = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right]$$

Вычислим M металла Х:

$$M = \frac{\rho N_A a^3}{Z} = \frac{8,9 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot (3,524 \cdot 10^{-8})^3}{4} = 58,62 \text{ г/моль}$$



При этом Z=4, так как атомы, лежащие в вершине ячейки, принадлежат ей на 1/8 (так как граничат с 8 ячейками) и таких атомов в ячейке 8.

Атомы, лежащие на грани, принадлежат ячейке на $1/2$, таких атомов 6. Поэтому $Z = 1/8 \cdot 8 + 1/2 \cdot 6 = 4$.

Найденная молярная масса подтверждает, что X – никель.

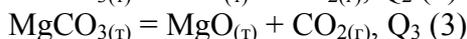
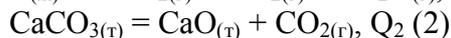
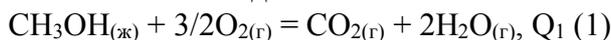
Применение никеля достаточно разнообразно:

- Никель является компонентом жаропрочных сплавов специального назначения, а также легирующим элементом для сталей;
- Соли никеля используются при создании защитных покрытий металлов от коррозии (никелирование);
- Никель используется при изготовлении современных аккумуляторов (никель-цинковых, никель-водородных и др.)
- В химии никель используется для приготовления катализаторов гидрирования (никель Ренея).

Разбалловка

Определение металла X	2 б.
Написание уравнений (1) – (7)	$7 \times 0,5б. = 3,5 б.$
Расчет плотности металла X по закону Архимеда	0,5 б.
Нахождение молярной массы металла из кристаллохимических данных	3 б.
Применение никеля (не менее 2х направлений)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5



$$Q_1 = 2Q(\text{H}_2\text{O}) + Q(\text{CO}_2) - Q(\text{CH}_3\text{OH}) = 2 \cdot 241,8 + 393,5 - 201,2 = 675,9 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_2 = Q(\text{CO}_2) + Q(\text{CaO}) - Q(\text{CaCO}_3) = 393,5 + 635,1 - 1206,0 = -177,4 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_3 = Q(\text{CO}_2) + Q(\text{MgO}) - Q(\text{MgCO}_3) = 393,5 + 601,2 - 1096,1 = -101,4 \text{ кДж/моль}$$

Так как в условии задачи не указаны условия при которых измерен объем выделившегося газа, то расчет производим исходя из затрат теплоты и общей массы известняка.

Пусть:

$$n(\text{CaCO}_3) = X \text{ моль}, M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{MgCO}_3) = Y \text{ моль}, m(\text{MgCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{известняка}) = 68400$$

$$100X + 84Y = 68400$$

Найдем количество теплоты, затраченное на разложение известняка (Q_p) с учетом 15% потерь теплоты:

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 5303/32 = 165,72 \text{ моль}$$

$$Q = 165,72 \cdot 675,9 = 112010,1 \text{ кДж}$$

$$Q_p = 0,85 \cdot 112010,1 = 95208,6 \text{ кДж}$$

Тепловой баланс процесса можно выразить следующим уравнением:

$$Q_p + n(\text{CaCO}_3) \cdot Q_2 + n(\text{MgCO}_3) \cdot Q_3 = 0$$

$$\text{или } 905208,6 = 177,4X + 101,4Y$$

Решая полученную систему уравнений, получим:

$$\begin{cases} 100X + 84Y = 68400 \\ 177,4X + 101,4Y = 95208,6 \end{cases} \\ X = 223,02, Y = 548,78$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 223,02 \cdot 100 = 22302 = 22,3 \text{ кг}$$

$$w(\text{CaCO}_3) = 22,3/68,4 = 0,326 (32,6\%)$$

$$w(\text{MgCO}_3) = 1 - 0,326 = 0,674 (67,4\%)$$



$$Q_1 = 2Q(\text{H}_2\text{O}) + Q(\text{CO}_2) - Q(\text{CH}_4) = 2 \cdot 241,8 + 393,5 - 74,8 = 802,3 \text{ кДж/моль}$$

$$n(\text{CH}_4) = 112010,1 / 802,3 = 139,6 \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_4) = 139,6 \cdot 16 = 2233,6 \text{ г (2,23 кг)}$$

Использование метана экономически эффективнее, так как его сгорание сопровождается выделением большего количества теплоты.

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x0,5б. = 2 б.
Расчет тепловых эффектов реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Расчет массовых долей карбонатов в известняке	2,5 б.
Вывод об эффективности метана по сравнению с метанолом	0,5 б.
Расчет массы метана	1 б.
ИТОГО	10 б.