

Пермский край
2024-2025 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
10 КЛАСС

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Представлен один из возможных вариантов решения задач

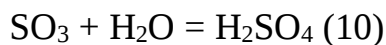
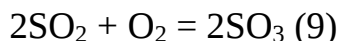
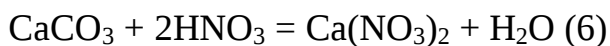
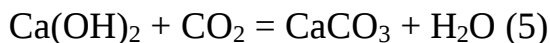
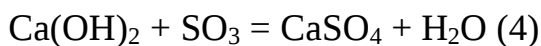
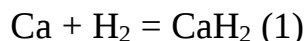
Задача № 10-1

1. Взаимодействие активных металлов с водородом приводит к образованию гидридов. Допустим, что гидрид металла М имеет формулу MH_n , где n – валентность металла М, тогда:

$$w(M) = \frac{A(M)}{A(M) + nA(H)} = \frac{A(M)}{A(M) + n} = 0,9524$$

$$A(M) = 20n.$$

При $n = 2$, $A(M) = 40$ г/моль, что соответствует кальцию. М = кальций.



М	Ca	Д	$Ca(NO_3)_2$
А	CaH_2	Е	CaC_2
Б	$Ca(OH)_2$	Ж	$CaSiO_3$
В	$CaSO_4$	З	SO_2
Г	$CaCO_3$	И	H_2SO_4

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(10)	10x0,5 б. = 5 б.
Определение металла М, веществ А–И	10x0,5 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-2

1. Нитроаммофоска состоит из трех веществ: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4NO_3 и X . Обозначим X как $\text{K}_x\text{Э}$, где Э – анион.

$$\begin{aligned}\omega(\text{Э}) &= 100 - 52,35 = 47,65 \%. \\ x:1 &= \frac{52,35}{39} : \frac{47,65}{A(\text{Э})} = 1,342 : \frac{47,65}{A(\text{Э})} \\ A(\text{Э}) &= \frac{47,65x}{1,342} = 35,5x\end{aligned}$$

При $x=1$, $A(\text{Э}) = 35,5 \text{ а.е.м.}$, что соответствует относительной атомной массе хлора, поэтому X – это KCl .

2. Для того, чтобы увеличить содержание фосфора и калия необходимо добавить хлорид калия и дигидрофосфат аммония.

Пусть x – это масса калия, которую необходимо добавить, тогда масса хлорида калия будет равна:

$$\frac{74,5}{39}x = 1,91x$$

Пусть y – это масса фосфора, которую необходимо добавить, тогда масса дигидрофосфата аммония будет равна:

$$\frac{115}{31}y = 3,71y$$

z – суммарная масса добавленного хлорида калия и дигидрофосфата аммония.

$$z = 1,91x + 3,71y \quad (1)$$

$$\omega(\text{K}) = \frac{3,9 + x}{63,65 + z} = 0,16 \quad (2)$$

$$\omega(\text{P}) = \frac{8,68 + y}{63,65 + z} = 0,16 \quad (3)$$

Из (1) выражаем x :

$$x = \frac{z - 3,71y}{1,91} = 0,524z - 1,9y$$

Подставим (1) в (2) и (3):

$$(2) \quad 0,16 = \frac{3,9 + x}{63,65 + 1,91x + 3,71y} \rightarrow 0,16 \cdot (63,65 + 1,91x + 3,71y) = 3,9 + x;$$

$$(3) \quad 0,16 = \frac{8,68 + y}{63,65 + 1,91x + 3,71y} \rightarrow 0,16 \cdot (63,65 + 1,91x + 3,71y) = 8,68 + y$$

Вычтем (3) из (2):

$$(4) \quad 0 = -4,78 + x - y \rightarrow x = y + 4,78$$

Подставим (4) в (1):

$$(1) \quad z = 1,91(y + 4,78) + 3,71y = 9,13 + 5,62y;$$

Подставим (1) в исходное (3)

$$(3)\omega(P) = \frac{8,68 + y}{63,65 + 9,13 + 5,62y} = 0,16$$

$$y = 29,6; z = 175,48; x = 34,38.$$

Масса добавленного хлорида калия и дигидрофосфата аммония:

$$m(KCl) = 34,38 \cdot 1,91 = 65,67 \text{ г}$$

$$m(NH_4H_2PO_4) = 29,6 \cdot 3,71 = 109,82 \text{ г}$$

3. В готовом удобрении содержится 11 мас.% азота, то есть

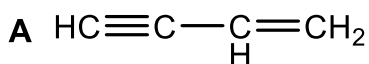
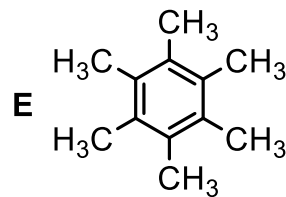
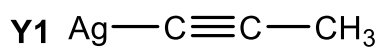
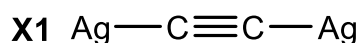
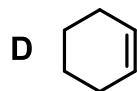
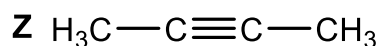
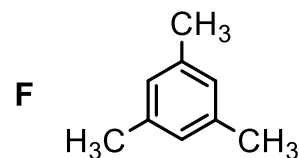
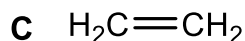
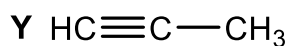
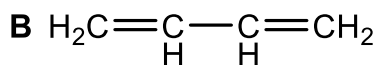
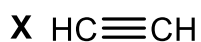
Если в 100 кг удобрения содержится 11 кг азота, то
в x кг удобрения будет содержаться 10 кг азота.

$$x = \frac{10 \cdot 100}{11} = 90,91 \text{ кг.}$$

Разбалловка

Определение вещества X (без подтверждения расчетом – 1 б.)	2 б.
Расчет массы добавленных солей (хлорида калия и дигидрофосфата аммония)	6 б.
Расчет массы нитроаммофоски	2 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 10-3



Примечания: X1 – допустим монозамещенный продукт;

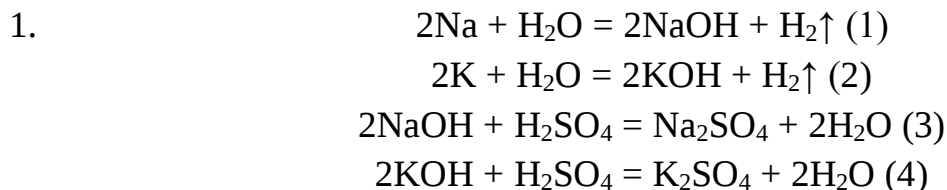
F – допустимо указание 1,2,4-триметилбензола

Реакция X и Y с аммиачным раствором оксида серебра (реактивом Толленса) протекает за счет СН-кислотности алкинов.

Разбалловка

Определение веществ X, Y, Z, X1, Y1, A–G	12x0,75 б. = 9 б.
Объяснение реакций X и Y с реактивом Толленса	1 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 10-4



2. Вычислим количество вещества серной кислоты, которое потребовалось для нейтрализации гидроксидов натрия и калия:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 588 \cdot 0,05 = 29,4 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 29,4 / 98 = 0,30 \text{ моль}$$

Допустим, что сплав содержит x моль Na и y моль K, тогда масса сплава будет равна

$$23x + 39y = 10,1.$$

Исходя из уравнений (1) и (2) образуется x моль гидроксида натрия и y моль гидроксида калия. Из уравнений (3) и (4) на нейтрализацию x моль гидроксида натрия требуется $0,5x$ моль серной кислоты, аналогично на нейтрализацию y моль гидроксида калия требуется $0,5y$ моль серной кислоты.

В исходном растворе содержится

$$m(\text{NaOH}) = 120 \cdot 0,1 = 12,0 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 12 / 40 = 0,3 \text{ моль/л,}$$

на нейтрализацию которого согласно уравнению (3) требуется $0,15$ моль серной кислоты, то есть:

$$0,15 + 0,5x + 0,5y = 0,3 \text{ или } 0,5x + 0,5y = 0,15$$

Решая полученную систему, мы получим

$$x = 0,1; y = 0,2$$

Таким образом, в сплаве содержится $23 \cdot 0,1 = 2,3$ г натрия и $39 \cdot 0,2 = 7,8$ г калия.

Тогда: $w(\text{Na}) = 2,3 / 10,1 = 0,228$ (22,8 %)

3. Согласно уравнению (3) количество моль сульфата натрия равно количеству вступившей в реакцию серной кислоты, то есть $0,15 + 0,5 \cdot 0,1 = 0,20$ моль

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 142 = 28,4 \text{ г}$$

Масса конечного раствора складывается из массы исходного раствора гидроксида натрия, массы добавленного сплава, массы раствора серной кислоты за вычетом выделившегося водорода.

Согласно уравнениям (1) и (2) при взаимодействии $0,1$ моль натрия с водой выделяется $0,05$ моль водорода; аналогично при реакции $0,2$ моль калия с водой выделяется $0,1$ моль водорода, то есть $(0,05 + 0,1) \cdot 2 = 0,3$ г.

$$m(\text{р-ра}) = 120 + 10,1 + 588 - 0,3 = 717,8 \text{ г}$$

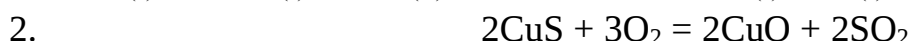
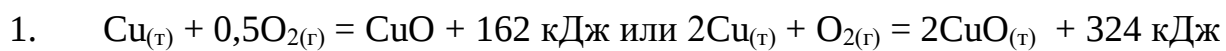
Тогда массовая доля сульфата натрия в полученном растворе:

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 28,4 / 717,8 = 0,04$$
 (4,0 %)

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(4)	4x0,5 б. = 2 б.
Полный расчет массовой доли натрия в сплаве (любым способом)	4 б.
Расчет массы сульфата натрия (1 б.), массы раствора (2 б.) и массовой доли сульфата натрия (1 б.)	4 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 10-5



Вычислим тепловой эффект данной реакции используя следствие из закона Гесса, что тепловой эффект равен разнице сумм теплот образования продуктов реакции и исходных веществ:

$$Q_1 = 2Q_{\text{обр}}(\text{SO}_2) + 2Q_{\text{обр}}(\text{CuO}) - 2Q_{\text{обр}}(\text{CuS}) = 2 \cdot 297 + 2 \cdot 324 - 2 \cdot 119,8 = 1002,4 \text{ кДж}$$

При расчете мы учли, что теплота образования кислорода равна нулю, так как это простое вещество, а теплота образования 1 моль сульфида меди равна $179,7 / 1,5 = 119,8 \text{ кДж}$.



Вычислим тепловой эффект данной реакции:

$$Q_2 = Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{CuO}) = 286 - 162 = 124 \text{ кДж}$$

Исходя из уравнений реакций, для получения 1 моль металлической меди требуется 1 моль оксида меди, при этом выделяется 124 кДж теплоты. Для получения 1 моль оксида меди требуется 1 моль сульфида меди, при этом выделяется $1002,4 / 2 = 500,2 \text{ кДж}$ теплоты (так как тепловой эффект реакции обжига рассчитан на 2 моль оксида и сульфида меди).

Таким образом, при получении 1 моль меди выделяется $124 + 500,2 = 624,2 \text{ кДж}$ теплоты. Рассчитаем, сколько теплоты выделится при получении 1 кг меди:

при получении 64 г (1 моль) меди выделяется 624,2 кДж

при получении 1000 г меди выделяется X кДж

$$X = 624,2 \cdot 1000 / 64 = 9\,753,1 \text{ кДж.}$$

Разбалловка

Написание термохимических уравнений получения CuO, SO ₂ , H ₂ O	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнений обжига CuS и восстановления CuO	2x1 б. = 2 б.
Расчет теплового эффекта реакции обжига CuS	2 б.
Расчет теплового эффекта восстановления CuO	1 б.
Расчет количества выделившейся теплоты	2 б.
ИТОГО	10б.