

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2019-20 уч.год
Муниципальный этап
10 класс

Решения и критерии оценивания
Максимальное количество баллов - 50.

10-1

В 18 веке магниезией называли $MgCO_3$.

Заменяем при решении задачи устаревшую единицу массы – гран на грамм.

Соотношения между массами реагентов от этого не изменятся.

В реакцию вступило $120 - 20 \text{ г} = 100 \text{ г}$

Венцель провел реакцию



$$n(MgCO_3) = \frac{100 \text{ г}}{84 \text{ г/моль}} = 1,19 \text{ моль}$$

$$m(H_2SO_4) = 1,19 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 116,6 \text{ г}$$

$$m(MgSO_4) = 1,19 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль} = 142,8 \text{ г}$$

$$m(CO_2) = 1,19 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 52,4 \text{ г}$$

Поскольку Венцель упаривал раствор, а масса твердого остатка $356 \text{ г} > 142,8 \text{ г}$, очевидно, что он получил кристаллогидрат.

На долю воды в кристаллогидрате приходится $356 - 142,8 = 213,2 \text{ г}$

$$n(H_2O) = \frac{213,2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 11,8 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) : n(MgSO_4) = 11,8 : 1,19 = 10$$

Таким образом, формула кристаллогидрата $MgSO_4 \cdot 10H_2O$

Поскольку магниезия была в избытке, серная кислота прореагировала полностью, следовательно $\omega(H_2SO_4) = 116,6 \text{ г} / 240 = 0,484$ (48,4%)

$m(\text{р-ра после реакции}) = 240 \text{ г} + 100 \text{ г} - 52,4 \text{ г} = 287,6 \text{ г}$

Критерии оценивания

1.	За уравнение реакции	1 балл
	За расчет количества вещества карбоната магния	1 балл
	За расчет масс продуктов реакции	2 балла
	За установление состава твердого остатка	3 балла
2.	За расчет массовой доли серной кислоты	1 балл
3.	За расчет массы раствора	1 балл
	Итого:	9 баллов

10-2

В 100 г вещества масса неизвестного элемента X составит

$$100 - 24,6 - 56,1 - 10,5 = 8,8 \text{ (г)}$$

Соотношение количества вещества атомов элементов N, C, O и X, входящих в состав соли составит:

$$n(N) : n(C) : n(O) : n(X) = \frac{24,6 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} : \frac{10,5 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} : \frac{56,1 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} : \frac{8,8 \text{ г}}{Z \text{ г/моль}}$$

$$= 1,76 : 0,875 : 3,51 : \frac{8,8}{Z}$$

Для приведения соотношения к целым числам разделим на меньшее и получим:

$$2 : 1 : 4 : \frac{10}{Z}$$

Перебор значений Z дает одно верное решение при $Z=1$.

Следовательно, элемент X - водород, а состав соли выразится формулой $N_2CO_4H_{10}$.

Если в ней выделить аммонийные группы, очевидно, что можно записать в виде $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$.

Это - моногидрат карбоната аммония.

Критерии оценивания

1.	За расчет массы неизвестного элемента	0,5 балла
2.	За выражение соотношения количества вещества элементов	2 балла
3.	За определение неизвестного элемента	2 балла
4.	За установление формулы соли	2 балла
5.	За название соли	0,5 балла
	Итого:	7 баллов

10-3

А – Cu_2O , **Б** – Cu , **В** – $CuSO_4$, **Г** – SO_2 , **Д** - CuO , **Е** - O_2

- 1) $Cu_2O + H_2SO_4 = Cu + CuSO_4 + H_2O$
- 2) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
- 3) $CuSO_4 + 5H_2O = CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- 4) $CuSO_4 \cdot 5H_2O = CuSO_4 + 5H_2O$
- 5) $2CuSO_4 = 2CuO + 2SO_2 + O_2$
- 6) $4CuO = 2Cu_2O + O_2$

Критерии оценивания

1.	За каждое вещество по 0,5 балла	3 балла
2.	За уравнения 1-6 по 1 баллу	6 баллов
	Итого:	9 баллов

10-4

1. Монометилловый эфир щавелевой кислоты имеет формулу HOOC-C(O)-OCH_3 , содержание углерода в нем составляет 34,6%, что меньше содержания углерода в уксусной кислоте (CH_3COOH) (40,0%).

Сравнивая формулы ацетилена (C_2H_2) и этилена (C_2H_4), масляной кислоты ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$) и пропионовой кислоты ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$), фенола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) и 3-хлорфенола ($\text{ClC}_6\text{H}_4\text{OH}$) даже без выполнения расчетов несложно увидеть, что первое вещество в каждой из пар имеет большее содержание углерода, чем второе.

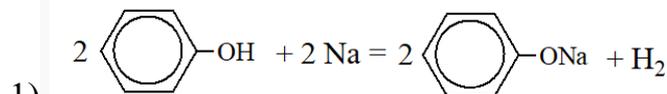
Таким образом, в полуфинал проходят масляная кислота, уксусная кислота, фенол и ацетилен.

2. Уксусная кислота ($\text{pK}_a = 4,76$) сильнее масляной ($\text{pK}_a = 4,82$), поскольку в гомологическом ряду карбоновых кислот их сила падает с увеличением углеводородного радикала, что обусловлено большим положительным индуктивным эффектом пропильного радикала по сравнению с метильным.

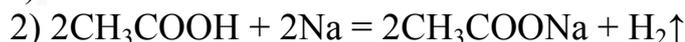
Ацетилен проявляет слабые СН-кислотные свойства, и является более слабой кислотой, чем вода ($\text{pK} \approx 25$). Ацетилениды щелочных и щелочноземельных металлов, как соли слабой кислоты и сильного основания, легко гидролизуются водой и не реагируют с раствором гидроксида натрия. Кислотность фенола значительно выше ($\text{pK} \approx 10$) и он способен взаимодействовать с водными растворами щелочей с образованием фенолятов.

Таким образом, в финал выходят уксусная кислота и фенол.

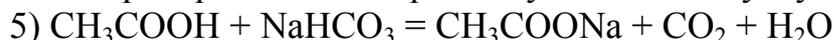
В реакции с натрием и хлоридом фосфора (V) вступает как уксусная кислота, так и фенол



1)



3. В реакцию с гидрокарбонатом натрия вступает только уксусная кислота



4. Поскольку по массовой доле углерода, возможности вступить в реакцию с натрием, хлоридом фосфора (V) и гидрокарбонатом натрия с приведенными в условии задачи веществами может соперничать множество веществ, единственным признаком по которому фторированной карборановой кислоте нет равных, может являться *ее сила*, необходимая для победы в *полуфинале*. Фторированная карборановая кислота $\text{H}(\text{СНВ}_{11}\text{F}_{11})$ на данный момент является сильнейшей известной кислотой, которую можно хранить в лаборатории (Angewandte Chemie International Edition. — 2014. — Vol. 53, No. 4. — С. 1131—1134).

Критерии оценивания

1.	За определение полуфиналистов	4 балла
2.	За определение финалистов	2 балла
	За уравнения реакций 1-2 по 1 баллу	2 балла
	За уравнения реакций 3-4 по 1,5 балла	3 балла
3.	За определение победителя и уравнение реакции 5	1 балл
4.	За объяснение победы карборановой кислоты и указание этапа турнира	3 балла
	Итого:	15 баллов

10-5

В основе определения лежат две реакции.

1. Взаимодействие сульфида натрия с йодом:



2. Титрование избытка йода раствором тиосульфата натрия:



3. Вычисляем объем раствора йода (избыток), который вступил в реакцию с тиосульфатом натрия:

$$V(\text{I}_2) = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{2C(\text{I}_2)} =$$

$$= (41,25 \text{ мл} \cdot 0,0952 \text{ моль/л}) : (2 \cdot 0,0934 \text{ моль/л}) = 21,022 \text{ мл}$$

4. В реакцию с сульфидом натрия вступило $40,00 - 21,022 = 18,978$ мл раствора йода.

По уравнению реакции (1) находим молярную концентрацию раствора сульфида натрия:

$$C(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{C(\text{I}_2) \cdot V(\text{I}_2)}{V(\text{Na}_2\text{S})} = 0,0934 \text{ моль/л} \cdot 18,978 \text{ мл} : 20,00 \text{ мл} = 0,0886 \text{ моль/л}$$

5. Масса сульфида натрия в 0,250 л (250 мл) раствора:

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = C(\text{Na}_2\text{S}) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}) =$$
$$= 0,0886 \text{ моль/л} \cdot 78,04 \text{ г/моль} \cdot 0,250 \text{ л} = 1,7286 \text{ г}$$

6. Массовая доля сульфида натрия в образце:

$$\omega(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{1,7286}{1,9525} 100\% = 88,53\%$$

Критерии оценивания

1.	За уравнение реакции 1	1 балл
2.	За уравнение реакции 2	2 балла
3.	За расчет объема раствора йода	3 балла
4.	За расчет концентрации сульфида натрия	2 балла
5.	За расчет массы сульфида натрия	1 балл
6.	За расчет массовой доли сульфида натрия	1 балл
	Итого:	10 баллов