

**«Западающие» задания  
ЕГЭ по химии:  
34 вопрос (на растворимость и  
кристаллогидраты)**

**Яшкина Екатерина Александровна,  
к.х.н., учитель химии высшей категории ГБОУ СО  
«Самарский региональный центр для одаренных детей»**



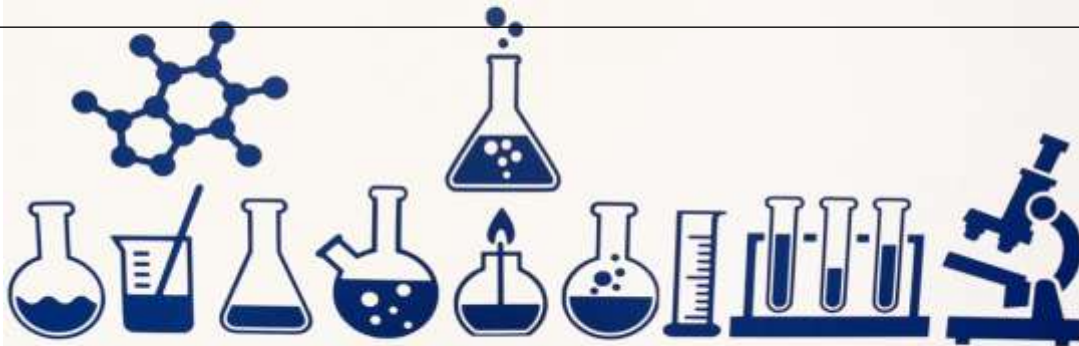
**1 февраля 2024**

# Учебно-методические материалы: Проверяемые умения. Элементы содержания Задание 34В



34

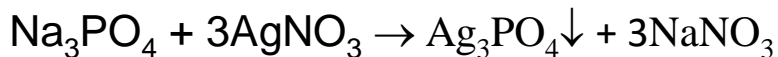
Расчёты с использованием понятий «растворимость», «массовая доля вещества в растворе». Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси). Расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества. Расчёты массовой доли (массы) химического соединения в смеси



## Задача 1

В 200 г раствора фосфата натрия с массовой долей 5 % растворили 10 г кристаллогидрата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . К полученному раствору добавили 200 г раствора нитрата серебра с массовой долей 22,18 %. Определите массовую долю соли в конечном растворе. (С.Н.Яшкин, Е.А. Яшкина, ЕГЭ Химия 25 лучших вариантов от «Просвещения», 2019 г)

## Задача 1 (Решение)



Рассчитаем массу фосфата натрия в исходном растворе:

$$m_1(\text{Na}_3\text{PO}_4) = m_{1(\text{p-p})} \cdot w(\text{Na}_3\text{PO}_4) / 100 \% = 200 \cdot 5 \% / 100 \% = 10 \text{ г}$$

Определим массовую долю безводной соли в кристаллогидрате:

$$w(\text{Na}_3\text{PO}_4) = M(\text{Na}_3\text{PO}_4) / M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 164 / (164 + 216) = 0,4316$$

(43,16 %)

Определим массу безводной соли в кристаллогидрате:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{крист.}} = 10 \cdot 0,4316 = 4,316 \text{ г}$$

Определим общее количество фосфата натрия:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = m_1(\text{Na}_3\text{PO}_4) + m(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{крист.}} = 10 + 4,316 = 14,316 \text{ г}$$

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 14,316 / 164 = 0,087 \text{ моль}$$

## Задача 1 (продолжение решения)

Определим количество нитрата серебра:

$$n(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3)_{\text{p-p}} \cdot w(\text{AgNO}_3) / [M(\text{AgNO}_3) \cdot 100\%] = 200 \cdot 22,18 / (170 \cdot 100\%) = 0,261 \text{ моль}$$

Нитрат серебра и фосфат натрия взяты в эквивалентных количествах.

Определим количество образовавшегося фосфата серебра:

$$n(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,087 \text{ моль}$$
$$m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 0,087 \cdot 419 = 36,453 \text{ г}$$

Определим количество образовавшегося нитрата натрия:

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{AgNO}_3) = 0,261 \text{ моль}$$
$$m(\text{NaNO}_3) = 0,261 \cdot 85 = 22,185 \text{ г}$$

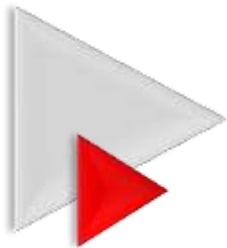
Определим массовую долю нитрата натрия в конечном растворе:

$$m_{\text{p-ра}} = m_1(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{p-p}} + m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) + m(\text{AgNO}_3)_{\text{p-p}} - m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 200 + 10 + 200 - 36,453 = 373,547 \text{ г}$$

$$w(\text{NaNO}_3) = m(\text{NaNO}_3) \cdot 100\% / m_{\text{p-ра}} = 22,185 \cdot 100\% / 373,547 = \mathbf{5,94\%}$$

## Задача 2

Кристаллогидрат сульфата магния ( $\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) массой 36,9 г прокалили при  $250\text{ }^\circ\text{C}$  до полного удаления воды. При этом потеря массы составила 18,9 г. Определите количество молекул воды в кристаллогидрате. (44-й Турнир имени М.В. Ломоносова 2021 г, 8 кл)



## Задача 2 (Решение)



Кристаллогидрат сульфата магния ( $\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) массой 36,9 г прокалили при  $250\text{ }^\circ\text{C}$  до полного удаления воды. При этом потеря массы составила 18,9 г. Определите количество молекул воды в кристаллогидрате.  
(44-й Турнир имени М.В. Ломоносова 2021 г, 8 кл)

Из условия задачи следует, что масса воды в кристаллогидрате 18,9 г. Определим массовую долю воды в кристаллогидрате:

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 18,9/36,9 = 51,2 \%$$

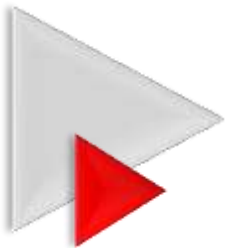
Распишем нахождение массовой доли воды в кристаллогидрате по формуле кристаллогидрата и определим  $n$ .

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot n / (120 + 18 \cdot n) = 0,512$$

$$n = 6,99 \approx 7.$$

### Задача 3

25 г сульфата меди растворили в 70 г воды и образовавшийся раствор длительное время термостатировали при 20°C. В результате образовалось 17,0 г осадка кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n$  целое число. Определите  $n$ , если при 20°C растворимость сульфата меди составляет 20,5 г в 100 мл воды. (Отборочный этап олимпиады «Потомки Менделеева», 9 кл, 2023-24 уч.г.)





## Задача 3 (решение)

25 г сульфата меди растворили в 70 г воды и образовавшийся раствор длительное время термостатировали при 20°C. В результате образовалось 17,0 г осадка кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n$  целое число. Определите  $n$ , если при 20°C растворимость сульфата меди составляет 20,5 г в 100 мл воды.

Рассчитаем массовую долю насыщенного раствора  $\text{CuSO}_4$  при 20°C.

$$w_{\text{н.р.}} = 20,5 / (100 + 20,5) = 17,01\%$$

Пусть массовая доля безводной соли в кристаллогидрате  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  равна  $x$  (в долях единицы)

$$W_{\text{н.р.}} = (25 - 17 \cdot x) / (95 - 17) = 0,1701, \text{ следовательно } X = 0,69.$$

Зная массовую долю безводной соли в кристаллогидрате можно найти число молекул воды  $n$ .

$$160 / (160 + 18 \cdot n) = 0,69$$

$$n = 3,993 \approx 4.$$

### Задача 3 (ошибочные решения учеников)

25 г сульфата меди растворили в 70 г воды и образовавшийся раствор длительное время термостатировали при 20°C. В результате образовалось 17,0 г осадка кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n$  целое число. Определите  $n$ , если при 20°C растворимость сульфата меди составляет 20,5 г в 100 мл воды.

Handwritten student solution on grid paper:

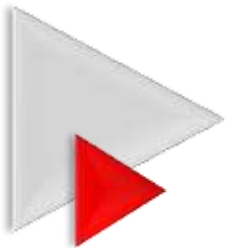
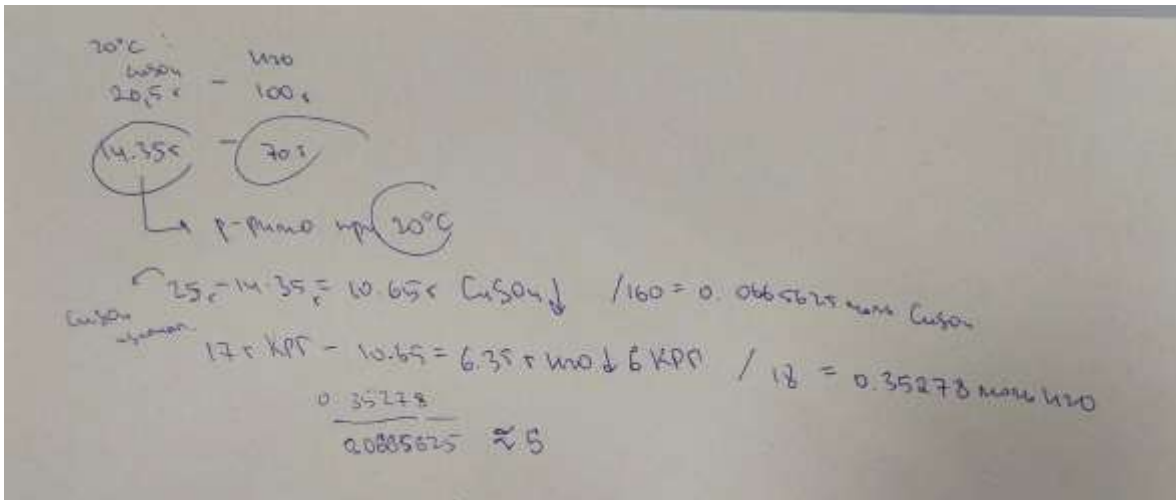
$$\begin{aligned} m_{\text{CuSO}_4} &= 25 \text{ г} \\ m_{\text{H}_2\text{O}} &= 70 \text{ г} \\ T &= 20^\circ\text{C} \\ m_{\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}} &= 17 \text{ г} \\ S^{20} &= \frac{20,5 \text{ г}}{100 \text{ мл}} \\ n &= ? \end{aligned}$$

Flawed calculation for  $n$ :

$$\begin{aligned} m_{\text{pp}} &= 95 \text{ г} \\ 25 - 17 \cdot \frac{80}{80 + 9n} &= \frac{20,5}{70 - 17 \cdot \frac{9}{80 + 9n}} = \frac{20,5}{100} \\ x &= 5 \end{aligned}$$

### Задача 3 (ошибочные решения учеников)

25 г сульфата меди растворили в 70 г воды и образовавшийся раствор длительное время термостатировали при 20°C. В результате образовалось 17,0 г осадка кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n$  целое число. Определите  $n$ , если при 20°C растворимость сульфата меди составляет 20,5 г в 100 мл воды.



## Задача 4

Сколько нужно взять воды и кристаллогидрата состава  $\text{XY} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ( $M_r = 200$ ) для получения насыщенного при  $80^\circ\text{C}$  раствора, при охлаждении которого до  $40^\circ\text{C}$  выпадает  $0,5$  моль кристаллогидрата состава  $\text{XY} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ? Растворимость безводной соли  $\text{XY}$ :  $80$  г при  $80^\circ\text{C}$ ,  $40$  г при  $40^\circ\text{C}$ . (Кузьменко Н.Е., Ерёмин В.В. 2500 задач по химии с решениями для поступающих в вузы, 2005 г) **Ответ:  $160,8$  г  $\text{XY} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и  $38,2$  г воды.**

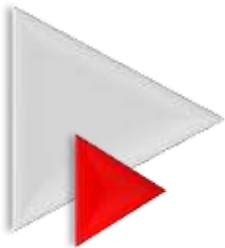
## Задача 5

Оксид кальция, полученный при прокаливании 60 г карбоната кальция, растворён в строго необходимом количестве 36,5 %-ной соляной кислоте. Полученный раствор охлаждён до 0°C. При этом выпал шестиводный гидрат соли. Насыщенный раствор при указанной температуре содержит 27,2 % кристаллогидрата. Вычислите массу выпавших кристаллов. Кузьменко Н.Е., Ерёмин В.В. 2500 задач по химии с решениями для поступающих в вузы, 2005 г)

**Ответ: 123,1 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .**

## Задача 6

Смешали 340г насыщенного раствора сероводорода и 200г 16,96%-ного раствора сульфата меди (II). Выпавший осадок отделили, а к оставшемуся раствору добавили 28г порошка железа. Найдите массовую долю сульфата железа(II) в образовавшемся растворе. Растворимость сероводорода в указанных условиях составляет 1,9824л (в пересчёте на н.у.) на 1л воды. (Ответ: 6 %)



## Задача 7

Растворимость безводного сульфата алюминия при некоторой температуре составляет 34,2 г на 100 г воды. При этой температуре приготовили насыщенный раствор, добавив необходимое количество сульфата алюминия к 300 мл воды. Раствор разлили в две колбы. К раствору в первой колбе добавили избыток раствора аммиака. При этом образовалось 15,6 г осадка. К раствору во второй колбе добавили 320 г 25%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массовую долю сульфата натрия в конечном растворе во второй колбе. (Ответ: 14,5 %)

*Спасибо за внимание!*



г. Самара,  
Черемшанская, 70  
СРЦОД



yashkina11@mail.ru

**Яшкина Екатерина Александровна,**  
к.х.н., учитель химии высшей категории  
ГБНОУ СО «Самарский региональный центр  
для одаренных детей»

