

# Получение и установление состава кристаллогидрата фосфата цинка

---

ВЫПОЛНИЛ: МЕДВЕДЕВА МАРИЯ  
АЛЕКСАНДРОВНА, СТУДЕНТ ЕТ-131

ПРОВЕРИЛ:АНТОШКИНА ЕЛИЗАВЕТА  
ГРИГОРЬЕВНА, ДОЦЕНТ, К.Т.Н.

# Цели и задачи

---

Цель работы: получить кристаллогидрат фосфата цинка, установить его формулу и изучить его физико-химические свойства.

Задачи:

1. Изучить физико-химические свойства;
2. Провести синтез кристаллогидрата фосфата цинка;
3. Установить формулу кристаллогидрата;
4. Провести качественные реакции на наличие ионов  $Zn^{2+}$  и  $PO_4^{3-}$ ;
5. Рассчитать термодинамическую возможность протекания реакции.

# Физические свойства фосфата цинка

Величина	Значение
Молярный вес, г/моль	386,05
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,998
Температура плавления, °С	900
Стандартная энтальпия образования $\Delta_f H_{298}^\circ$ , кДж/моль	-2896,6
Стандартная энтропия образования $\Delta S_{298}$ , Дж/моль·К	237
Произведение растворимости	$9.1 \cdot 10^{-33}$

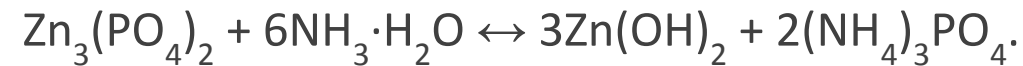


$Zn_3(PO_4)_2$  – вещество белого цвета

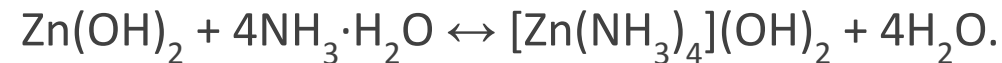
# Химические свойства фосфата цинка

---

- Растворяется в концентрированном растворе аммиака при нагревании:



- При добавлении избытка аммиака образуется комплексное соединение:



- При нагревании растворяется в концентрированных растворах солях цианидов:



- Реагирует с кислотами с образованием новой кислоты и новой соли:



- Реагирует с избытком кислоты, с образованием кислой соли:



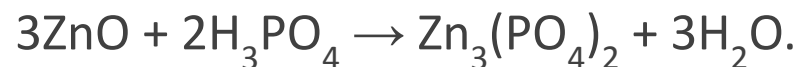
# Способы получения фосфата цинка

---

1 способ. Фосфат цинка получают путем сливания раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и раствора растворимой соли цинка:

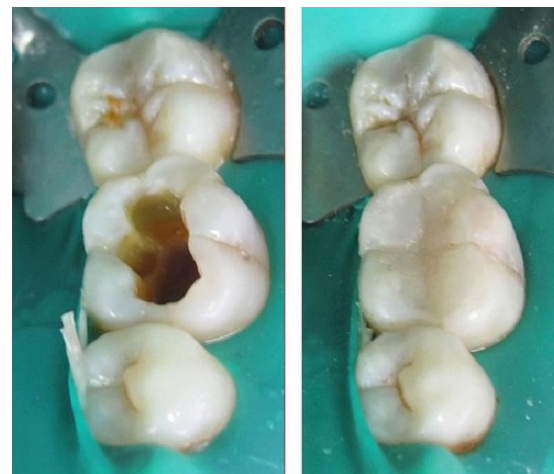
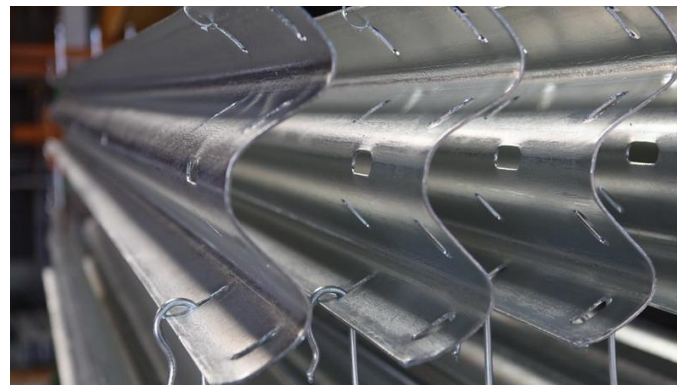


2 способ. Фосфат цинка можно получить путем обработки оксида цинка раствором фосфорной кислоты при температуре кипения раствора с последующим охлаждением раствора:



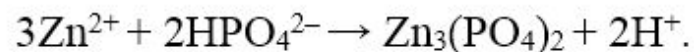
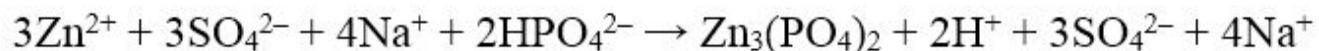
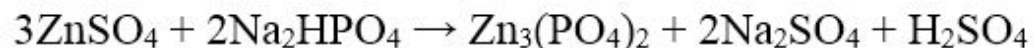
# Применение фосфата цинка

1. Фосфат цинка используют в эпоксидных грунтовках и однослойных покрытиях для увеличения адгезии.
2. Используют для производства антикоррозионных лакокрасочных материалов, которые используются непосредственно для обработки поверхности стальных изделий. Например, в судостроение или в машиностроение.
3. Используется в качестве цемента для пломбирования в стоматологии.



# Термодинамический расчет

---



$$\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta_r S$$

$$\begin{aligned} 1) \Delta_r H &= (\Delta_f H^\circ_{298}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2)) - (2 \cdot \Delta_f H^\circ_{298}(\text{HPO}_4^{2-}) + 3 \cdot \Delta_f H^\circ_{298}(\text{Zn}^{2+})) = \\ &= -2896,6 - (2 \cdot (-1292,1) + 3 \cdot (-152,4)) = 144,8 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \Delta_r S &= (S^\circ_{298}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2)) - (2 \cdot S^\circ_{298}(\text{HPO}_4^{2-}) + 3 \cdot S^\circ_{298}(\text{Zn}^{2+})) = 237 - \\ &- (2 \cdot (-33,5) + 3 \cdot (-106,5)) = 623,5 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} = 0,6235 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}. \end{aligned}$$

$$3) \Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta_r S = 144,8 - 298 \cdot 0,6235 = -41,003 \text{ кДж.}$$

$\Delta_r G < 0$ , значит реакция протекает самопроизвольно в прямом направлении.

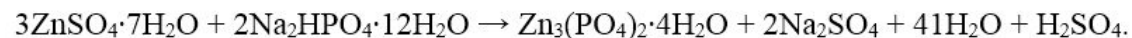
## Для проведения синтеза вещества понадобилось:

Приборы и оборудование: пробирки, держатель для пробирок, химические стаканы на 50 и 100 мл, стеклянная палочка, электронные весы, чашки для взвешивания, фильтры, насос Комовского, чашка Петри, тигель, штатив с кольцом и лапкой, горелка, сухое горючее, подставка под сухое горючее, эксикатор.

Реактивы: двенадцативодный гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.), семиводный сульфат цинка  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.).

Растворы: хлорид бария (0,5 н.), гексацианоферрат (II) калия (0,5 н.), аммиак водный (25%), сульфид натрия (0,5 н.), нитрат серебра (0,1 н.), молибдат аммония (насыщенный), азотная кислота (конц.), ортофосфорная кислота (1 н., конц.).

Для синтеза 10 г фосфата цинка по расчетам требуется:



$$n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 0,022 \text{ моль};$$

$$\frac{2n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O})}{n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})} = \frac{X \text{ моль}}{0,022 \text{ моль}};$$

$$X \text{ моль} = \frac{2 \cdot 0,022}{1} = 0,044 \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 16,58 \text{ г};$$

$$\frac{3n(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})} = \frac{X \text{ моль}}{0,022 \text{ моль}};$$

$$X \text{ моль} = \frac{3 \cdot 0,022}{1} = 0,066 \text{ моль};$$

$$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 18,94 \text{ г}.$$

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 16,58 г;

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 18,94 г.



# Синтез фосфата цинка

## Этапы синтеза:

1. Взвешиваем на электронных весах 16,58 г  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и 18,94 г  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
2. Отмеряем мерным цилиндром 50 и 10 мл дистиллированной воды. Нагреваем до кипения.
3. Соли соответственно растворяем в 50 и 100 мл горячей воды, перемешивая стеклянной палочкой до полного растворения солей.
4. Полученные растворы сливаем и наблюдаем выпадения белого студенистого осадка.
5. Выпавший осадок отфильтровываем с помощью насоса Комовского, промывая горячей водой до отрицательной реакции промывной воды на  $\text{SO}_4^{2-}$  (пробу делать с раствором  $\text{BaCl}_2$ ).
6. Помещаем осадок на фильтре в сушильный шкаф для того, чтобы высушить до постоянной массы. Сушим при температуре 70-80 °C.
7. Полностью высушенный осадок взвешиваем.



Вес получившегося вещества составил 6.64 г.

Практический выход продукта составил 66.4%.

# Установление формулы кристаллогидрата фосфата цинка

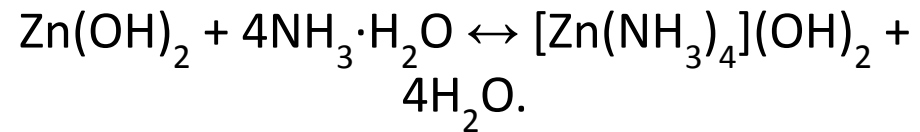
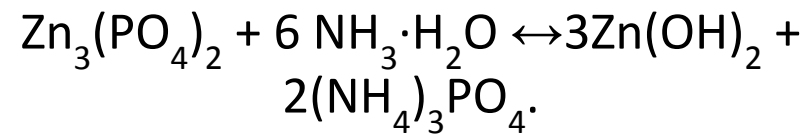
1. Взвешиваем на электронных весах фарфоровый тигель, который заранее прокален до постоянной массы, с точностью до 0,01 г.
2. Формула кристаллогидрата будет  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$ . Для взвешивания взвешиваем 3 навеску кристаллогидрата массой 2 г с точностью до 0,01 г. Относительная ошибка расчетов составила 2,5%.
3. Помещаем навеску в фарфоровый тигель.
4. Взвешиваем тигель с кристаллогидратом с точностью до 0,01 г.
5. Устанавливаем в вытяжном шкафу штатив с кольцом с фарфоровым треугольником. Ставим на фарфоровый треугольник тигель, прокаливаем в течение 15 минут.
6. Охлаждаем тигель на воздухе; с помощью тигельных щипцов помещаем тигель в эксикатор. Дожидаемся охлаждения тигля до комнатной температуры, взвешиваем его.
7. После первого прокаливания повторяем последовательность действий. Опыт можно считать законченным, если разность между обоими взвешиваниями не превышает 0,01–0,02 г.



# Качественное определение ионов $Zn^{2+}$ и $PO_4^{3-}$

Качественные реакции на  $Zn^{+2}$

1) Взаимодействие с раствором аммиака

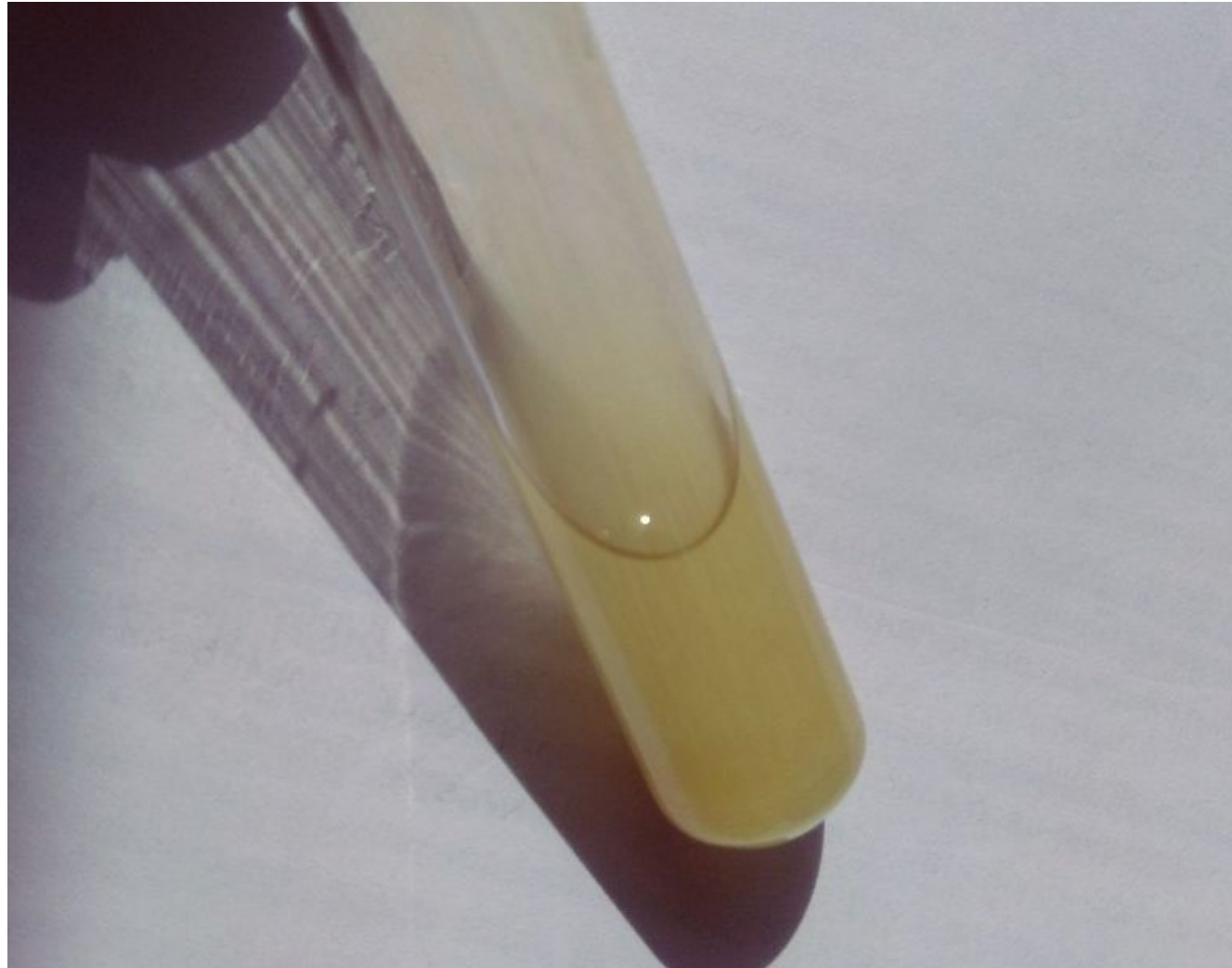
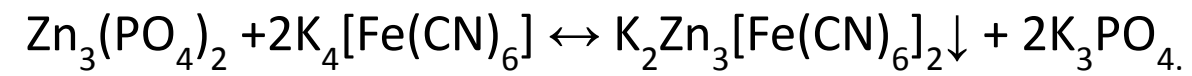


Выпадение белого осадка



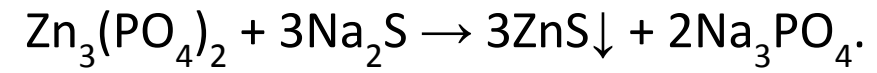
Растворение осадка в избытке аммиака

2) Воздействие с гексацианоферратом (II) калия:



Выпадение светло-салатного осадка

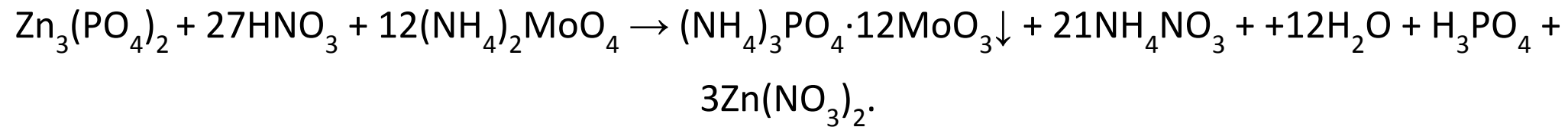
3) Воздействие с сульфидом натрия:



Наблюдается  
выпадение белого  
осадка

Качественная реакция на анион  $\text{PO}_4^{3-}$ :

Взаимодействие с молибдатом аммония:



Выпадение ярко-желтого осадка

# Заключение

---

В ходе работы был проведен литературный обзор, изучены физические и химические свойства и способы получения фосфата цинка. Была рассчитана термодинамическая возможность протекания реакции.

Был синтезирован кристаллогидрат фосфата цинка с выходом 66,4%, установили формулу кристаллогидрата, который имеет формулу  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 3,9H_2O$ .

Исследовали химические свойства фосфата цинка и провели качественные реакции на катион  $Zn^{2+}$  и анион  $PO_4^{3-}$ .