

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

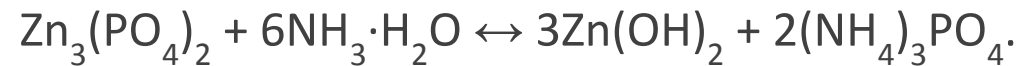
| Величина | Значение |
|---|----------------------|
| Молярный вес, г/моль | 386,05 |
| Плотность, г/см ³ | 3,998 |
| Температура плавления, °С | 900 |
| Стандартная энтальпия образования $\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль | -2896,6 |
| Стандартная энтропия образования ΔS_{298} , Дж/моль·К | 237 |
|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



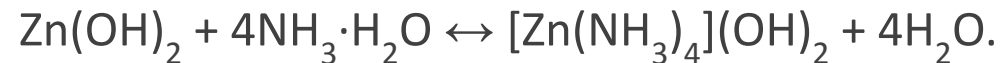
$Zn_3(PO_4)_2$ – вещество белого цвета

Химические свойства фосфата цинка

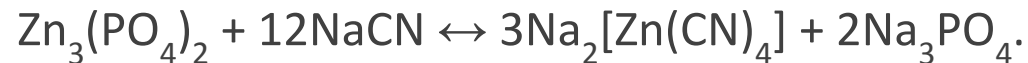
- Растворяется в концентрированном растворе аммиака при нагревании:



- 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:

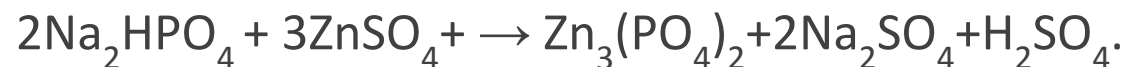


- Реагирует с избытком кислоты, с образованием кислой соли:

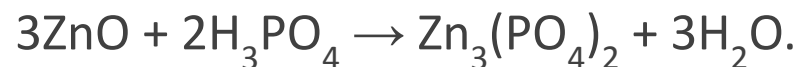


Способы получения фосфата цинка

1 способ. Фосфат цинка получают путем сливания раствора Na_2HPO_4 и раствора растворимой соли цинка:

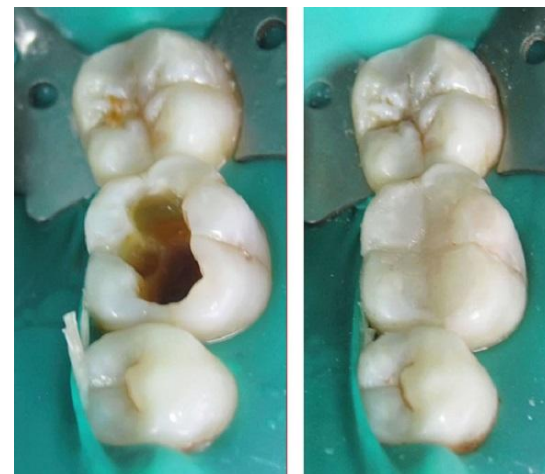
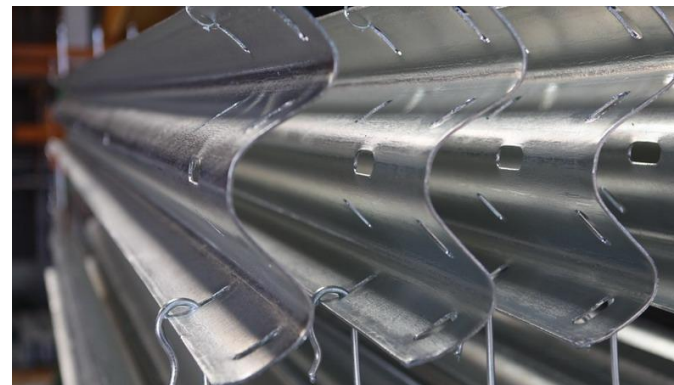


2 способ. Фосфат цинка можно получить путем обработки оксида цинка раствором фосфорной кислоты при температуре кипения раствора с последующим охлаждением раствора:

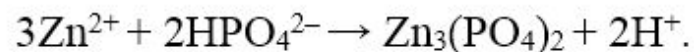
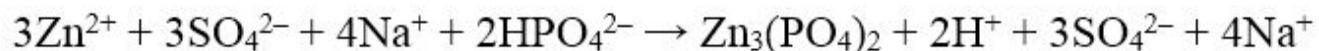
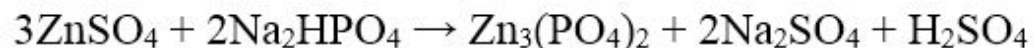


Применение фосфата цинка

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



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

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

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

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

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

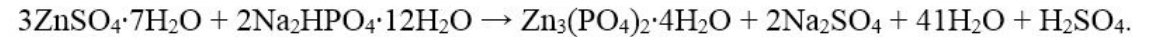
Для проведения синтеза вещества понадобилось:

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 SO_4^{2-} (пробу делать с раствором BaCl_2).
6. Помещаем осадок на фильтре в сушильный шкаф для того, чтобы высушить до постоянной массы. Сушим при температуре 70-80 °С.
7. Полностью высушенный осадок взвешиваем.



Вес получившегося вещества составил 6.64 г.

Практический выход продукта составил 66.4%.

Установление формулы кристаллогидрата фосфата цинка

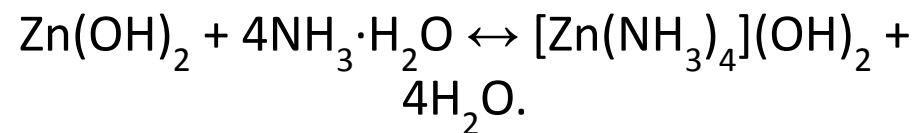
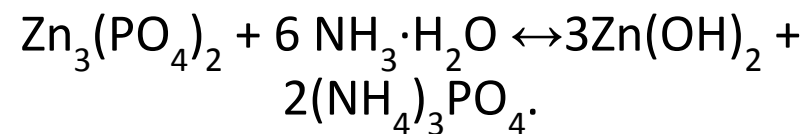
1. Взвешиваем на электронных весах фарфоровый тигель, который заранее прокален до постоянной массы, с точностью до 0,01 г.
2. Формула кристаллогидрата будет $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$. Для взвешивания взвешиваем навеску кристаллогидрата массой 2 г с точностью до 0,01 г. Относительная ошибка расчетов 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

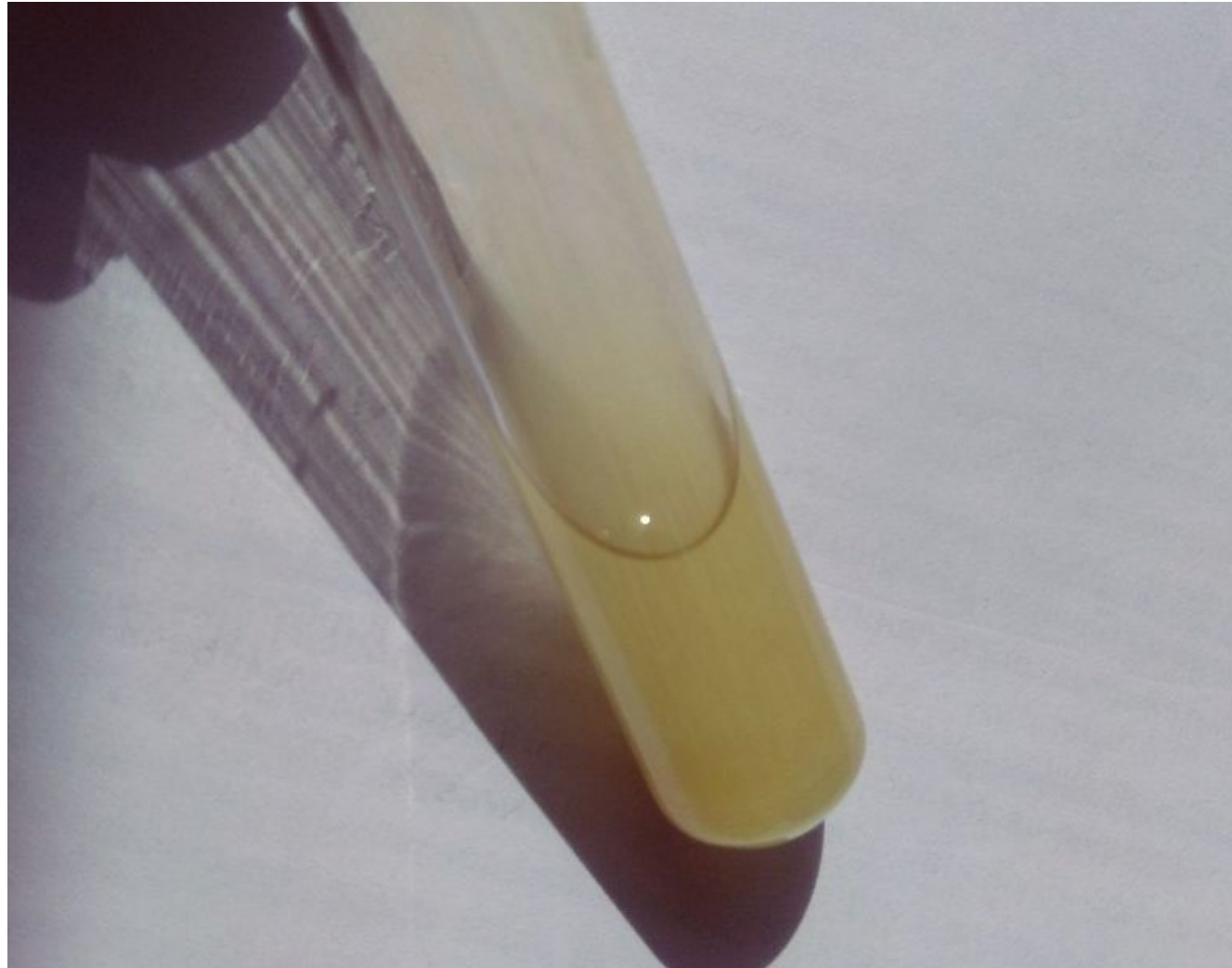
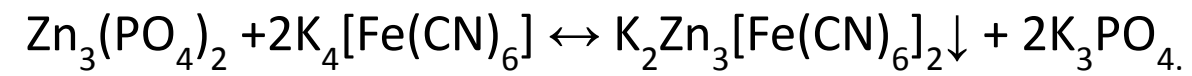


Выпадение белого осадка



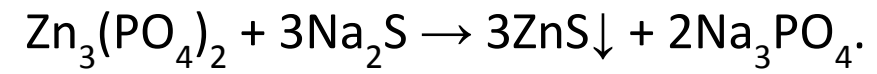
Растворение осадка в избытке аммиака

2) Воздействие с гексацианоферратом (II) калия:



Выпадение светло-салатного осадка

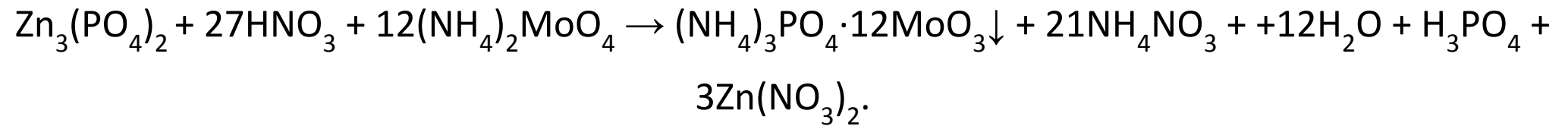
3) Воздействие с сульфидом натрия:



Наблюдается
выпадение белого
осадка

Качественная реакция на анион 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-} .