

# Фосфор и его соединения

# Отрывок из произведения Артура Конан Дойля «Собака Баскервильей».

- «...Да. Это была собака, огромная, черная, как смоль. Но такой собаки никто из нас, смертных, еще не видывал. Из ее пасти вырывалось пламя, глаза метали искры, по морде и загривку переливался мерцающий огонь. Ни в чьем воспаленном мозгу не могло бы возникнуть видение более страшное, более омерзительное, чем это адское существо, выскочившие на нас из тумана... Страшный пес величиной с молодую львицу. Чудовище лежало перед нами...
- Его огромная пасть все еще светилась голубоватым пламенем, глубоко сидящие дикие глаза обведены огненными кругами. Я дотронулся до этой светящейся головы и, подняв руку, увидел, что мои пальцы тоже засветились в темноте».

# «Фосфор и его соединения».

200000 АТМ

Р

СОБАКА  
БАСКЕРВИЛЛИ

Р

30,974

ЯД  
РН<sub>3</sub>



**Девиз нашего урока**

***«Фосфор-элемент жизни и мысли»***

**(академик А.Е.Ферсман)**

**Охарактеризуйте фосфор как химический элемент по его положению в периодической системе химических элементов Д.И.**

**Менделеева по плану:**

1. Порядковый номер, номер периода, группа, подгруппа;
2. Заряд ядра, электронная формула;  
Сколько протонов, нейтронов и электронов в атоме фосфора.
3. Валентность и степень окисления;
4. Формула летучего водородного соединения и высшего оксида.

**P****15**5  
8  
2**30.974****Phosphorus**  
**Фосфор**

1. Элемент VA группы
2. Электронная формула  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ .
3. Валентность: максимальная V.

Минимальная III. Наиболее характерные степени окисления: +5, +3, 0, -3.

Фосфор (P):  $Z = 15$ ,  $p^+ = 15$ ,  $e = 15$ ,  $A = 31$ ,

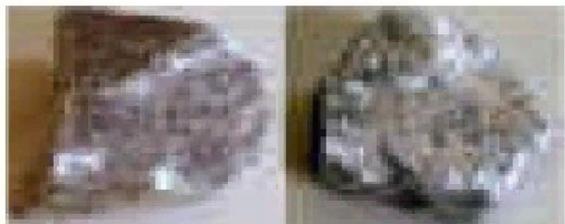
$N = 31 - 15 = 16$ .

Оксиды  $P_2O_5$  и  $P_2O_3$  имеют кислотные свойства. Летучее водородное соединение – фосфин  $PH_3$

Фосфор в свободном состоянии в природе не встречается.

Он находится не менее чем в 190 минералах, из которых главнейшими являются апатиты и фосфориты.

### Наиболее важные минералы фосфора



апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$



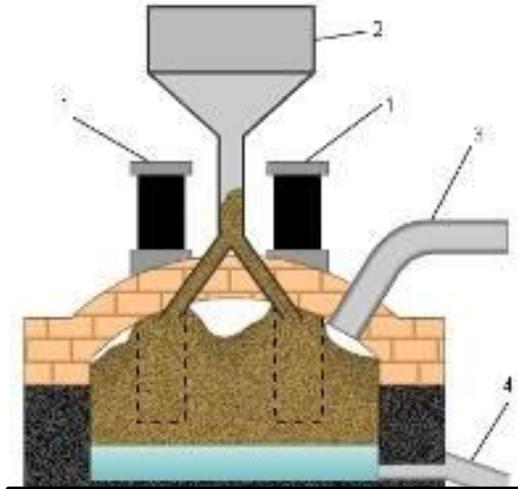
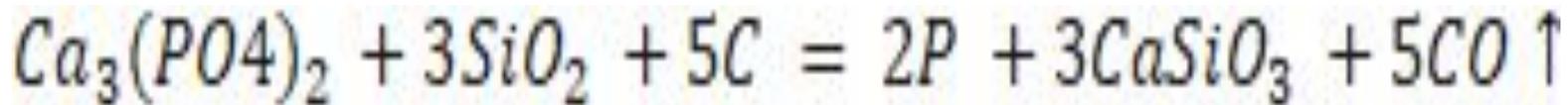
фосфорит  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

На Кольском полуострове имеются самые большие в мире запасы апатитов.

# Получение.

В промышленности :

Фосфор получают из апатитов и фосфоритов, нагревая их в электрической печи без доступа воздуха в присутствии оксида кремния IV:



Печь для  
получения фосфора  
в промышленности

Что называется аллотропией?

Аллотропия - способность атома  
одного химического элемента  
образовывать простые вещества  
разного состава или разного  
строения

# Аллотропные модификации фосфора

Белый  
Фосфор



Красный  
Фосфор



Чёрный  
Фосфор



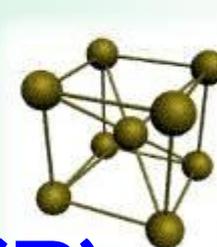
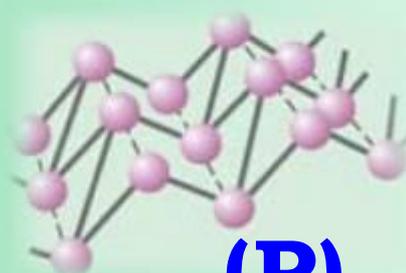
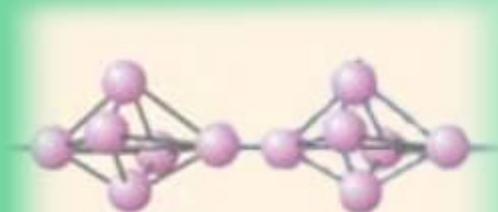
Металлический  
Фосфор



↑ без доступа  
воздуха  
500 °C  
В атм. CO

560 °C

<sup>10</sup>  
8,3 · 10 Па



↑ пл. = 44,1 °C  
P = 1823 кг/м<sup>3</sup>  
Светится при  
комнатной  
температуре

↑ пл. = 240 °C  
P = 2400 кг/м<sup>3</sup>  
Не светится  
Растворяется только  
в трибромиде фосфора

↑ пл. = 1000 °C  
P = 2690 кг/м<sup>3</sup>  
Не светится  
Не растворяется  
Проводит эл. ток

P = 3830 кг/м<sup>3</sup>  
Не светится  
Проводит эл.ток

# **Химические свойства фосфора:**

# Химические свойства.

## Как окислитель

Взаимодействует с металлами с образованием \_\_\_\_\_:



# Химические свойства.

## Как окислитель

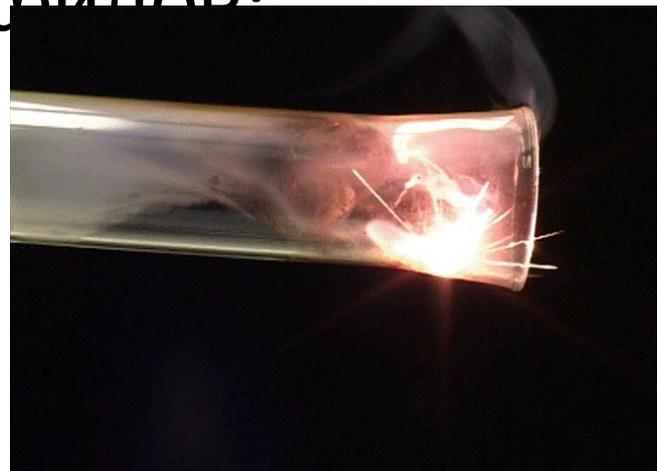
Взаимодействует с металлами с образованием фосфидов:



(фосфид кальция)

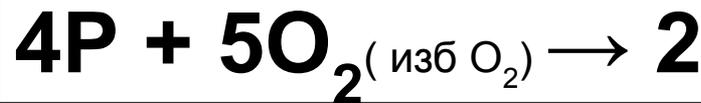


(фосфид натрия)

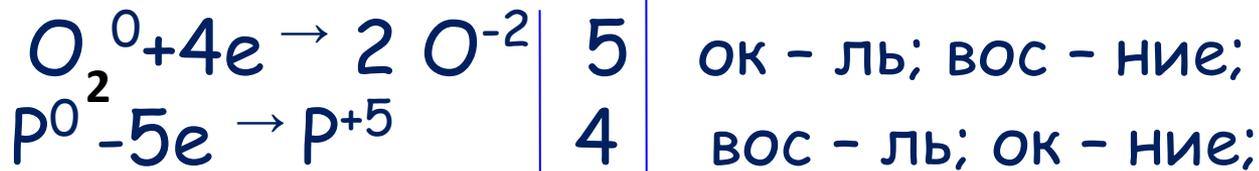


# Как восстановитель

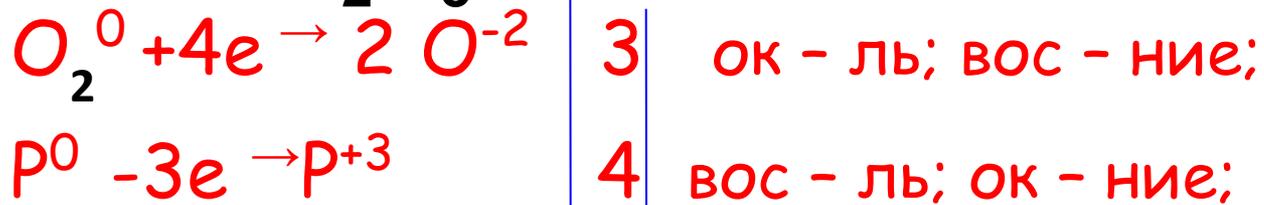
Горит в кислороде и на воздухе с образованием оксида фосфора (V):



(оксид фосфора (V), или фосфорный ангидрид.)



(оксид фосфора (III), или фосфористый ангидрид.)



Видеофрагмент «сравнение  
температур воспламенения  
фосфора»

**Взаимодействует с галогенами и с серой.**



**Взаимодействует с галогенами и с серой.**



С водородом фосфор не  
соединяется.

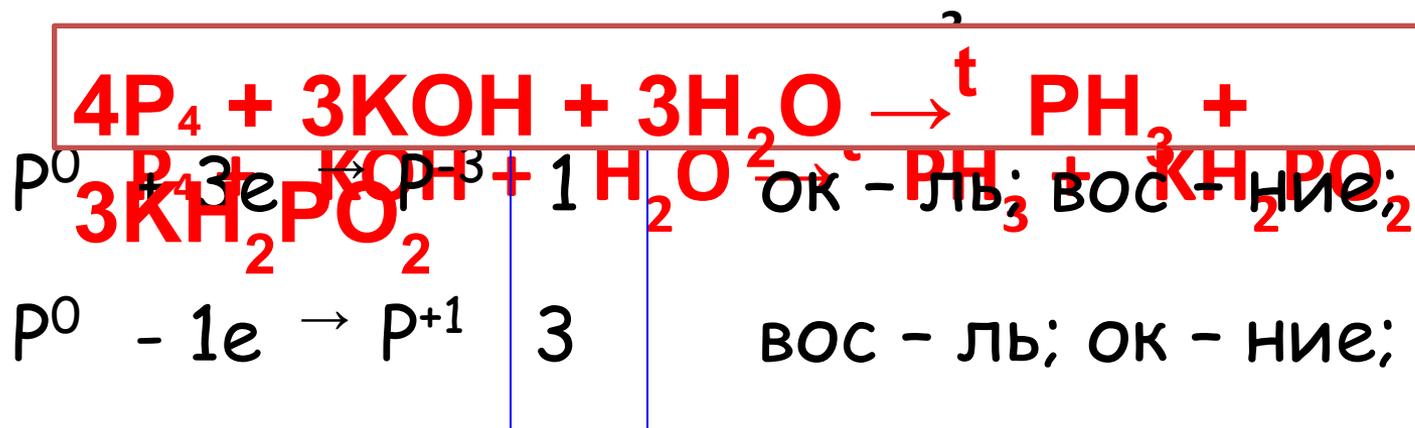
**Взаимодействие со сложными вещес**

# Взаимодействие со сложными веществами

## Взаимодействие со щелочами

В холодных концентрированных растворах щелочей также медленно протекает реакция

диспропорционирования:



# Взаимодействие со сложными веществами

Сильные окислители превращают фосфор в фосфорную кислоту:



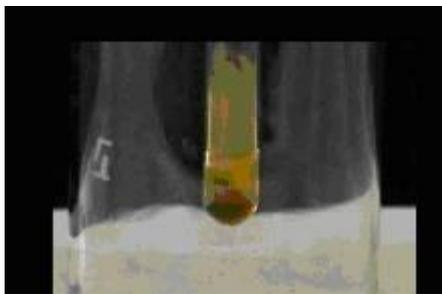
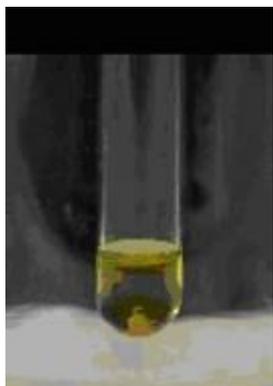
5

ОК - <sup>Н<sub>2</sub>О</sup>ль; ВОС - ние;



1

ВОС - ль; ОК - ние;

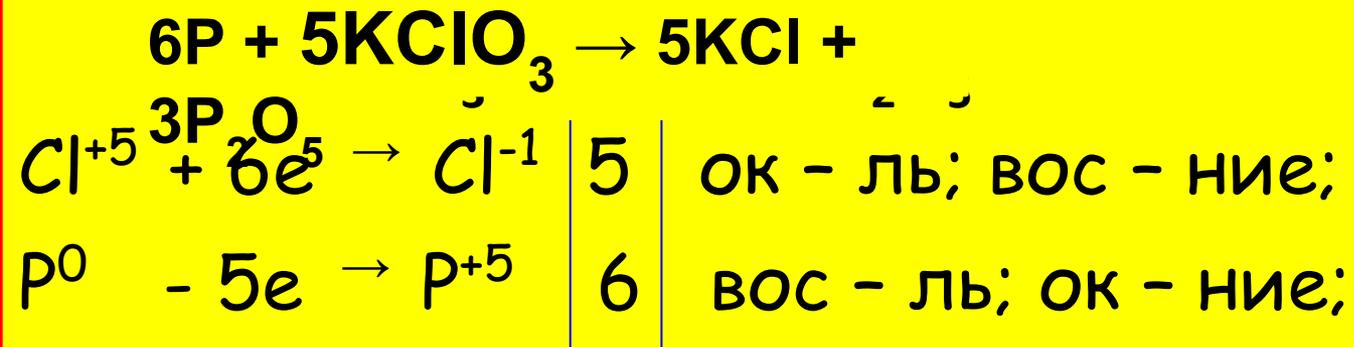


# Взаимодействие со сложными веществами

Сильные окислители превращают фосфор в фосфорную кислоту:



Реакция окисления фосфора происходит при поджигании спичек, в качестве окислителя выступает бертолетова соль:



Такая реакция происходит, когда мы зажигаем спички. В головке спичек содержится бертолетова соль, в намазке шкурки – красный фосфор



# Соединения фосфора

$\text{PH}_3$  – фосфин.

- Бесцветный,
- Ядовитый газ,
- С чесночным запахом,
- Легко самовоспламеняется на воздухе.

## Получение:

Действие соляной кислоты на фосфиды металлов, например:



# Химические свойства $\text{PH}_3$ :

Фосфин при температуре около  $150\text{ }^\circ\text{C}$  самовоспламеняется на воздухе.



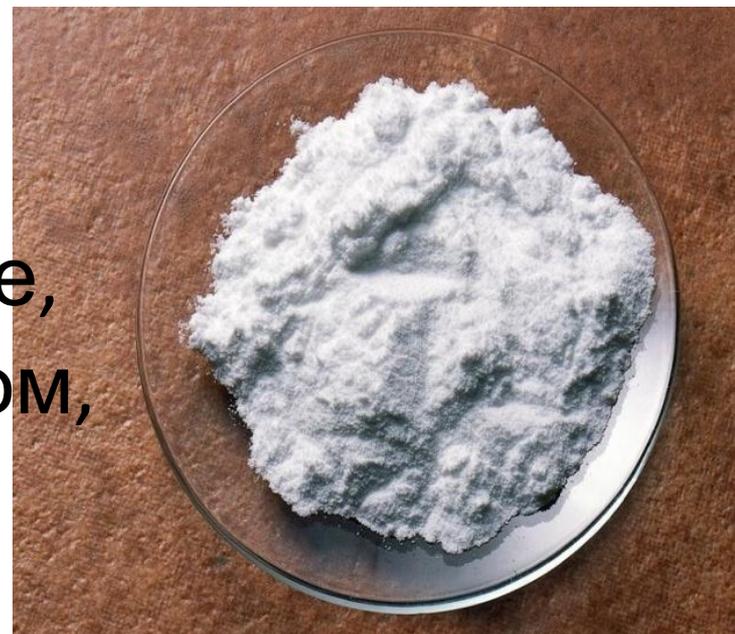
Фосфин восстанавливает соли некоторых малоактивных металлов до свободных металлов, например:



Практического значения фосфин не имеет.

$P_2O_5$  – оксид фосфора (V), или фосфорный ангидрид.

- Белый порошок,
- Без запаха,
- Хорошо растворяется в воде,
- Является кислотным оксидом,
- Образует несколько кислот:



При нагревании

Ортофосфорная, или фосфорная,  
кислота

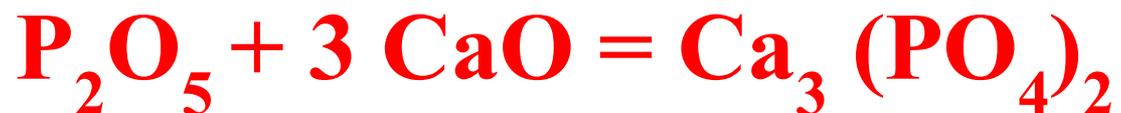


На холоде

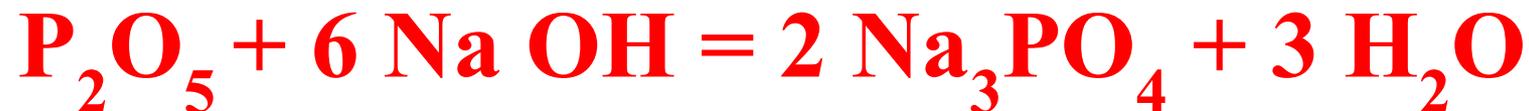
Метафосфорная кислота.

С чем кислотный оксид  $P_2O_5$  будет  
взаимодействовать :

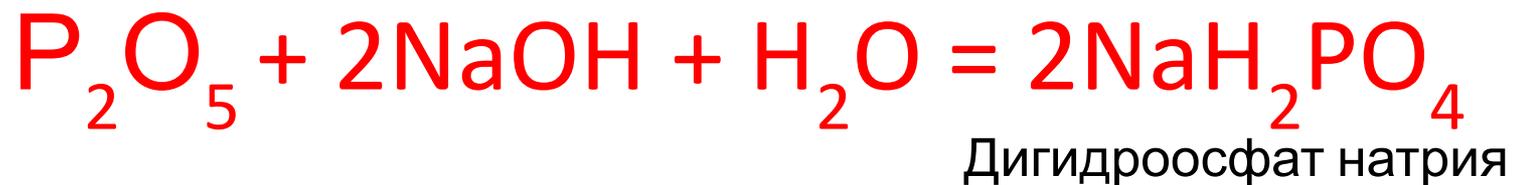
**С основными оксидами**



**Со щелочами**



При взаимодействии в избытке  $P_2O_5$  со щелочами могут образовываться не только средние, но и кислые соли:

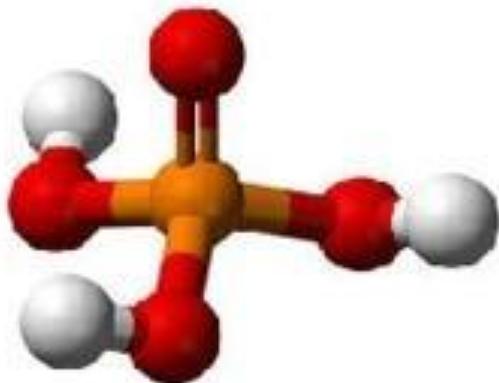
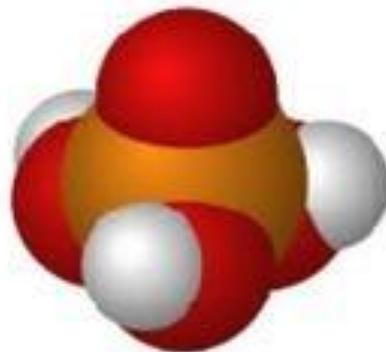
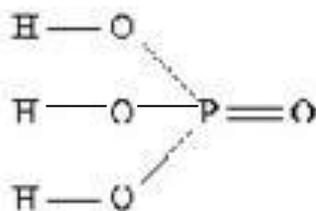




# Ортофосфорная кислота

Ортофосфорная кислота -  $\text{H}_3\text{PO}_4$

- кристаллическое,
- нелетучее,
- твердое,
- бесцветное вещество.

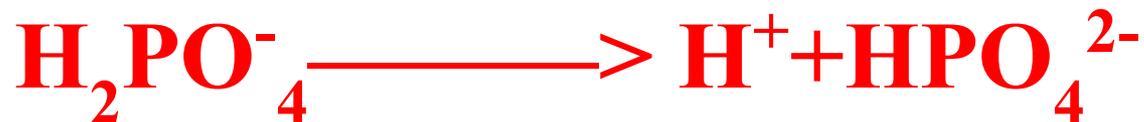
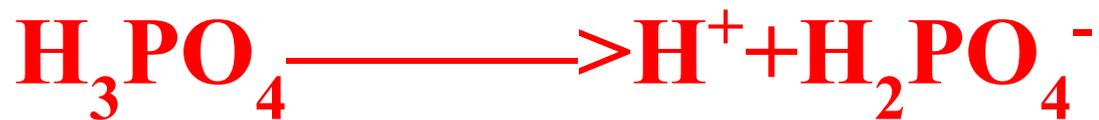


# Химические свойства ортофосфорной кислоты

общие с другими кислотами



1. *Водный раствор кислоты изменяет окраску индикаторов. Диссоциация происходит ступенчато:*



*Легче всего идет диссоциация по первой ступени и труднее всего — по третьей*

# Химические свойства ортофосфорной кислоты общие с другими кислотами

2. Реагирует с металлами, расположенными в вытеснительном ряду до водорода:



3. Реагирует с основными оксидами:

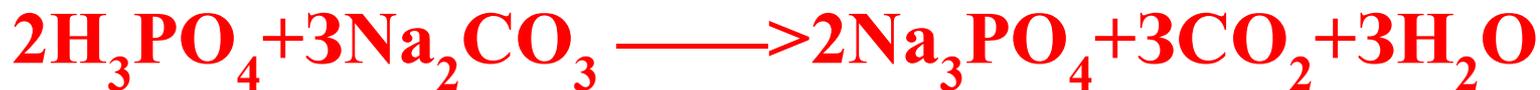


# Химические свойства ортофосфорной кислоты общие с другими кислотами

4. Реагирует с основаниями и аммиаком; если кислота взята в избытке, то образуются кислые соли:



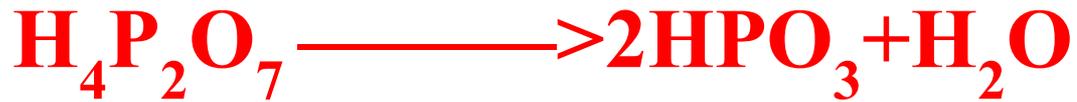
5. Реагирует с солями слабых кислот:



# Химические свойства ортофосфорной кислоты

## специфические

1. При нагревании постепенно превращается в метафосфорную кислоту:

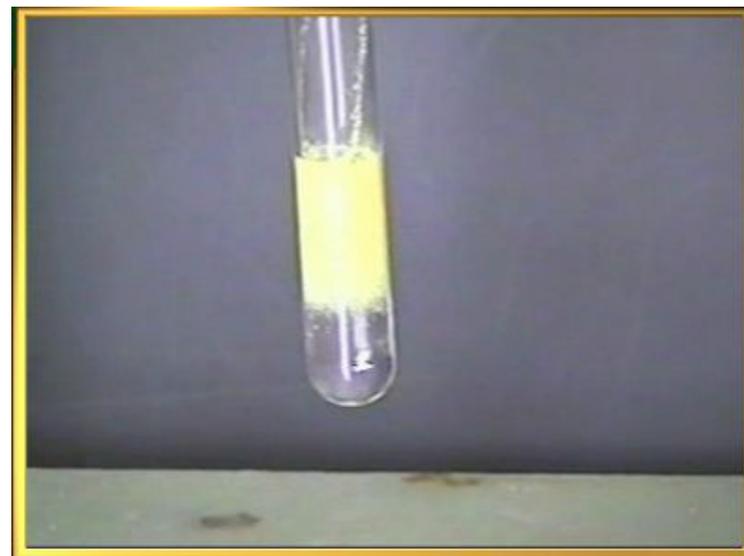




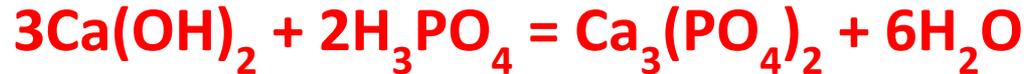
## Качественная реакция на фосфат-ион $\text{PO}_4^{3-}$



- $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 \longrightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{HNO}_3$
- желтый осадок
- $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$  (желтый фосфат серебра)
- Полученный осадок растворяется в сильных кислотах.
- По этому признаку его можно отличить от других нерастворимых солей серебра желтого цвета –  $\text{AgI}$ ,  $\text{AgBr}$



# Соли фосфорной кислоты



Фосфаты являются хорошими удобрениями, которые повышают урожайность.

Перечислим наиболее значимые:

Фосфоритная мука -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Простой суперфосфат - смесь  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4$

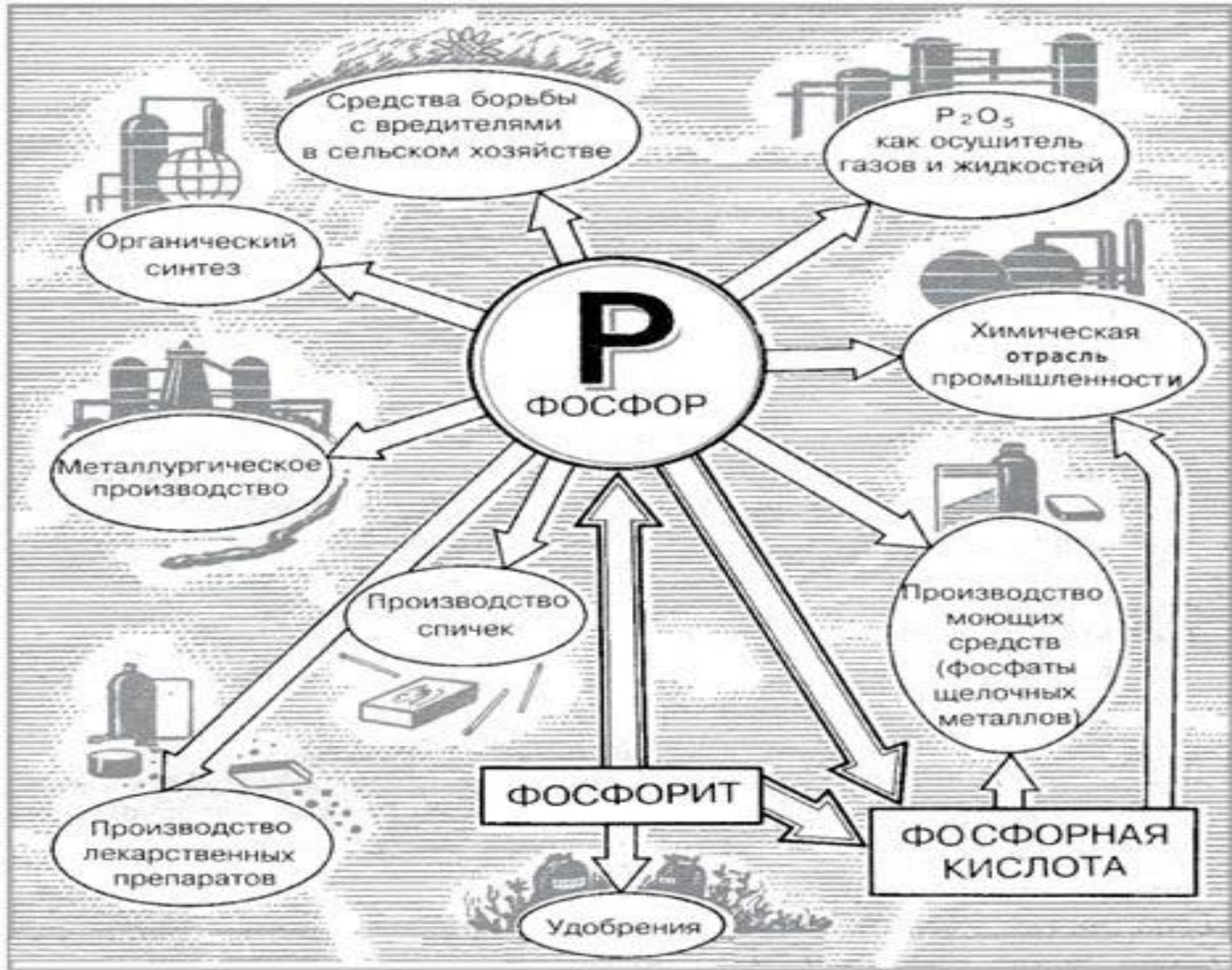
Двойной суперфосфат -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Дигидрофосфат аммония ( Аммофос ) - в основном состоит из моноаммонийфосфата -  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Гидрофосфат аммония –  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  с  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и другими примесями

Костная мука - продукт переработки костей домашних животных  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Преципитат -  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



# Закрепление

Осуществите превращение согласно схеме:

