



# ФОСФОР И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ



# Нахождение в природе

## Нахождение в природе



Содержание фосфора в земной коре составляет 0,093%.

В природе фосфор встречается только в виде соединений, главным образом апатитов, фосфоритов.



# НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ

## Основные минералы

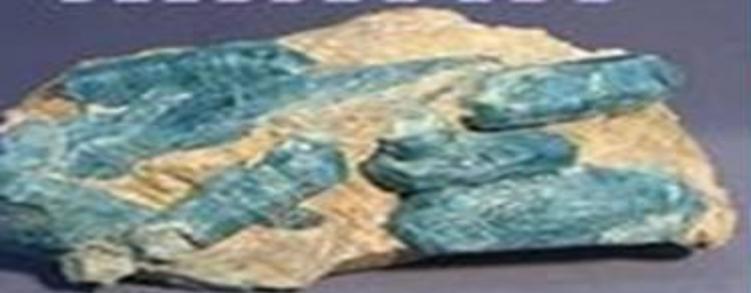
Бирюза



# Нахождение в природе и организме



**АПАТИТ**



- В свободном состоянии в природе не встречаются вследствие легкой окисляемости фосфора. Природные минералы – фосфорит  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , апатит –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$  или  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ .
- Зубная эмаль, представляющая собой в соответствии со своими функциями самое твёрдое из веществ, тот же самый апатит.
- В растениях фосфор сосредотачивается главным образом в семенах и плодах, в организме животных, птиц и рыб – в скелете нервной ткани. В среднем тело человека содержит около 1,5 кг фосфора, из которых около 1,4 кг приходится на кости. Если бы фосфор исчез из костей, наше тело превратилось бы в бесформенные массы. Если бы фосфор исчез из мышц, мы утратили бы способность двигаться, из нервной ткани мы перестали бы мыслить.
- Академик А.Е. Ферсман назвал фосфор “элементом жизни и мысли”.

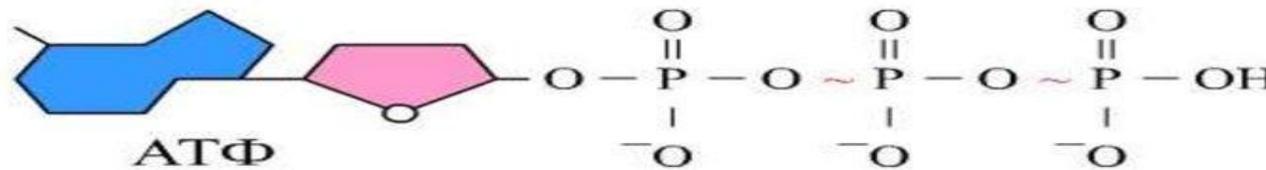
# Аденозинтрифосфорная кислота- хранитель энергии клеток

## Аденозинтрифосфорная кислота АТФ

Азотистое  
основание  
аденин

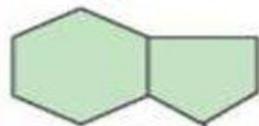
Рибоза

Три остатка  
фосфорной  
кислоты



Аденин

Остатки  
фосфорной кислоты

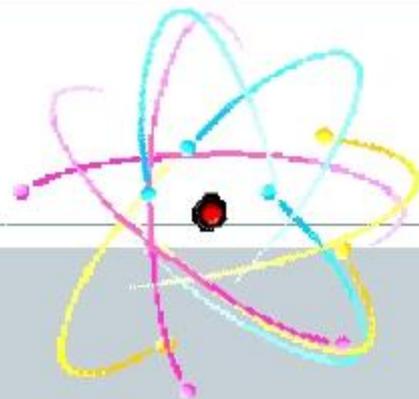


Рибоза



**АТФ — универсальный хранитель и переносчик энергии в клетке. Практически все идущие в клетке биохимические реакции, которые требуют затрат энергии, в качестве ее источника используют АТФ.**

# Строение атома



15  
**P**  
ФОСФОР  
30,973  
5  
8  
2  
 $3s^2 3p^3$



Распаривание электронов в возбужденном состоянии. Наиболее устойчивые степени окисления: -3; +3; +5

# Фосфор как простое вещество

## Аллотропные модификации фосфора

Белый

- Химически активен;
- Ядовит;
- Светится

Желтый

- Ядовит;
- Огнеопасен (ярко-зеленое пламя);
- Самовоспламеняется

Красный

- Полимер;
- Не ядовит;
- Воспламеняется при ударе или трении

Черный

- Наиболее стабильная форма;
- Химически не активен;
- Полупроводник

Металлический

- Химически не активен;
- Хорошо проводит электрический ток



# Аллотропные модификации

белый

пары

красный

черный



260° воздух

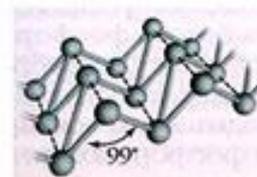
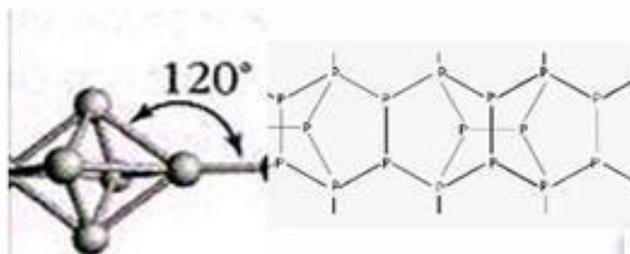
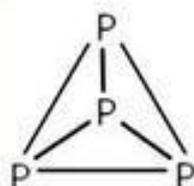
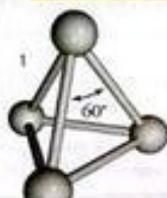


350°



$t^0 \uparrow$

$t^0 \uparrow$

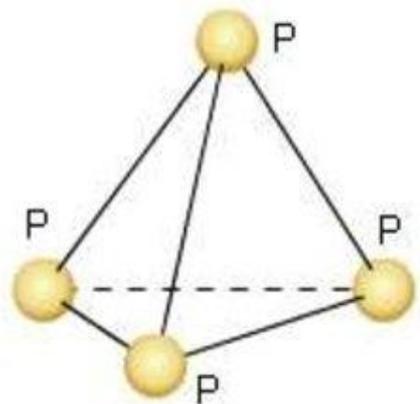


$P_4$ , запах чесночный,  
 $H_2O$ , орг. р-ли, летуч,  
 $T_{пл} = 44^{\circ}C$ ,  
молекулярная кр.  
решётка, активен, на  
воздухе окисляется, в  
темноте светится,  
**ЯДОВИТ!!!**

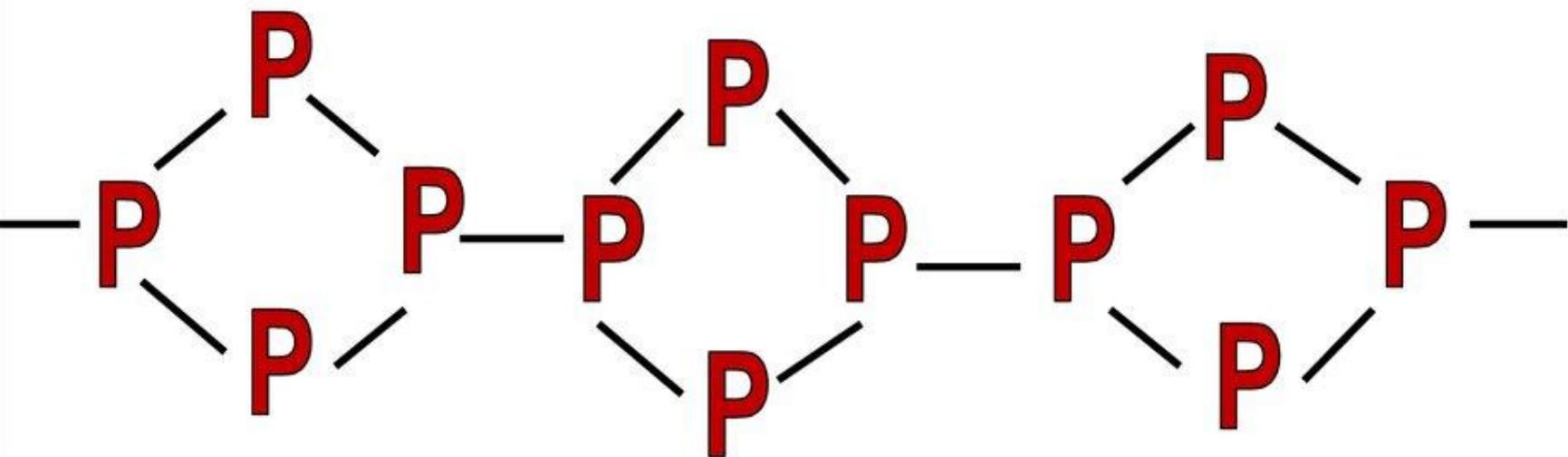
цвет красно-бурый,  $H$   
в воде и органических  
растворителях,  
атомная кр.  
решётка, устойчив **не**  
**ядовит.**

без запаха, похож на  
графит, жирный на  
ощупь,  $T_{пл} = 1000^{\circ}C$ ,  
 $H$  в воде и орг.  
растворителях,  
полупроводник,  
атомная кр. решетка  
(слоистая), устойчив.

# Строение аллотропных видоизменении фосфора



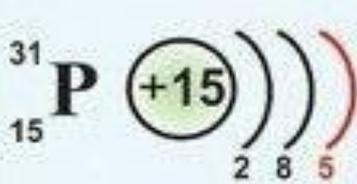
Белый фосфор



Красный фосфор

# Взаимопревращения модификаций фосфора

## 9. ФОСФОР. АЛЛОТРОПИЯ



$3s^2 3p^3$   
валентные электроны  
 $p$ -элемент

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



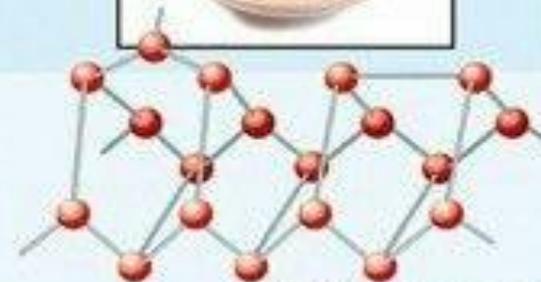
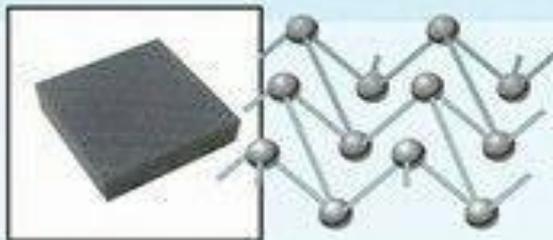
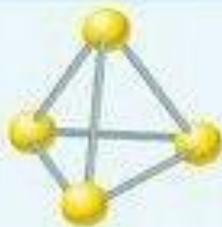
Природный минерал  
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$   
апатит



### Аллотропные модификации



Черный фосфор  $(\text{P})_n$



# Химические свойства фосфора

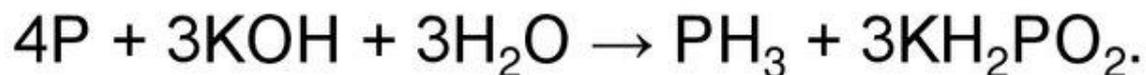
4) Взаимодействует с водой, при этом

диспропорционирует (700-800°C, кат. Pt? Cu):



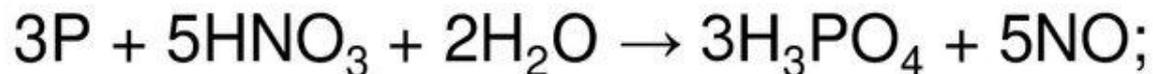
**5) Взаимодействие со щелочами**

В растворах щелочей диспропорционирование происходит в большей степени:



6) Сильные окислители превращают фосфор в

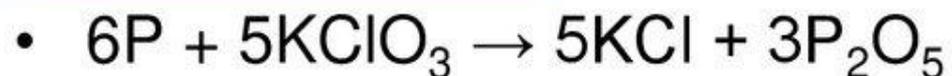
фосфорную кислоту:



7) Реакция окисления также происходит при

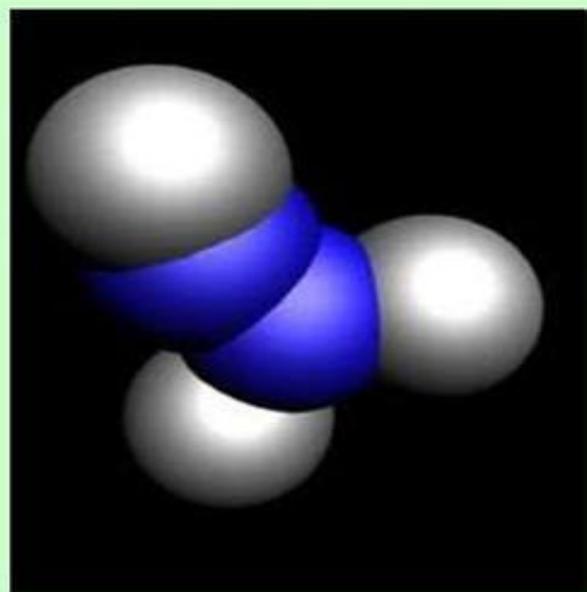
поджигании спичек, в качестве окислителя выступает

бертолетова соль:



**ПРИМЕНЕНИЕ!!!**

# Оксиды фосфора



Оксид фосфора (III)  $P_2O_3$  -

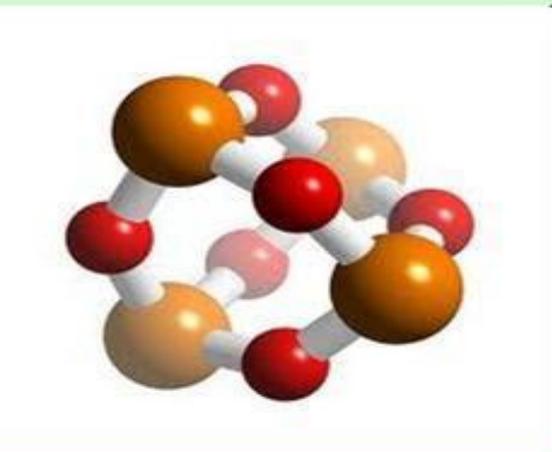
белое кристал. вещество

Наиболее важная модификация образованная димерными молекулами  $P_4O_6$  (температура плавления  $+23,50^\circ C$ , температура кипения  $+175,40^\circ C$ ).

Образуется при неполном окислении фосфора:

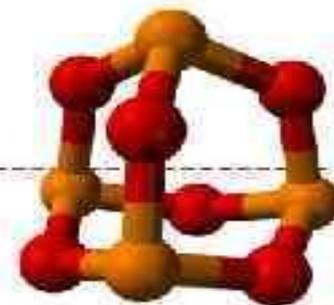


Остальные модификации полимерны.



# Химические свойства $P_2O_3$

Оксид фосфора (III) –  
фосфористый ангидрид



- ❑ Истинная формула  $P_4O_6$ ;
- ❑ Простейшая формула  $P_2O_3$ ;
- ❑ Белые хлопья или кристаллы с неприятным запахом;
- ❑ Весьма летучий;
- ❑ Неустойчив на свету, вначале желтеет, а затем краснеет;
- ❑ Хорошо растворяется в органических растворителях – бензоле, сероуглероде
- ❑ Легко окисляется  $O_2$  воздуха по реакции:  
$$P_2O_3 + O_2 \rightarrow P_2O_5$$
- ❑  $P_2O_3$  обладает всеми свойствами кислотного оксида – взаимодействует с водой с образованием фосфористой или фосфоновой кислоты:  
$$P_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_2PNO_3 \text{ (} H_3PO_3 \text{)}$$
- ❑ Взаимодействует со щелочами, образуя средние соли:  
$$P_2O_3 + 4KOH \rightarrow 2K_2PNO_3 + 2H_2O$$

*фосфит калия*



# Оксид фосфора (V)

$P_2O_5$  – белый порошок, очень гигроскопичен (самый эффективный осушитель).

Является типичным *КИСЛОТНЫМ* *ОКСИДОМ*.

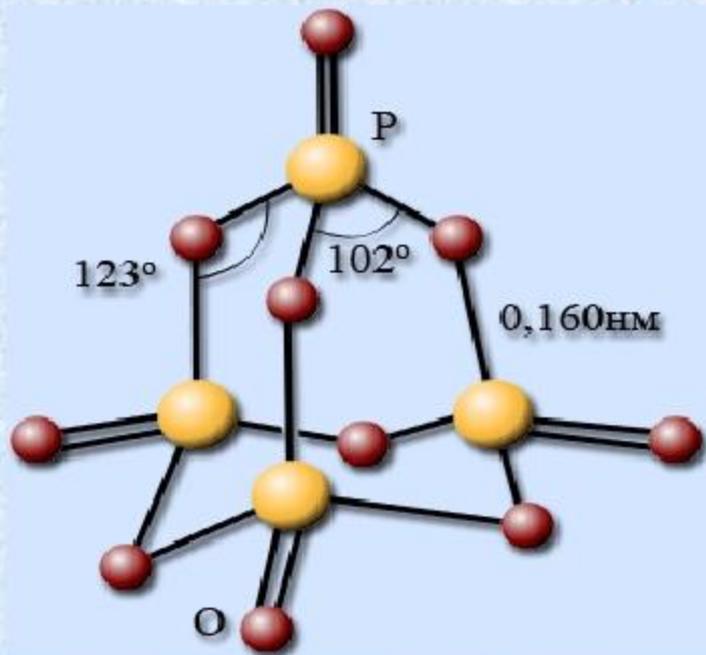
Взаимодействует с **основаниями и основными оксидами**.

Оксиду фосфора (V) соответствует **ортофосфорная кислота**.





# Состав. Строение



Степень окисления фосфора + 5

Валентность фосфора V

Химическая связь

ковалентная полярная

Кристаллическая решетка

молекулярная

## Оксид фосфора (V) – фосфорный ангидрид

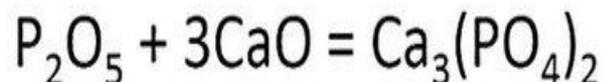
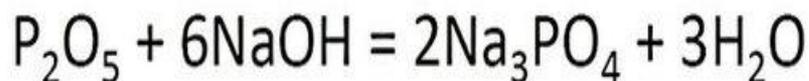
- **Физические свойства:** Оксид фосфора (V)  $P_2O_5$  — белый гигроскопичный порошок (поглощает воду), следует хранить в плотно закрытых сосудах.
- **Получение:** Получается при горении фосфора в избытке воздуха или кислорода



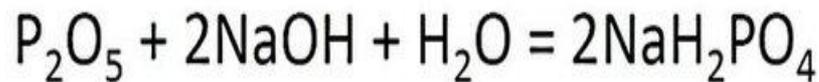
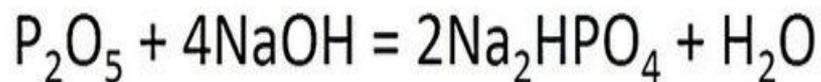
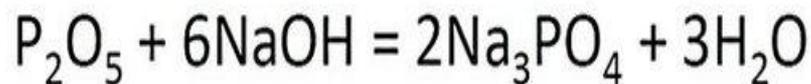
- **Применение:** Оксид фосфора (V) очень энергично соединяется с водой, а также отнимает воду от других соединений. Применяется как осушитель газов и жидкостей.

## Оксид фосфора (V)

Оксид фосфора(V), как и полагается большинству кислотных оксидов, реагирует с основаниями и основными оксидами. Например:



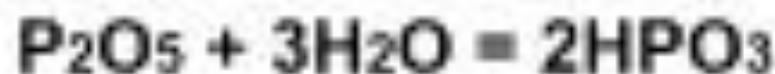
В реакциях  $\text{P}_2\text{O}_5$  с растворами щелочей в зависимости от пропорции возможно образование трех типов солей – фосфаты, гидрофосфаты и дигидрофосфаты.



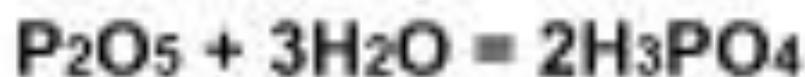
Соединения фосфора  $\text{P}^{+5}$ , несмотря на высшую степень окисления фосфора, практически не проявляют окислительных свойств.

## Свойства оксида фосфора (V).

1. При обычных условиях оксид фосфора очень гигроскопическое твердое вещество, белого цвета.
2. Проявляет свойства кислотных оксидов  
а) взаимодействие с водой:



t



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

## Физические свойства



- Белые прозрачные кристаллы,
- не ядовита
- **Кислота средней силы**
- С водой смешивается в любых соотношениях.
- $T_{\text{плав.}} = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , плавится без разложения, при умеренном нагревании разлагается.
- Окислительные свойства не проявляет (отличие от  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $\text{HNO}_3$ )

# Химические свойства фосфорной кислоты

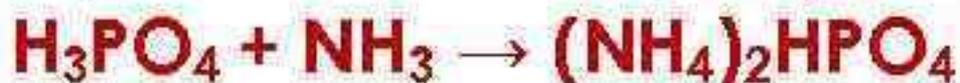
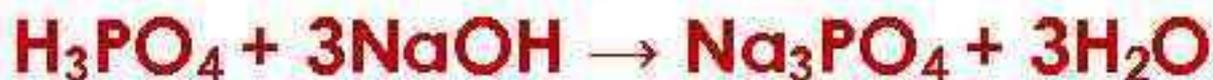
1. С металлами, стоящими в ряду напряжения металлов до водорода:



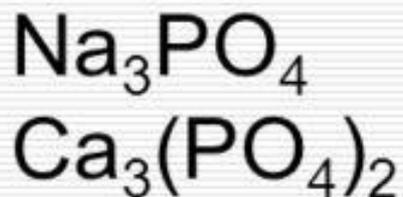
2. С основными оксидами:



3. С основаниями и аммиаком:

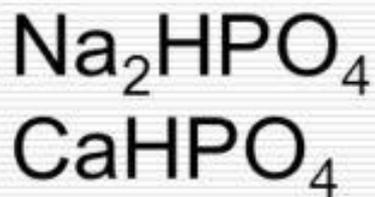


# Соли фосфорной кислоты

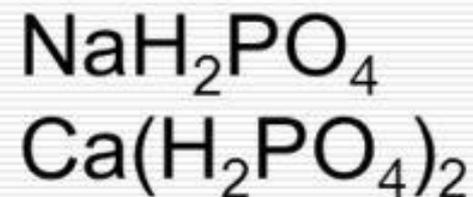


фосфаты

средние соли



гидрофосфаты



дигидрофосфаты

кислые соли

	$\text{NH}_4^+$	$\text{Li}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Be}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Ag}^+$
$\text{PO}_4^{3-}$	Р	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н

## II. Специфические

2) При действии раствора нитрата серебра (I) появляется желтый осадок (качественная реакция на ион  $\text{PO}_4^{3-}$ ):

