

# фосфор и его соединения



# 1. Общая характеристика.

- неметалл,
- $A_r=31$
- V группа, главная подгруппа
- 3 период, 3 ряд
- степени окисления -3,0,+1,+3,+5.
- оксиды  $P_2O_3$  и  $P_2O_5$  - оба оксида кислотные
- Кислоты:
- $H_3PO_3$  –фосфористая кислота
- $H_3PO_4$  –фосфорная кислота
- летучее водородное соединение  $PH_3$ -газ фосфин ( связь ковалентная почти неполярная)

■ **P** **Фосфор**  
(*Phosphorus-Светоносец*)



## 2. Строение атома.

- $Z = +15$

- ${}_{+1}p = 15$

- $on = 16$

- $e = 15$

- $+15)2)8)5$

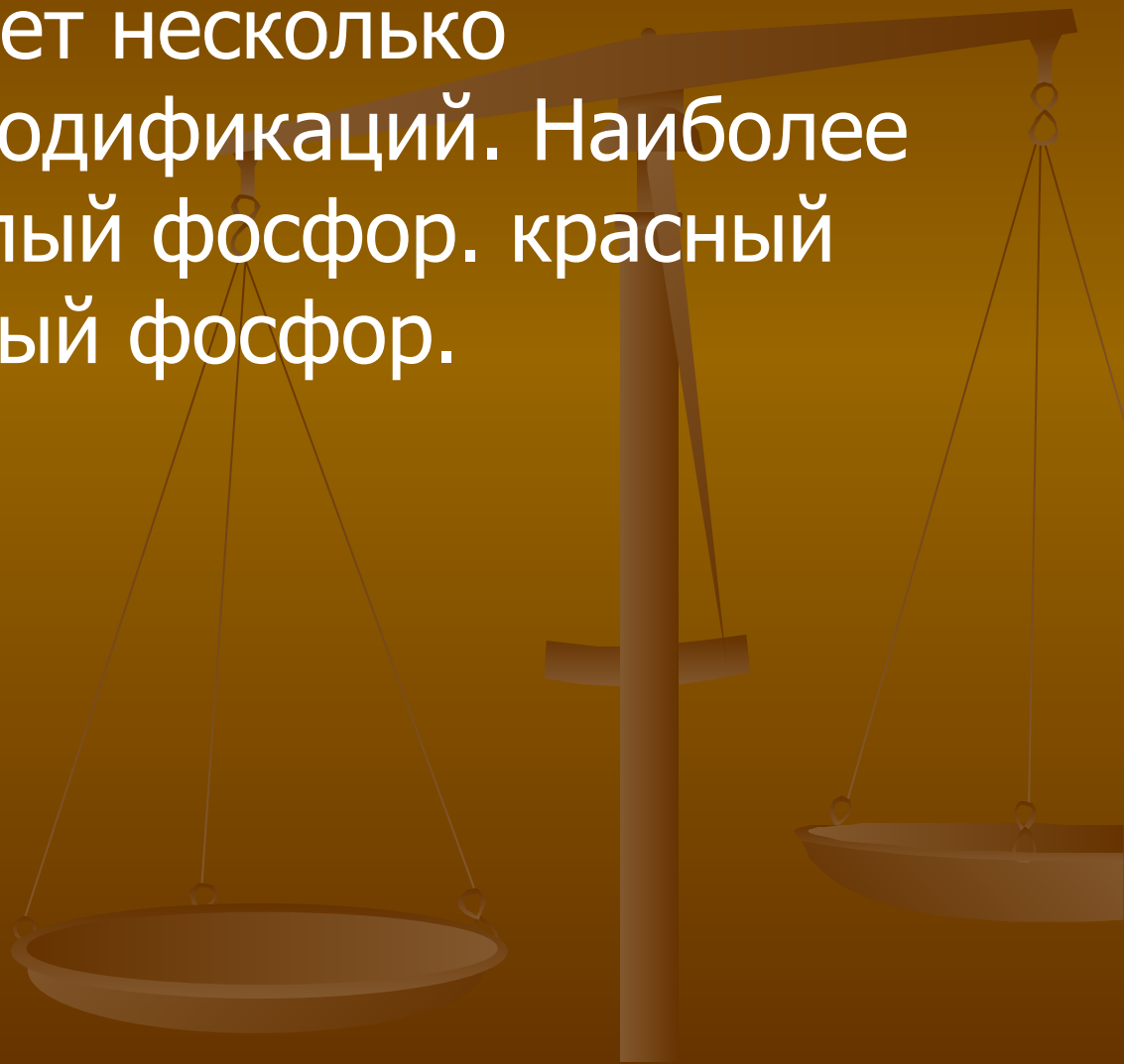
- $\quad\quad\quad 2\quad 2\quad 6\quad 2\quad 3\quad 0$

- $1S\ 2S\ 2P\ 3S\ 3P\ 3d$

- *В атоме фосфора возможен переход электронов на вакантный d-подуровень, поэтому фосфор легко проявляет степени окисления +3 и +5.*

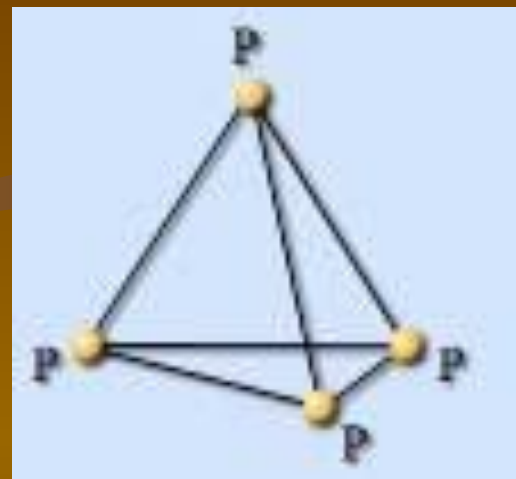
# 3. Строение молекулы.

- Фосфор образует несколько аллотропных модификаций. Наиболее известные – белый фосфор, красный фосфор и чёрный фосфор.



# а) Белый фосфор.

- Белый фосфор имеет молекулярную кристаллическую решетку, в узлах которой находятся молекулы  $P_4$ . В молекуле  $P_4$  связи **P-P** довольно легко разрываются. Этим объясняется высокая химическая активность белого фосфора.



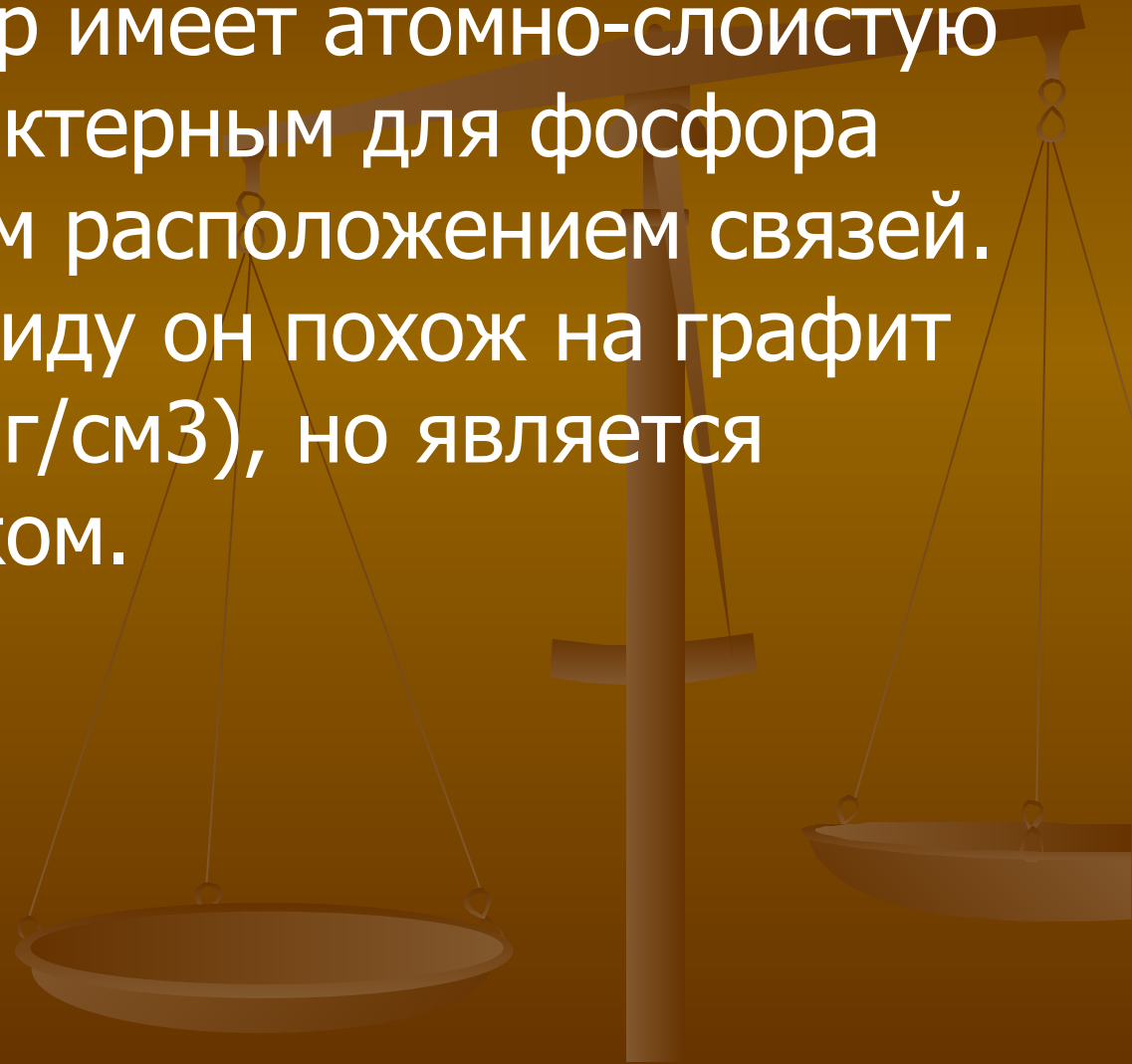
## б) Красный фосфор.

- Существует несколько форм красного фосфора. Их структуры окончательно не установлены. Они являются полимерными веществами, состоящими из пирамидально связанных атомов.



## в) Чёрный фосфор

- Черный фосфор имеет атомно-слоистую решетку с характерным для фосфора пирамидальным расположением связей. По внешнему виду он похож на графит (плотность  $2,7 \text{ г/см}^3$ ), но является полупроводником.



# 4. Нахождение в природе.

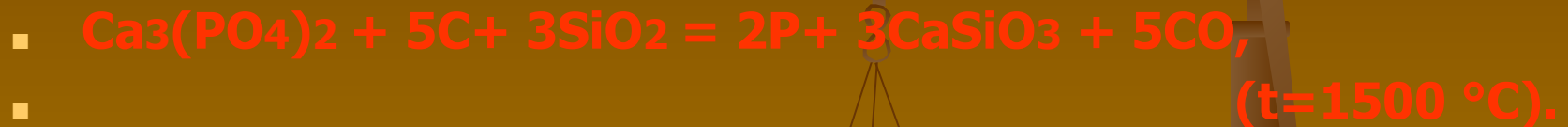
- Содержание фосфора в земной коре составляет  $9,3 \cdot 10^{-2}$  (по массе). В природе фосфор встречается только в виде соединений. Основными минералами фосфора являются фосфорит  $Ca_3(PO_4)_2$  и аппатит  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$ .
- Кроме того, фосфор входит в состав белковых веществ, а также костей и зубов.



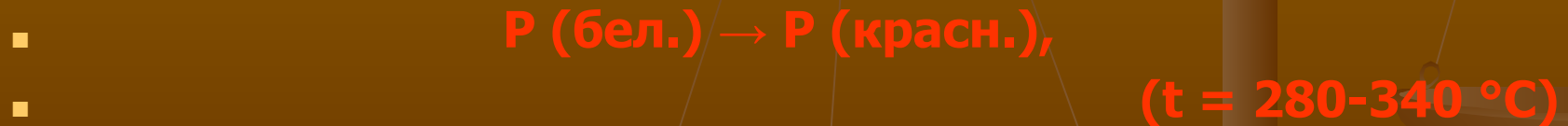


# 5. Получение.

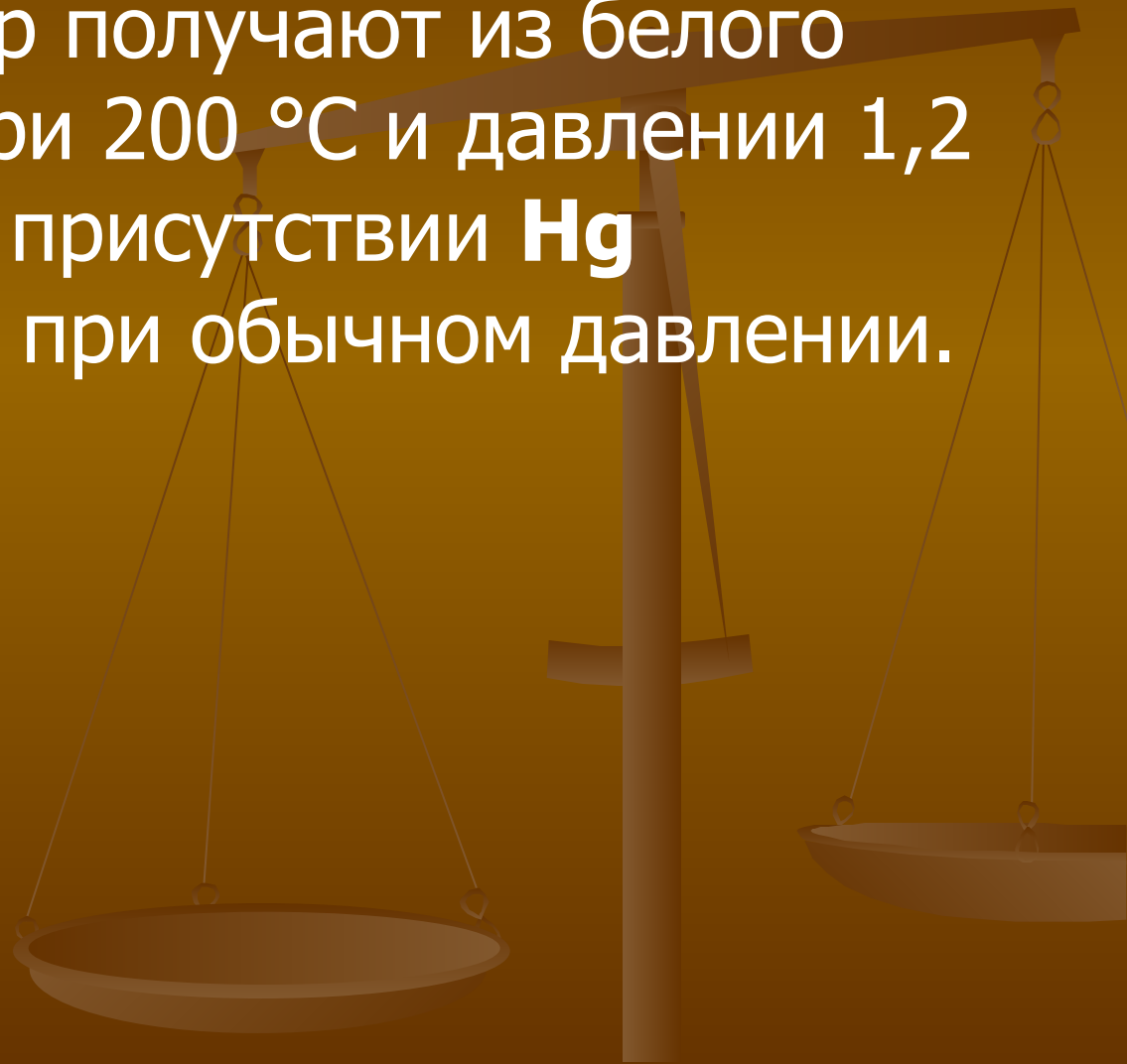
- **Фосфор получают в электрических печах по реакции:**



- При быстрой конденсации паров под водой образуется белый фосфор. Красный фосфор образуется из белого при длительном нагревании его без доступа воздуха:



- Черный фосфор получают из белого нагреванием при  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1,2 \cdot 10^6\text{ кПа}$  или в присутствии **Hg** (катализатора) при обычном давлении.



# 6. Физические свойства.

## ■ Белый фосфор



- Он чрезвычайно
- ядовит !



- Мягкое, бесцветное, воскообразное вещество. Он легкоплавок (температура плавления  $44,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $275\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), летуч, растворяется в сероуглероде и в ряде органических растворителей, светится в темноте (в результате медленного окисления - хемилюминесценция).

- **Красный фосфор**



- **Не ядовит!**

- в зависимости от способов получения обладает различными свойствами. Например, его плотность изменяется в интервале 2-2,4 г/см<sup>3</sup>, температура плавления 585-600 °С, цвет от темно-коричневого до красного и фиолетового. Красный фосфор практически не растворяется ни в одном растворителе,
- **в темноте не светится**

# 7. Химические свойства.

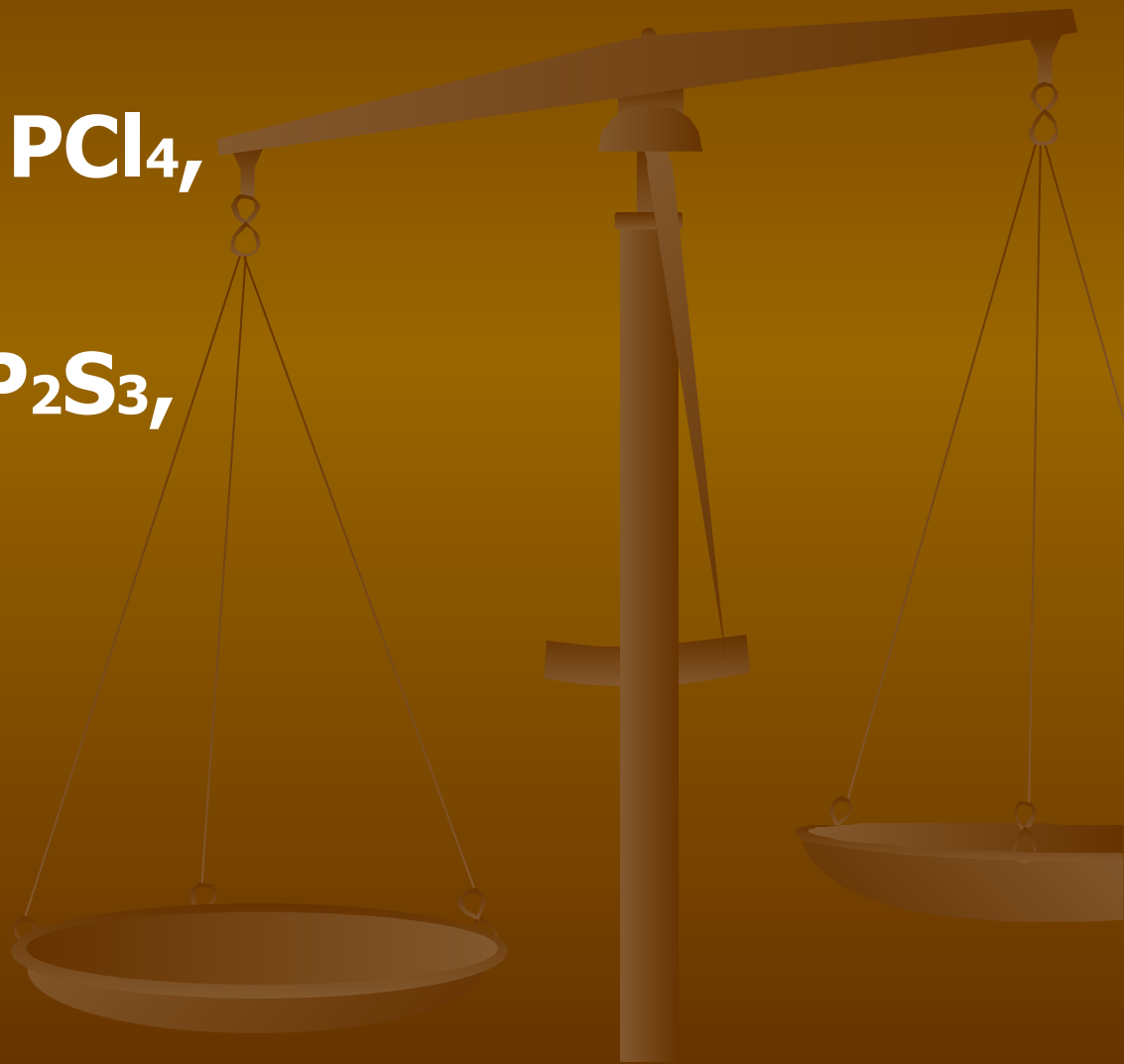
## *Свойства восстановителя.*

- а) Белый фосфор самый активный из всех модификаций. Например, белый фосфор горит при темп. 40С, а красный- 200С

При избытке кислорода фосфор окисляется до оксида фосфора (V), а при недостатке- до оксида фосфора (III)



# Реакции с галогенами и другими неметаллами



## Свойства окислителя.

■ при  $t=400\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



■ фосфид кальция

■ ( $t=300\text{-}360\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),



■ фосфин

■  **$\text{PH}_3$** - ядовитый газ с неприятным запахом. Легко воспламеняется на воздухе. Это свойство фосфина и объясняет появление болотных блуждающих огней.

■ (Его можно получить и из фосфидов металлов



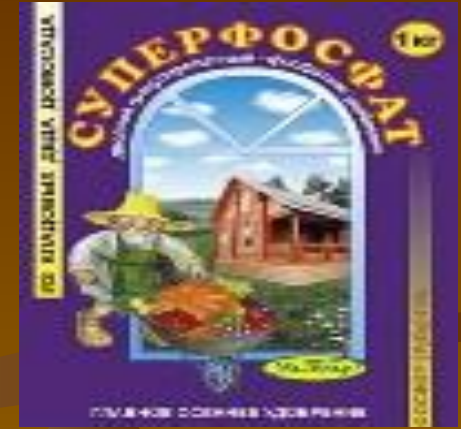


# 8. Применение.

- Белый фосфор применяют для получения других его аллотропных модификаций, фосфорных кислот, фосфатов, как боевое зажигательное вещество, для изготовления ядохимикатов и медикаментов.



- Красный фосфор применяют для изготовления спичек и как наполнитель (пары) в лампах накаливания для производства удобрений и кормовых добавок для животных.

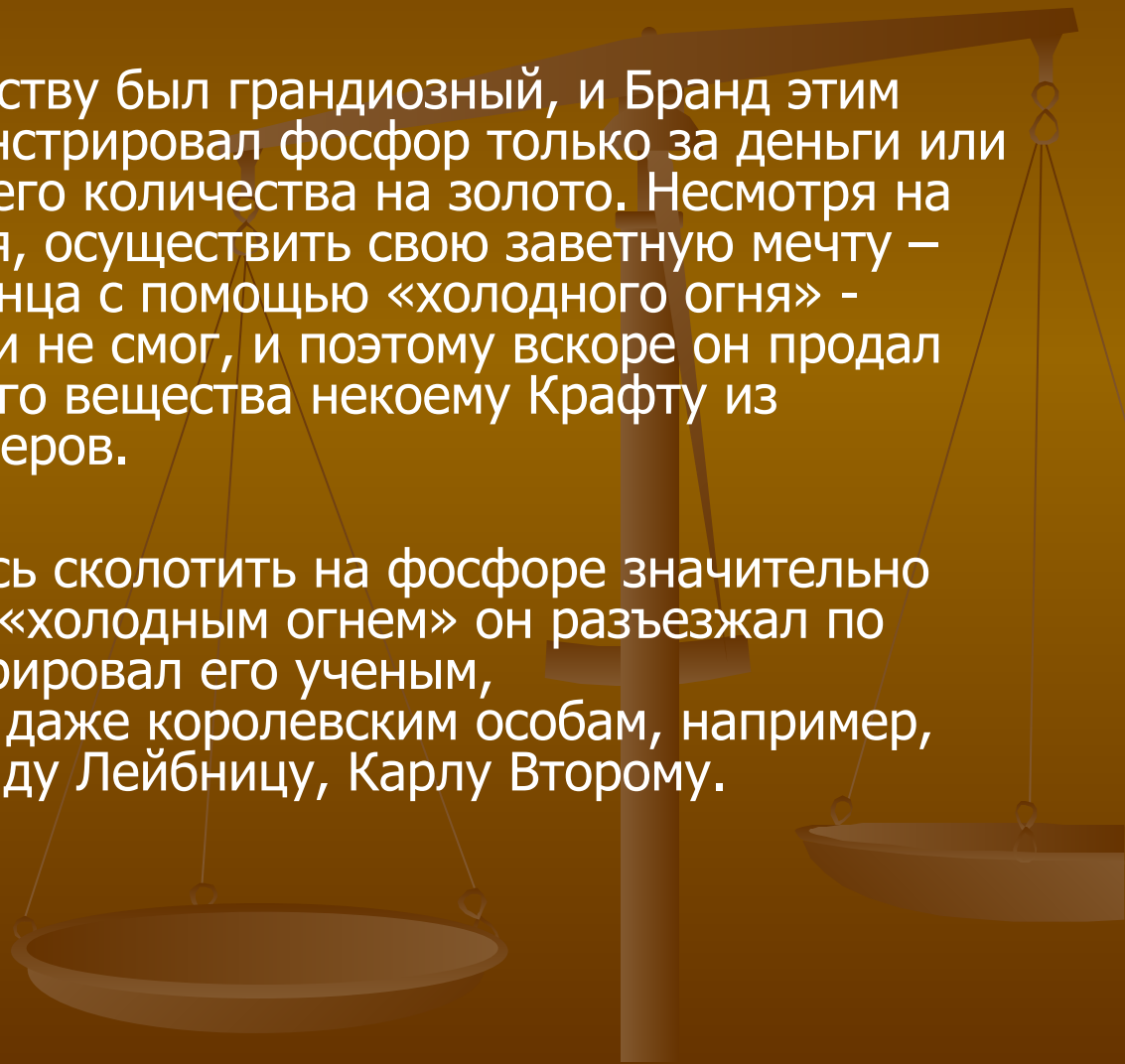


# 9. История открытия.

- В поисках "философского камня" немецкий алхимик Х. Бранд занимался перегонкой сухого остатка от выпаривания мочи. В приемнике оказалось вещество, испускавшее голубоватый свет. Так в 1669 году был открыт белый фосфор.



- В 1682 Бранд опубликовал результаты своих исследований, и сейчас он справедливо считается первооткрывателем элемента № 15. Фосфор явился первым элементом, открытие которого документально зафиксировано, и его первооткрыватель известен.
- Интерес к новому веществу был грандиозный, и Бранд этим пользовался – он демонстрировал фосфор только за деньги или обменивал небольшие его количества на золото. Несмотря на многочисленные усилия, осуществить свою заветную мечту – получить золото из свинца с помощью «холодного огня» - гамбургский купец так и не смог, и поэтому вскоре он продал рецепт получения нового вещества некоему Крафту из Дрездена за двести талеров.
- Новому хозяину удалось сколотить на фосфоре значительно бóльшее состояние – с «холодным огнем» он разъезжал по всей Европе и демонстрировал его ученым, высокопоставленным и даже королевским особам, например, Роберту Бойлю, Готфриду Лейбницу, Карлу Второму.





- Долгое время фосфор не считали простым веществом, и только в 1770-х годах французский химик
- Антуан Лоран Лавуазье
- в своих работах, посвященных исследованию состава воздуха, смог твердо установить, что фосфор является простым веществом.

# ОКСИДЫ ФОСФОРА

## 1. $P_2O_5$ - оксид фосфора (V) (фосфорный ангидрид),

- в парообразном состоянии имеет состав  $P_4O_{10}$ . Он представляет собой белый порошок, температура плавления  $422\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $591\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
Оксид фосфора (V) гигроскопичен .

- Получают его сжиганием фосфора в **избытке** сухого воздуха.  
 $4P + 5O_2(\text{изб.}) = 2P_2O_5$
- **Это кислотный оксид**
- **( вспомни свойства кислотных оксидов).**  
При соединении с водой образует две кислоты:



- **метафосфорная кислота**

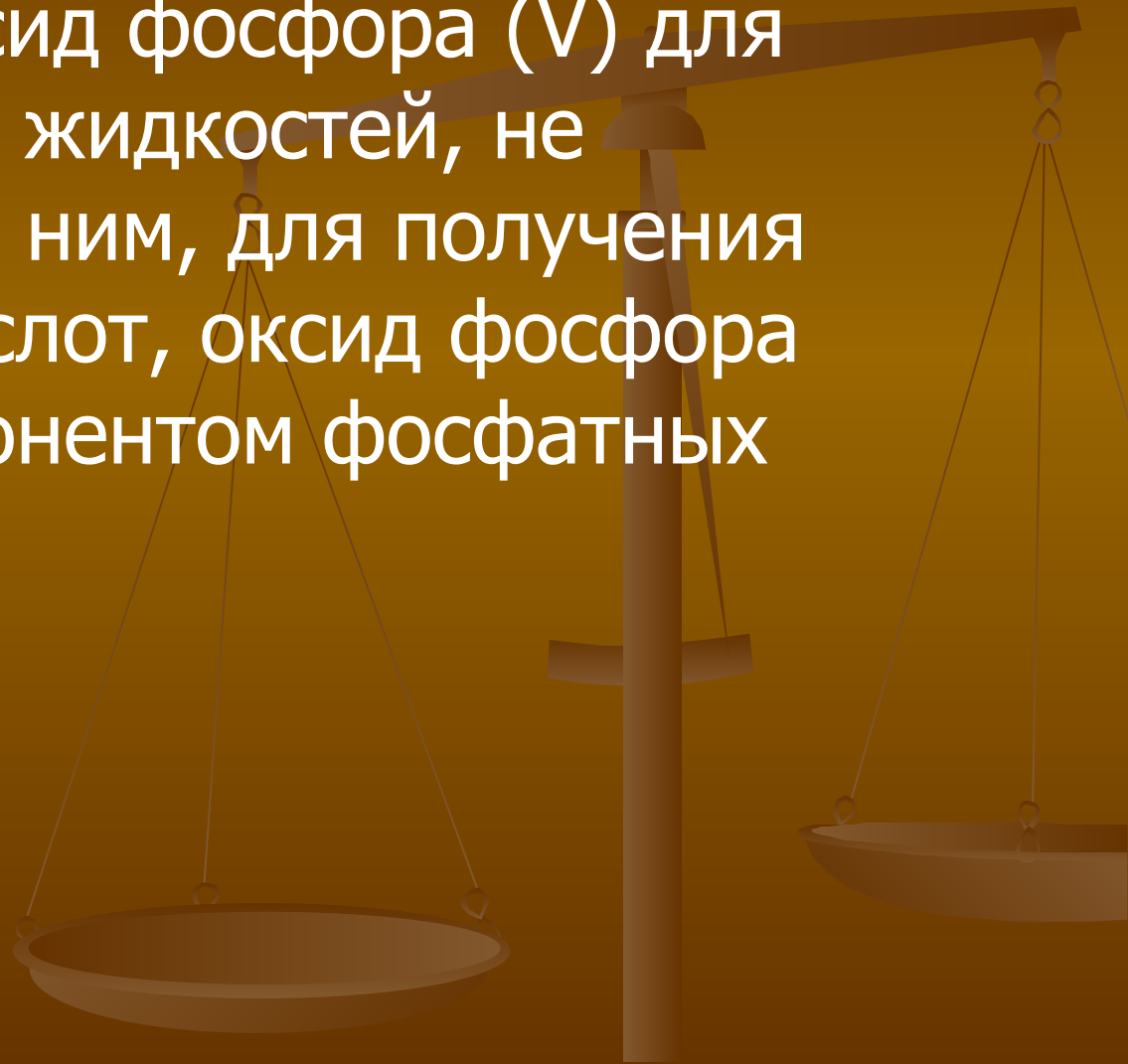


- **ортофосфорная кислота**



# применение

- Применяют оксид фосфора (V) для осушки газов и жидкостей, не реагирующих с ним, для получения фосфорных кислот, оксид фосфора является компонентом фосфатных стекол.

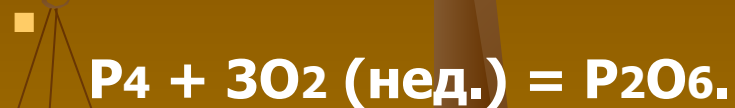




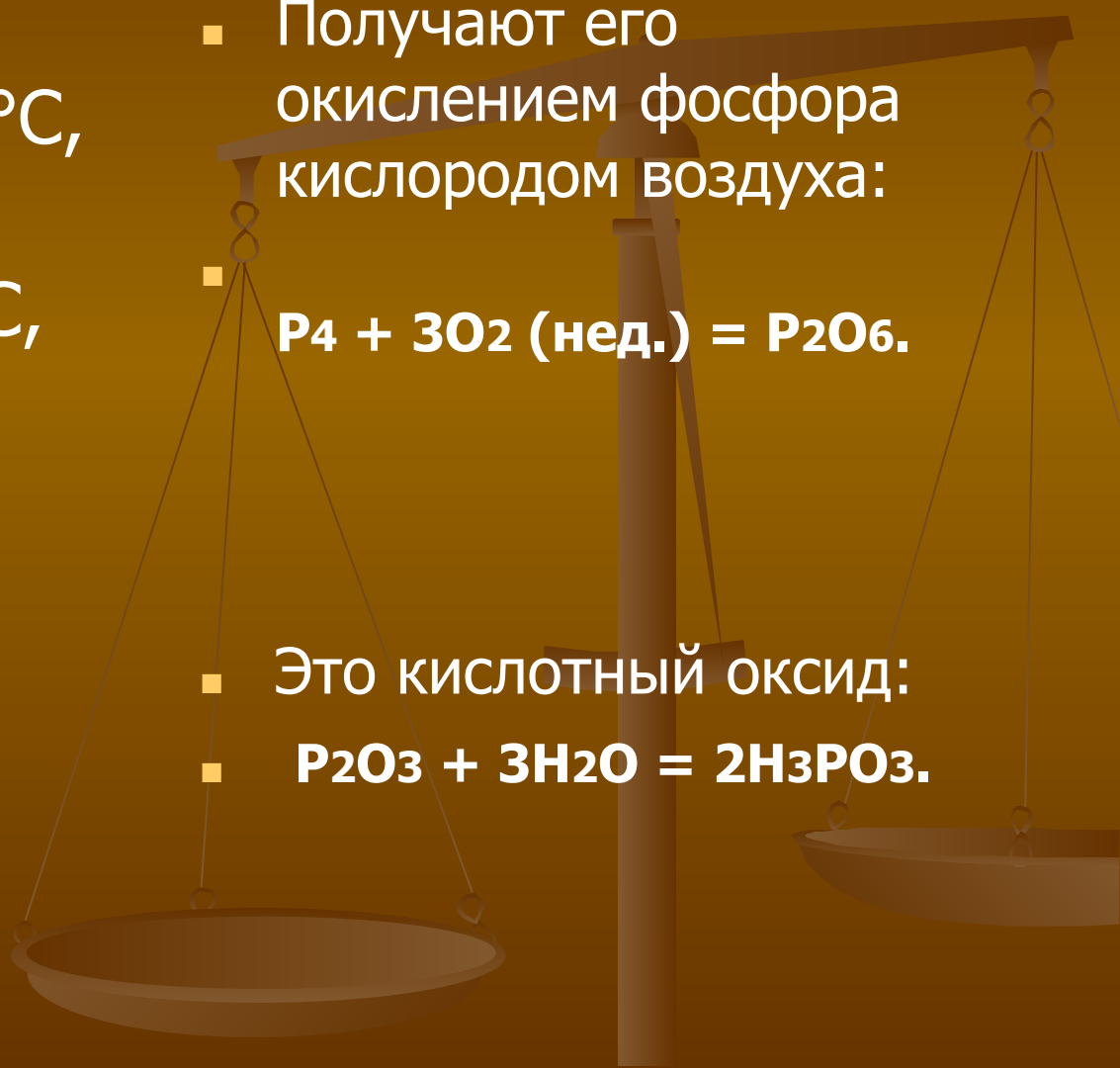
## 2. $\text{P}_2\text{O}_3$ ( $\text{P}_4\text{O}_6$ ) - оксид фосфора (III) (фосфористый ангидрид),

- температура плавления  $-23,9\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- температура кипения  $-175,4\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- плотность -
- $2,135\text{ г/см}^3$ .

- Получают его окислением фосфора кислородом воздуха:



- Это кислотный оксид:

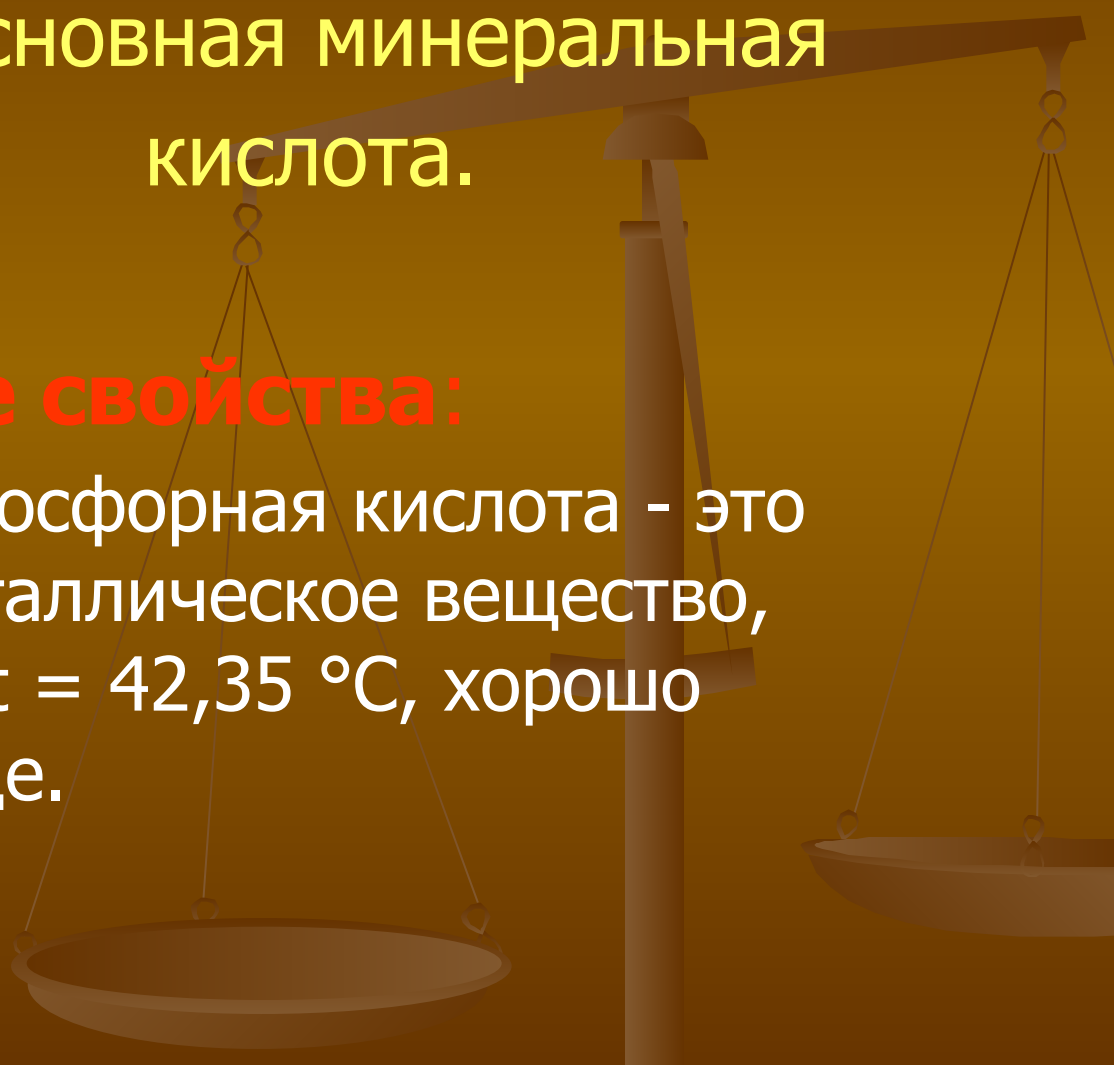


# ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА

- **$\text{H}_3\text{PO}_4$**  - трехосновная минеральная кислота.
- 

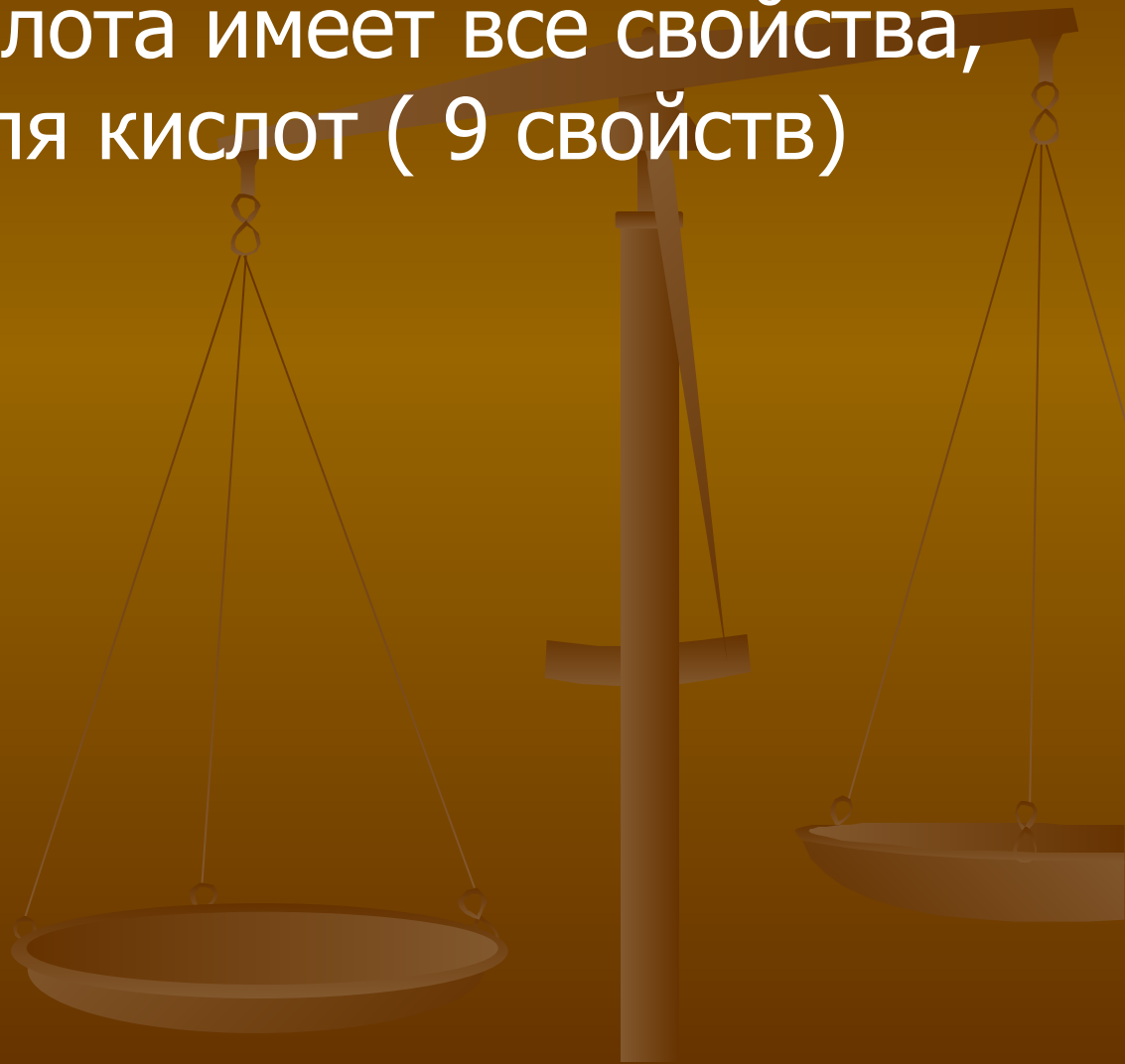
- **2. Физические свойства:**

- Безводная ортофосфорная кислота - это бесцветное кристаллическое вещество, плавящееся при  $t = 42,35 \text{ }^\circ\text{C}$ , хорошо растворима в воде.



# Химические свойства.

- Фосфорная кислота имеет все свойства, характерные для кислот ( 9 свойств)
- Вспомните их!

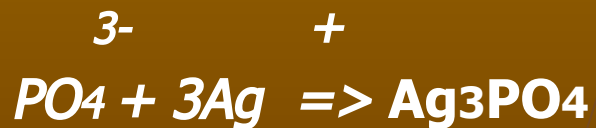


# Качественная реакция на

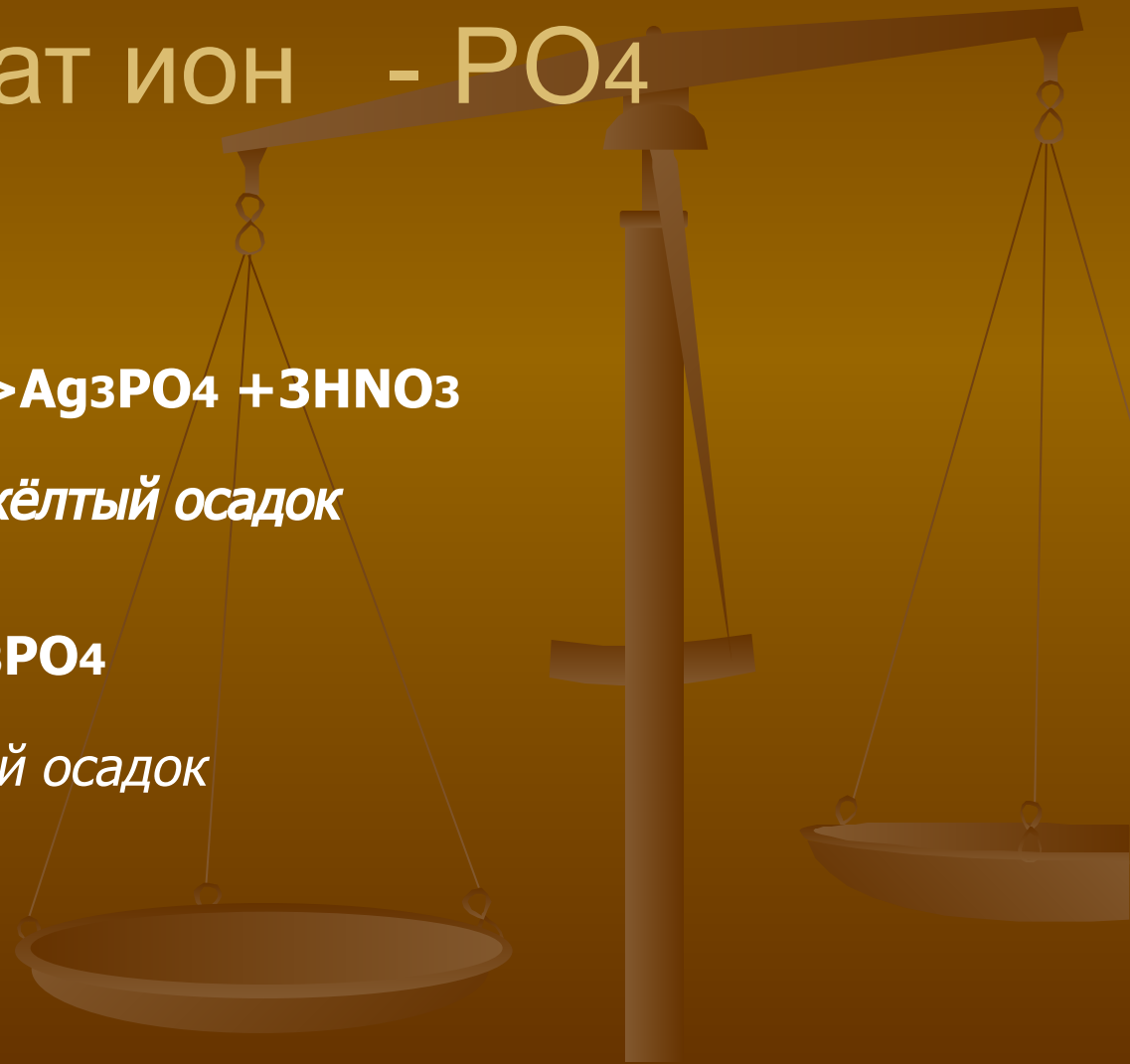
фосфат ион  $\text{PO}_4^{3-}$



■ *жёлтый осадок*



■ *жёлтый осадок*



# 4. Применение.

- **$\text{H}_3\text{PO}_4$**  используют для получения фосфорных удобрений, для создания защитных покрытий на металлах, в фармацевтической промышленности, в органическом синтезе.
- Ортофосфорная кислота играет большую роль в жизнедеятельности животных и растений.
- Её остатки входят в состав аденозинтрифосфорной кислоты – АТФ, при разложении которой выделяется большое количество энергии. Остатки ортофосфорной кислоты входят так же в состав рибонуклеиновых (РНК) и дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК)



# Круговорот фосфора

## Круговорот фосфора

