

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.

- $Z = +15$

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

- $on = 16$

- $e = 15$

- $+15)2)8)5$

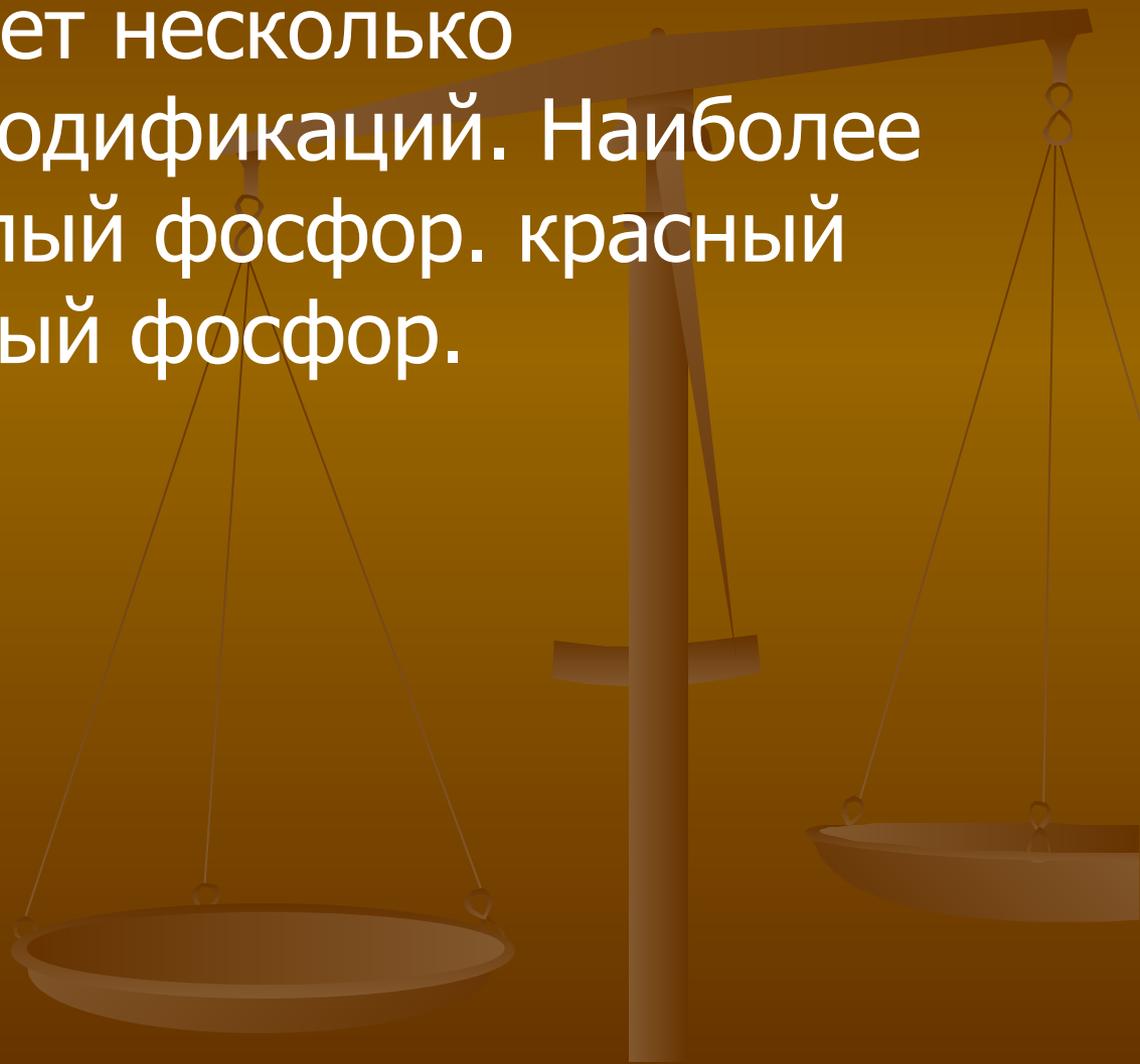
- $\quad\quad\quad 2\quad 2\quad 6\quad 2\quad 3\quad 0$

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

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

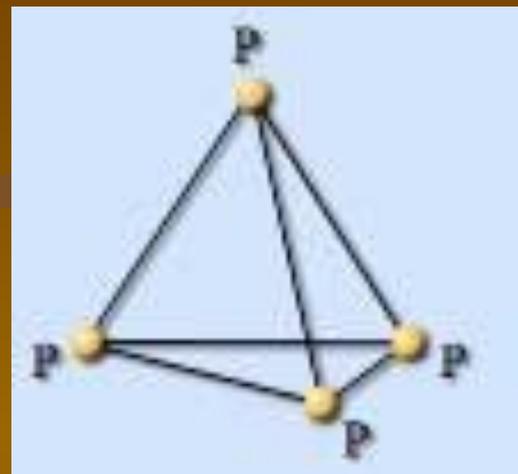
3. Строение молекулы.

- 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.



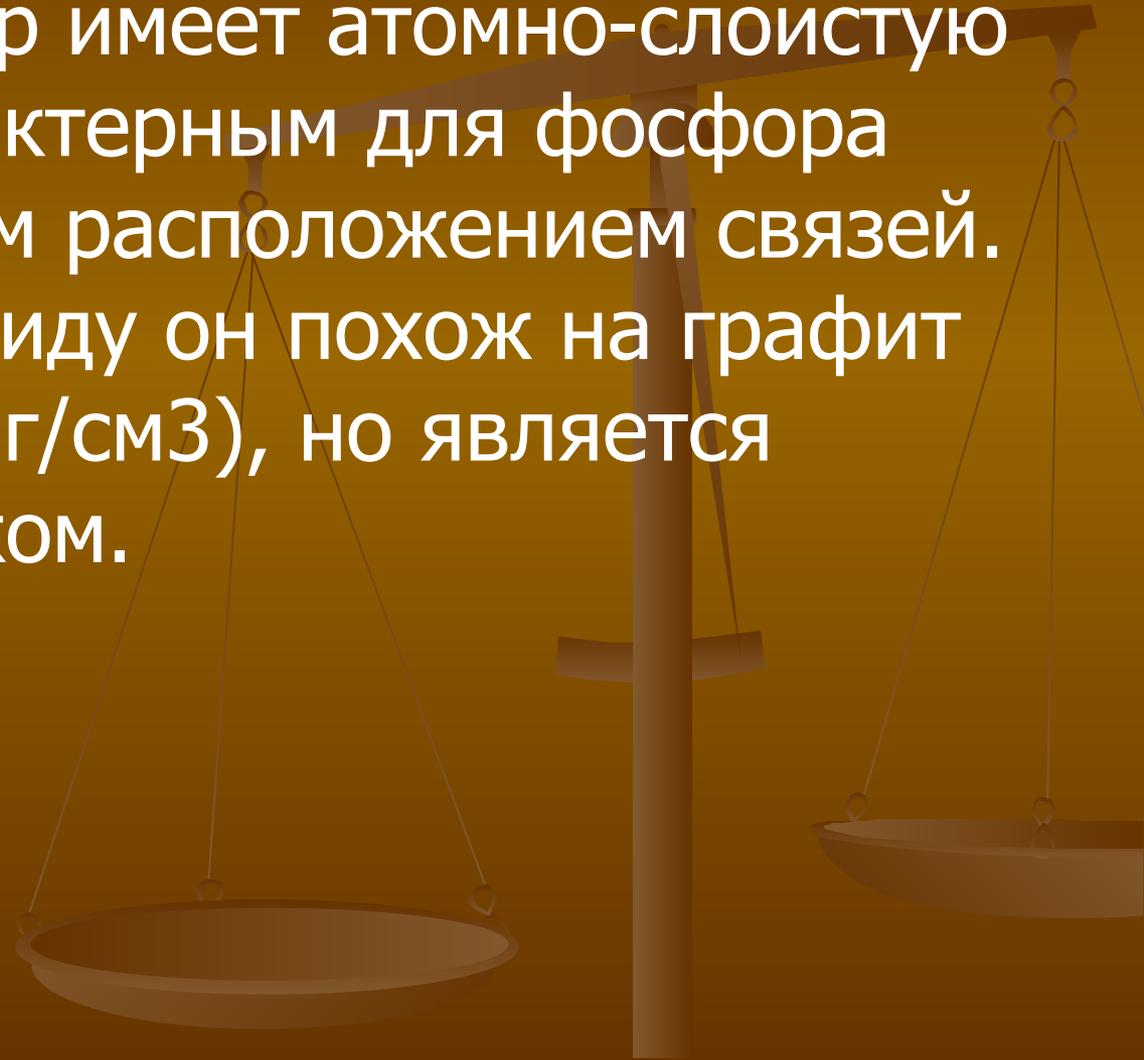
б) Красный фосфор.

- 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.

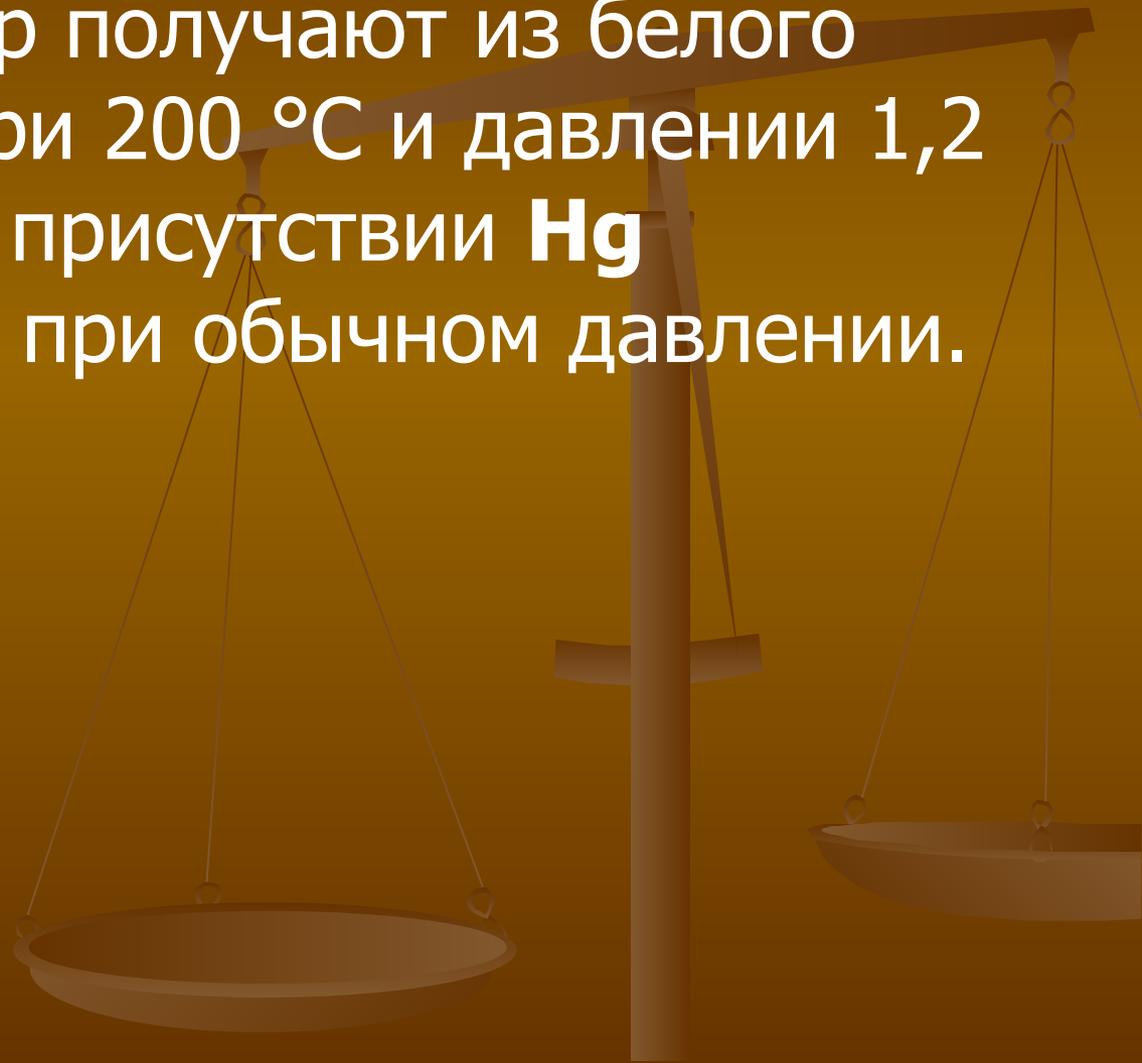
- **Фосфор получают в электрических печах по реакции:**



- 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/см³, 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.

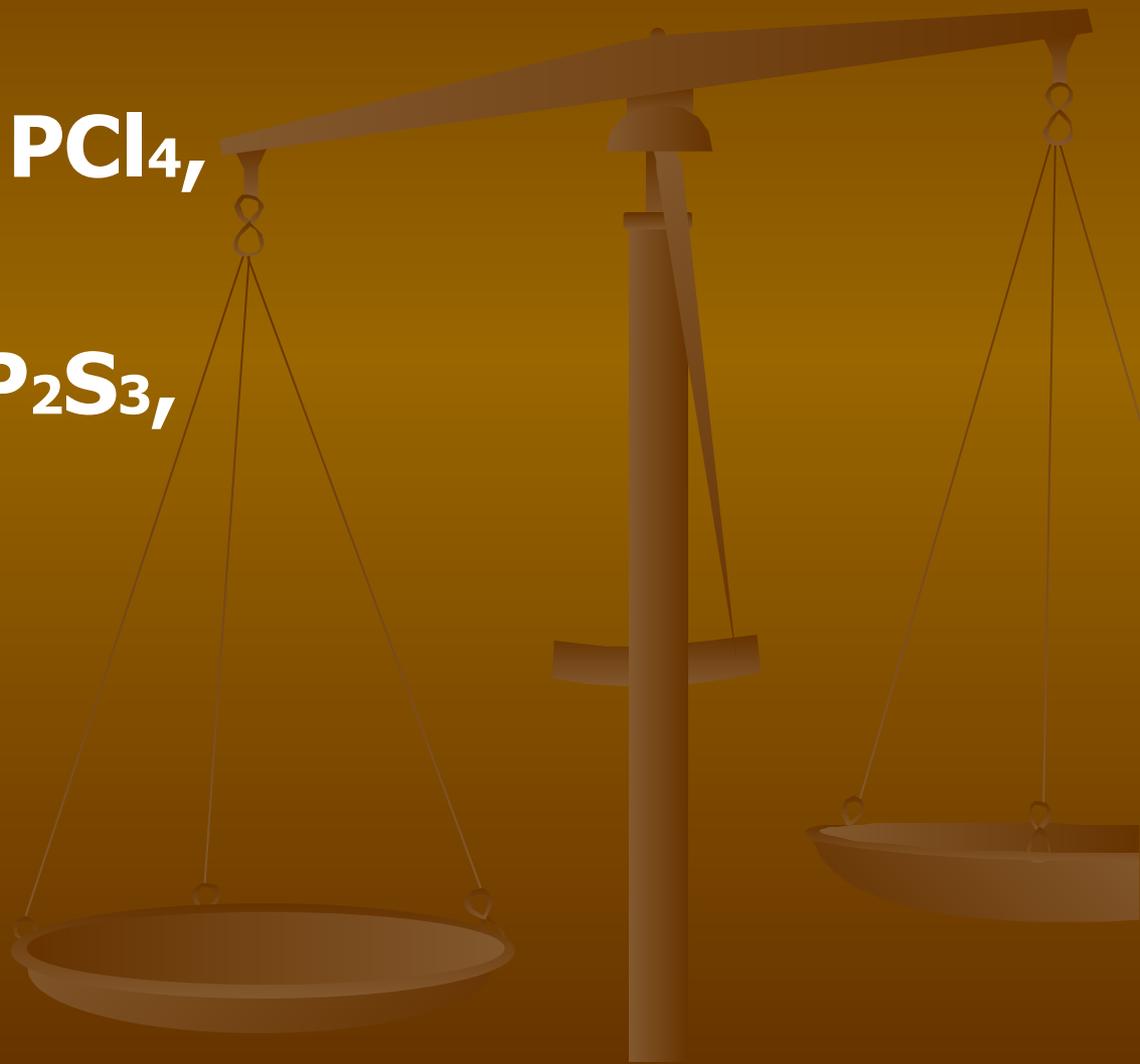
Свойства восстановителя.

- 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

■ **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

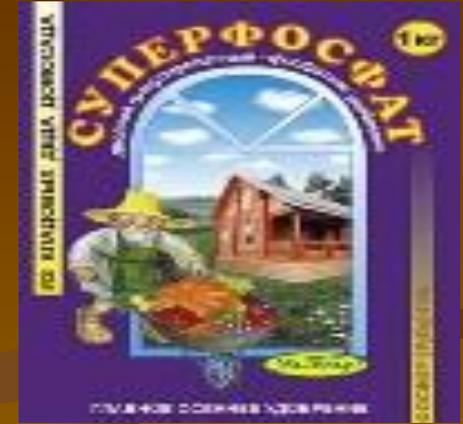


8. Применение.

- 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.

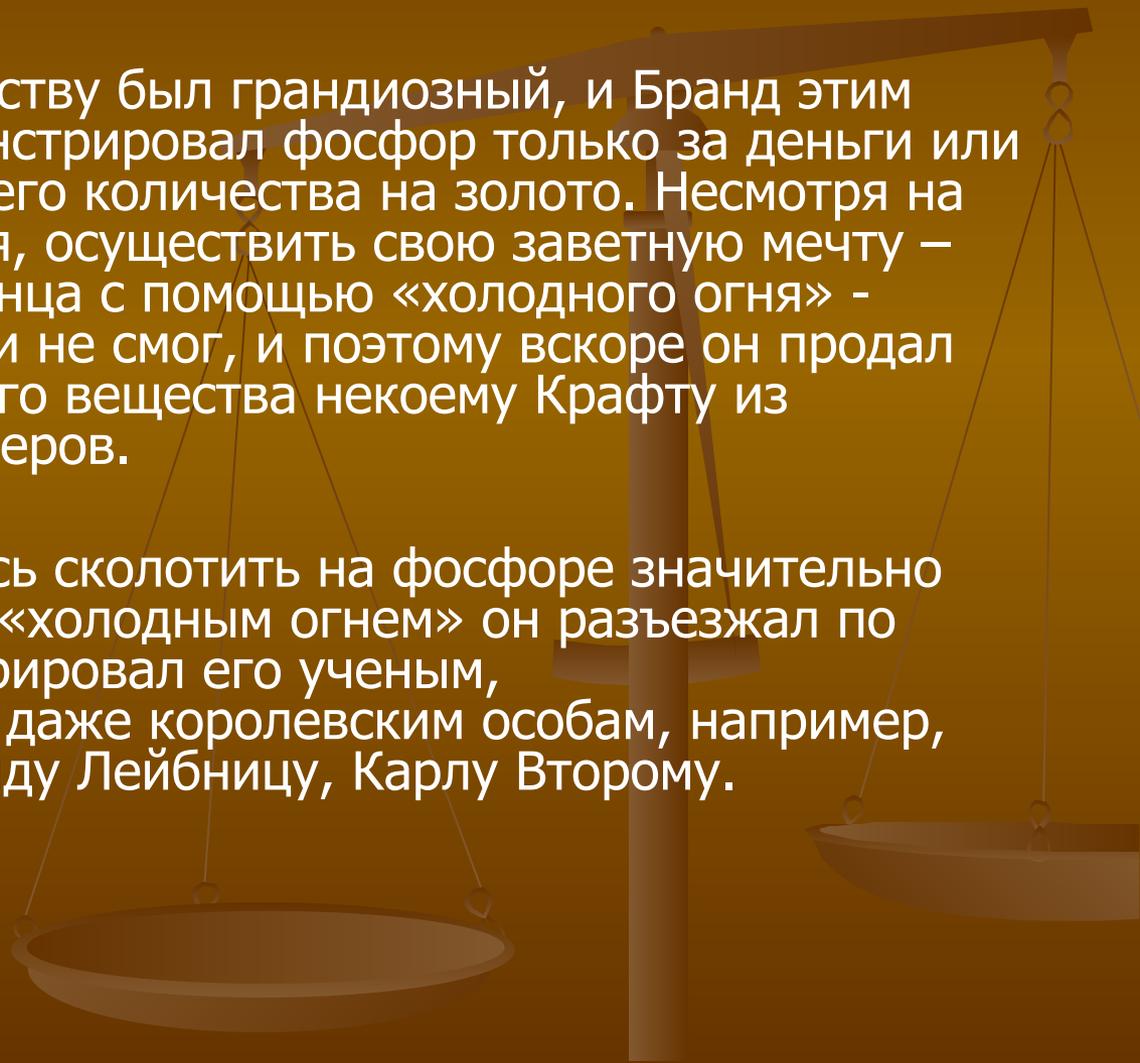


9. История открытия.

- 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**

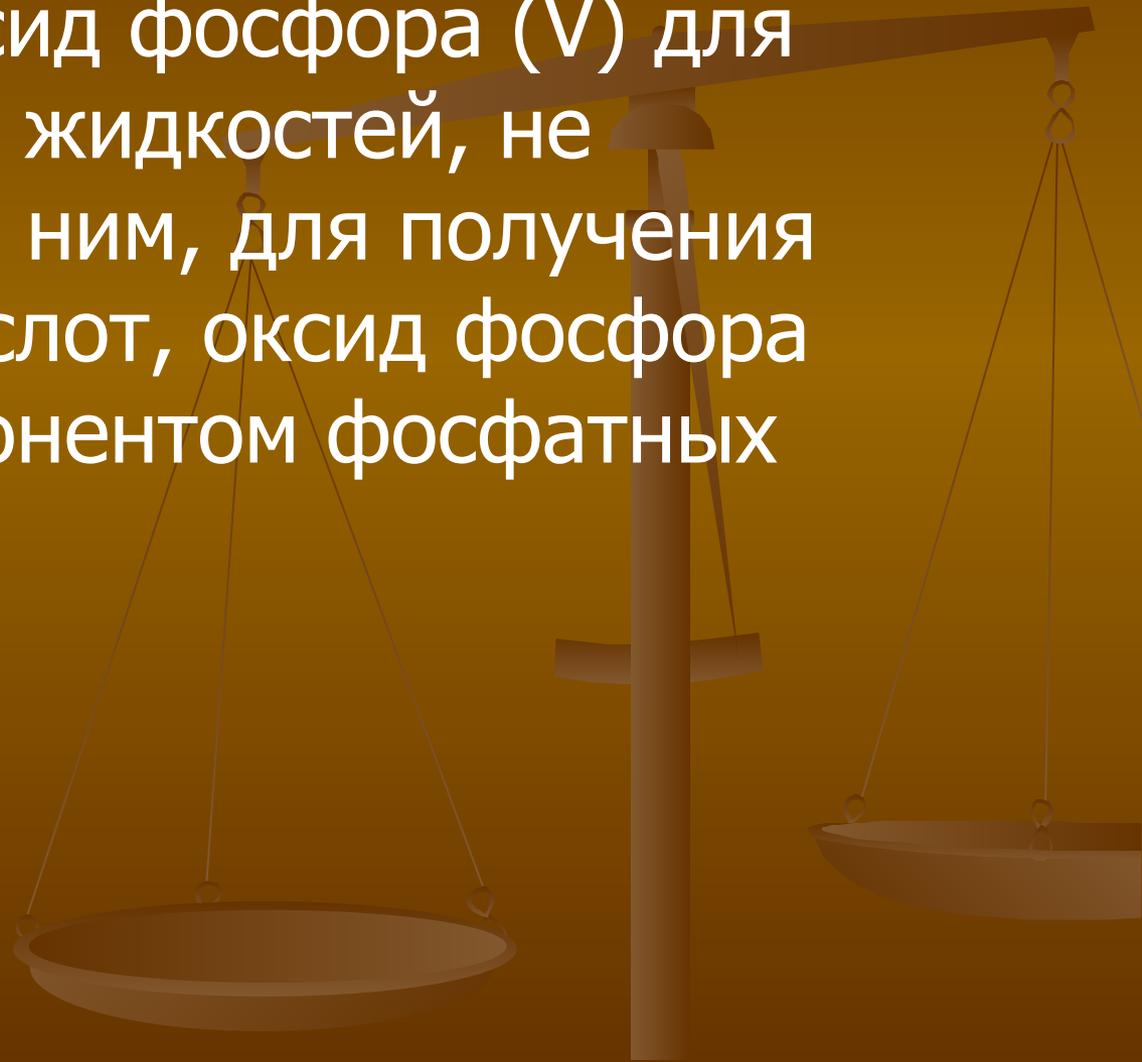


- **ортофосфорная кислота**



применение

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



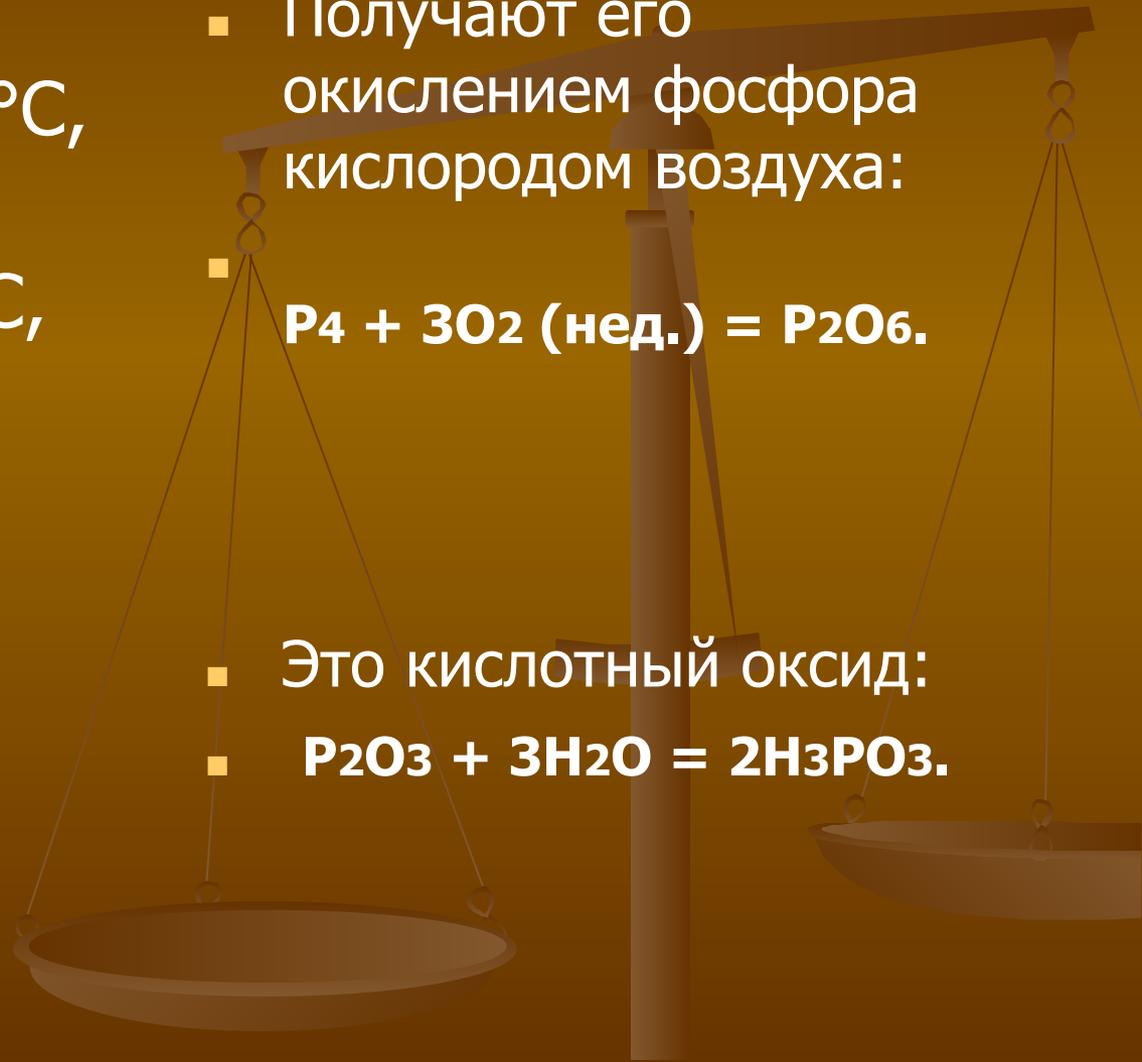
2. P_2O_3 (P_4O_6) - оксид фосфора (III) (фосфористый ангидрид),

- 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:

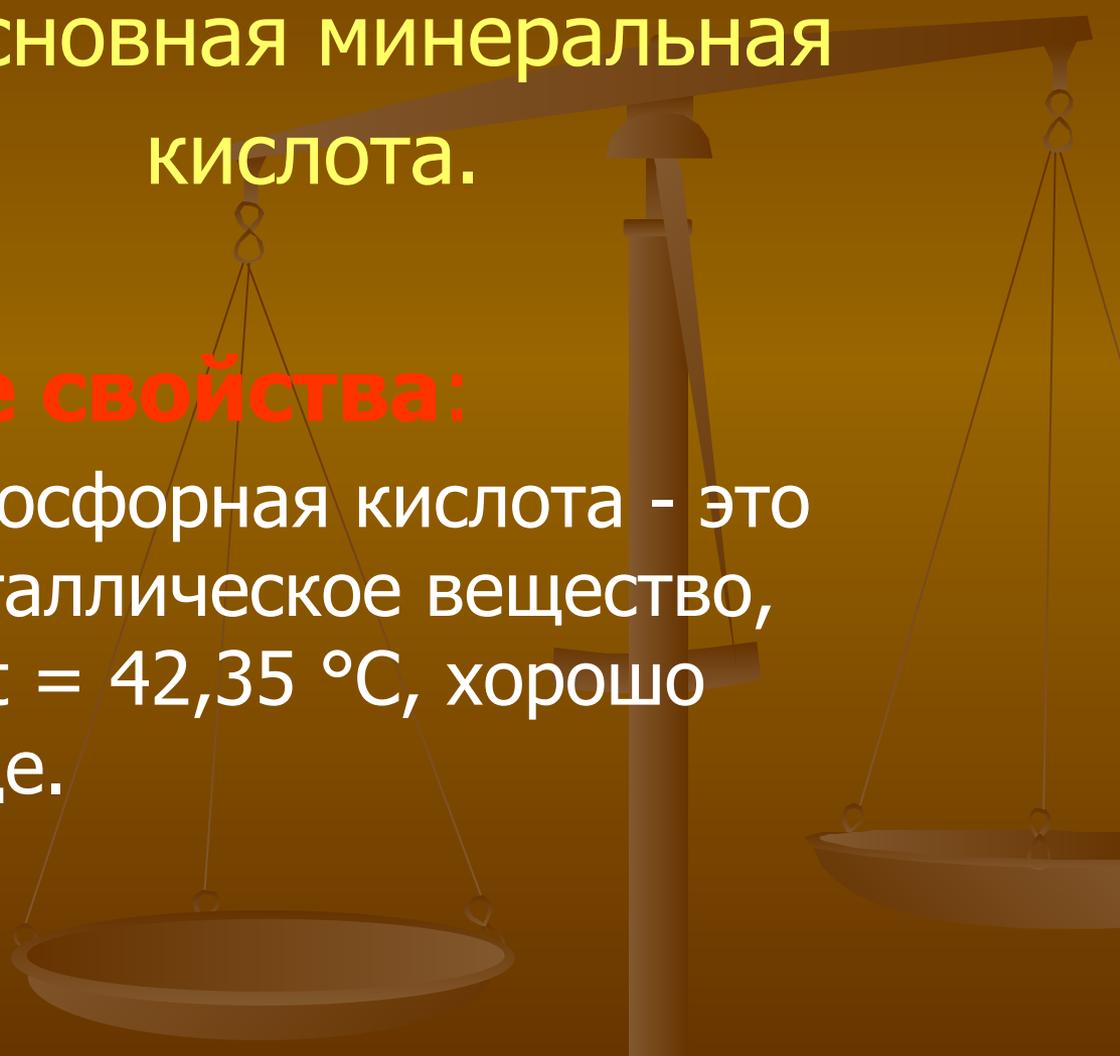


ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА

- **H_3PO_4** - трехосновная минеральная кислота.
-

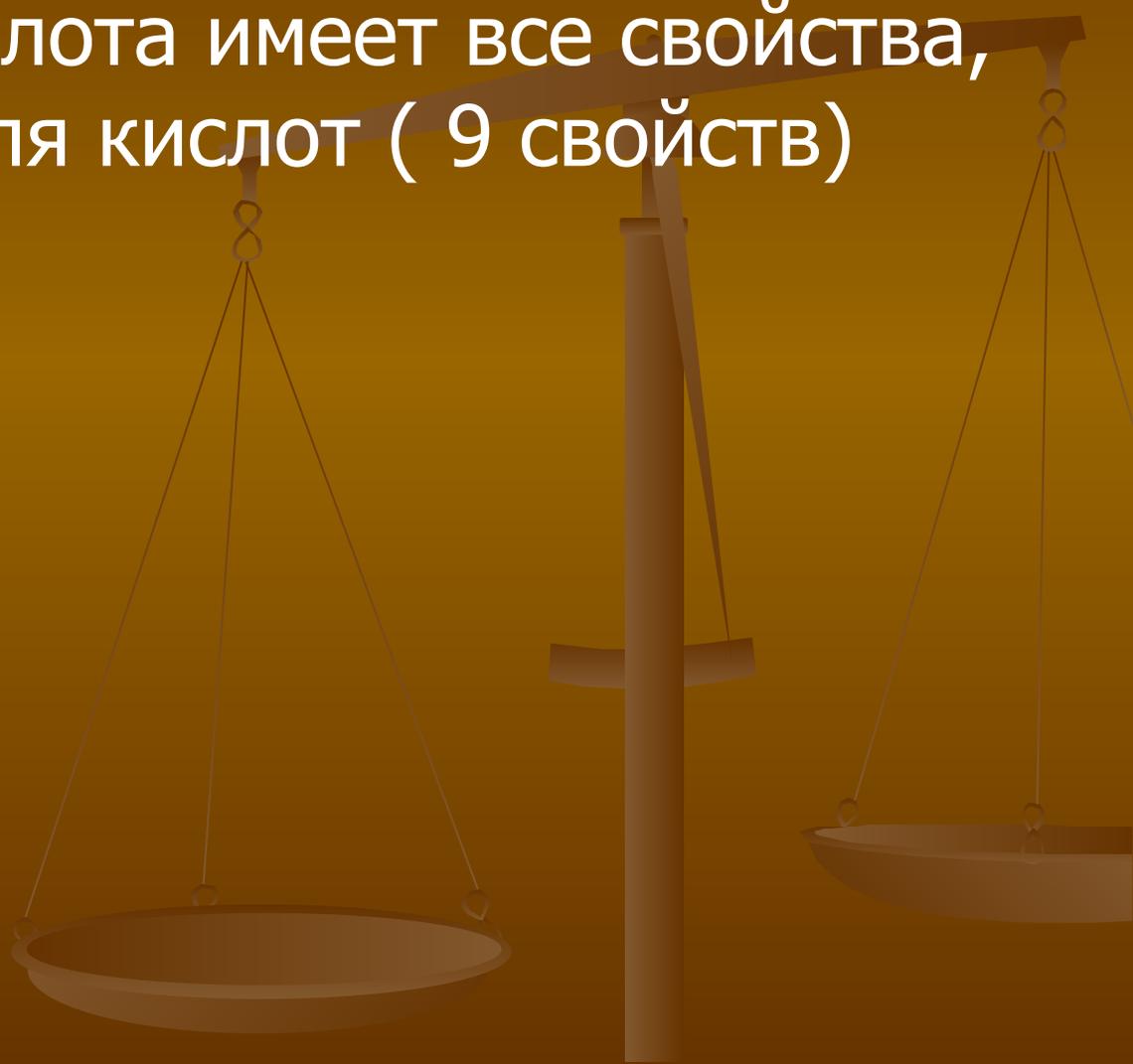
- **2. Физические свойства:**

- 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

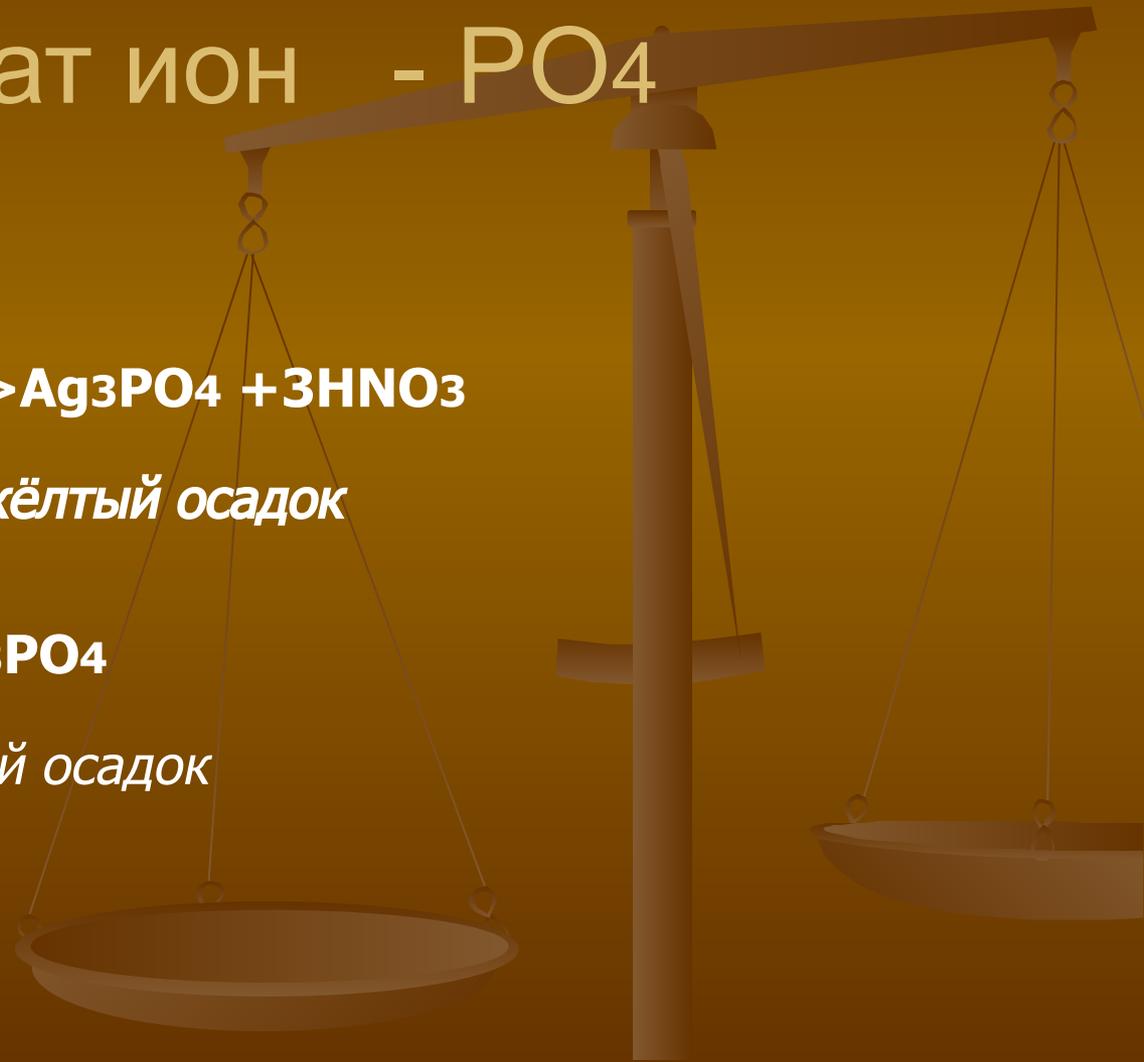
фосфат ион PO_4^{3-}



■ *жёлтый осадок*



■ *жёлтый осадок*



4. Применение.

- **H_3PO_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

