

30,973

15

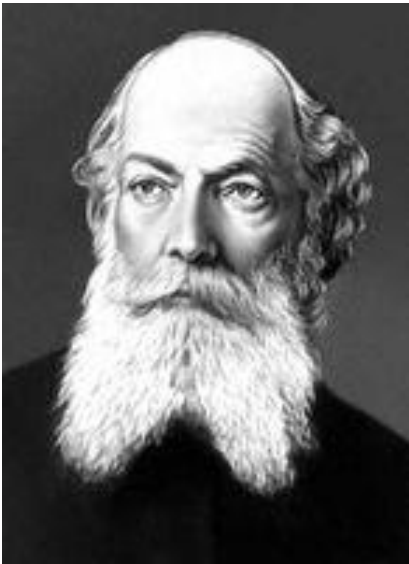
P

Phosphorus



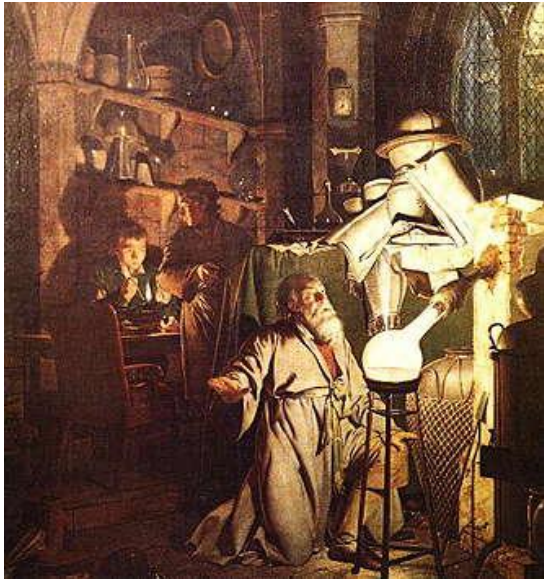
Фосфор и его соединения

История открытия



Считается, что фосфор открыл в 1669 году алхимик из Гамбурга Хеннинг Бранд. Он был разорившимся купцом и пытался разбогатеть с помощью алхимии. Предполагая, что физиологические продукты могут содержать «первичную материю», которая считалась основой философского камня, Бранд заинтересовался человеческой мочей.

История открытия



Он собрал около тонны мочи из солдатских казарм и выпаривал ее до образования сиропообразной жидкости. Эту жидкость он вновь дистиллировал и получил тяжелое красное «уринное масло», которое перегонялось с образованием твердого остатка. Нагревая последний, без доступа воздуха, он заметил образование белого дыма, оседавшего на стенках сосуда и ярко светившего в темноте.




Бранд назвал полученное им вещество фосфором, что в переводе с греческого означает «светоносец».

И лишь в 1777 году К.В. Шееле разработал способ получения фосфора из рога и костей животных.

Природные соединения

Из-за большой химической активности встречается в природе только в виде соединений.

Важнейшими минералами фосфора являются:

| | | |
|------------|--|---|
| Фосфорит | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ |  |
| Фторапатит | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ |  |
| Апатиты | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$ |  |
| Хлорапатит | | |

Природные соединения



Крупнейшее месторождение апатитов находится на Кольском полуострове, в районе Хибинских гор.



Залежи фосфоритов находятся в районе гор Каратау.

Нахождение в природе



Фосфор входит в состав всех живых организмов. А именно он встречается в соединениях:



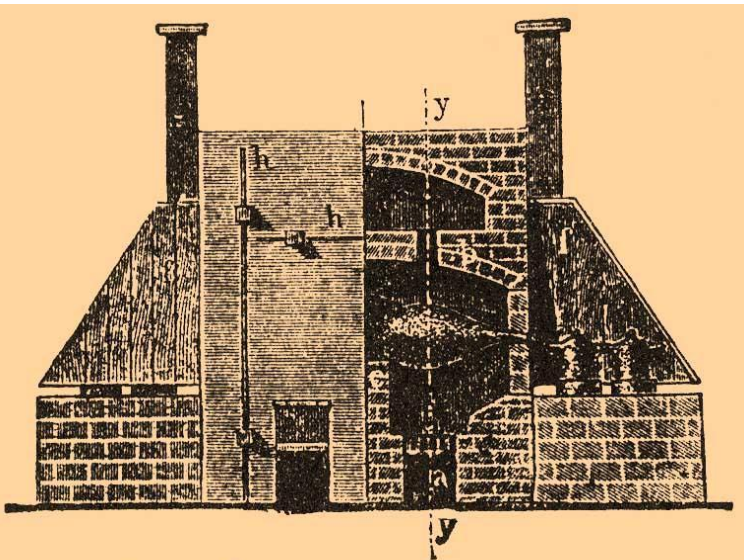
1. Белковых веществ, содержащихся в генеративных органах растений;
2. Нервной и костной тканей организмов животных и человека;
3. Мозговых клеток.

Получение

Фосфор производят в электрических печах, восстанавливая апатит углем в присутствии кремнезема:



Пары фосфора при этой температуре почти полностью состоят из молекул P_2 , которые при охлаждении конденсируются в молекулы P_4 .



Фиг. 2. Печь для добывания фосфора.

Печь для добывания фосфора

Важнейшие соединения

H_3PO_4 фосфорная кислота

P_2O_5 оксид фосфора (V)



Аллотропные модификации фосфора



Физические свойства

- Элементарный фосфор в обычных условиях представляет собой несколько устойчивых аллотропических модификаций; вопрос аллотропии фосфора сложен и до конца не решён. Обычно выделяют четыре модификации простого вещества — белый, красный, черный и металлический фосфор.



| Характеристика вещества | Белый фосфор | Красный фосфор | Черный фосфор |
|--|---|---------------------------------|----------------------------------|
| 1) Физическое состояние | Кристаллическое вещество | Порошкообразное вещество | Кристаллическое вещество |
| 2) Твёрдость | Небольшая - можно резать ножом (под водой) | | Выше чем у белого фосфора |
| 3) Цвет | Белый | Красный | Черный |
| 4) Запах | Чесночный | Не обладает | Не обладает |
| 5) Плотность (в г/см³) | 1,8 | 2,3 | 2,7 |
| 6) Растворимость в воде | Не растворяется | Не растворяется | Не растворяется |
| 7) Температура плавления (в °С) | 44 | 260 | 280 |
| 8) Свечение | В темноте светится | Не светится | Не светится |
| 9) Действие на организм | Сильный яд | Не ядовит | Не ядовит |

Аллотропные модификации



Горение белого фосфора



Хранение белого фосфора

- Белый фосфор окисляется кислородом уже при обычных условиях, а в тонкоизмельченном состоянии самовоспламеняется, поэтому его хранят под водой. Окисление фосфора сопровождается свечением. **Химическая энергия непосредственно превращается в световую.**

Химические свойства

В химических реакциях проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

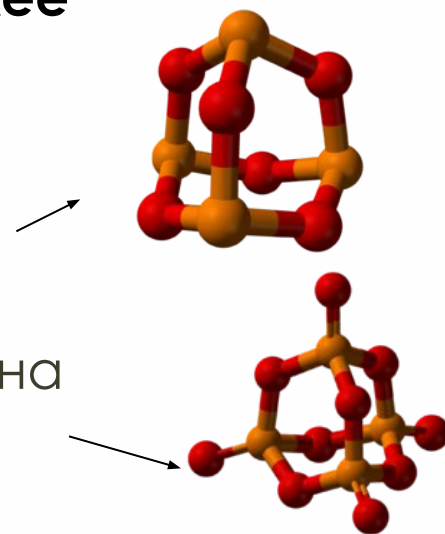
Как окислитель взаимодействует со многими **металлами**, образуя фосфиды.

Фосфор непосредственно **с водородом не реагирует**.

Как восстановитель взаимодействует **с более электроотрицательными неметаллами**.

При недостатке кислорода или при комнатной температуре окисляется до *оксида фосфора (III)*.

При сгорании фосфора в кислороде или на воздухе образуется *оксид фосфора (V)*.

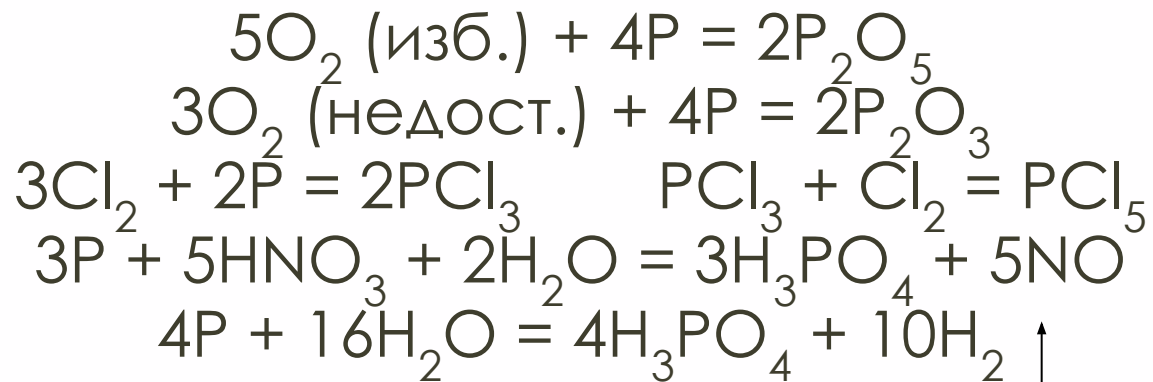


Химические свойства

При длительном нагревании белого фосфора без доступа воздуха он желтеет и постепенно превращается в красный фосфор. При нагревании красного фосфора в тех же условиях он превращается в пар, при конденсации которого образуется белый фосфор.

Фосфор проявляет окислительные и восстановительные свойства.

Фосфор – восстановитель:



Фосфор – окислитель:



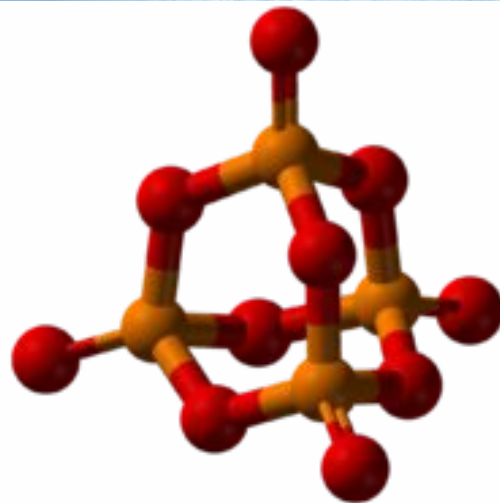
Оксид фосфора (V)

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**.



Физические свойства P_2O_5

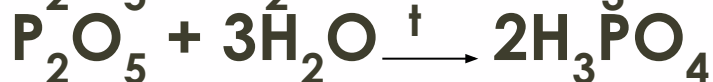
Белый, рыхлый порошок, гигроскопичный. Хранят в герметически закрытых сосудах.



Химические свойства P_2O_5

Проявляет свойства кислотного оксида.

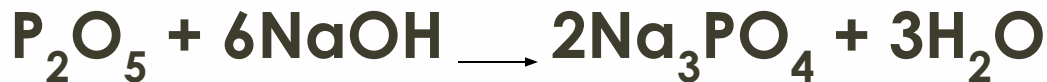
1) реагирует с водой:



2) реагирует с основными оксидами:

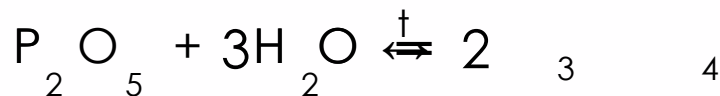


3) реагирует с основаниями:



Ортофосфорная кислота

Получение.



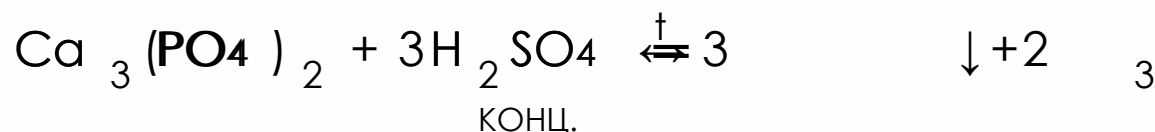
Взаимодействие оксида фосфора (V) с водой при нагревании.

Этим способом получают чистую фосфорную кислоту, которую используют в пищевой промышленности как добавку к безалкогольным напиткам.



Ортофосфорная кислота

Получение.



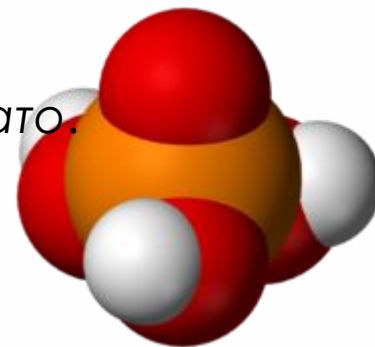
Вытеснение природных фосфатов более сильной кислотой при нагревании.

Фосфорная кислота, полученная переработкой природных фосфатов, идёт на производство минеральных удобрений.



Ортофосфорная кислота

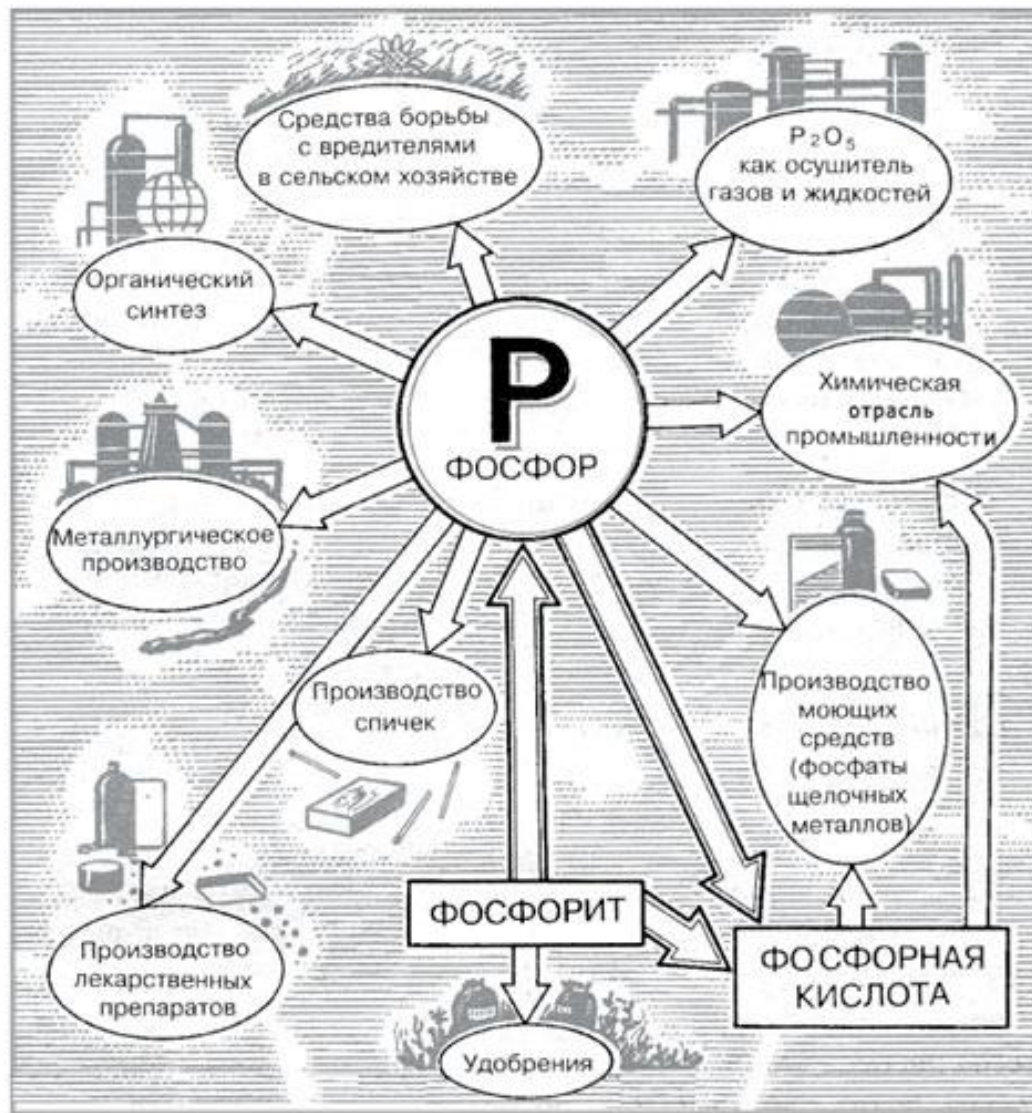
- Ортофосфорная кислота диссоциирует ступенчато.
 $\text{H}_3\text{PO}_4 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ (дигидрофосфат-ион)
- ~~кристаллическое~~
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ (гидрофосфат-ион)
- нелетучее, $\text{HPO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ (фосфат-ион)
- ~~Твердые~~ соли почти всех металлов в воде не растворимы.
- бесцветное вещество. Дигидрофосфаты всех металлов хорошо растворимы в воде.
Гидрофосфаты по растворимости занимают промежуточное положение.
- В неводных средах в виде дробных соотношениях.
- Проявляет все свойства кислот.
- Не является сильной в водном растворе.



Круговорот фосфора в природе



Применение фосфора



Применение фосфора

Около 80% от всего производства белого фосфора идет на синтез чистой ортофосфорной кислоты. Она используется для получения полифосфатов натрия (их применяют для снижения жесткости питьевой воды) и пищевых фосфатов. Оставшаяся часть белого фосфора расходуется для создания дымообразующих веществ и зажигательных смесей.



Полифосфат натрия

Применение фосфора: спички

Первые фосфорные спички – с головкой из белого фосфора – были созданы лишь в 1827 г. Такие спички загорались при трении о любую поверхность, что нередко приводило к пожарам. Кроме того, белый фосфор очень ядовит. Описаны случаи отравления фосфорными спичками как из-за неосторожного обращения, так и с целью самоубийства: для этого достаточно было съесть несколько спичечных головок. Вот почему на смену фосфорным спичкам пришли безопасные, которые верно служат нам и по сей день. Промышленное производство безопасных спичек началось в Швеции в 60-х гг. XIX века.



Применение фосфора: спички

Зажигательная поверхность спичечного коробка покрыта смесью красного фосфора и порошка стекла. В состав спичечной головки входят окислители (PbO_2 , KClO_3 , BaCrO_4) и восстановители (S , Sb_2S_3). При трении от зажигательной поверхности смесь, нанесенная на спичку, воспламеняется.



Применение фосфора

Немало ортофосфорной кислоты потребляет *пищевая промышленность*. Дело в том, что на вкус разбавленная ортофосфорная кислота очень приятна и небольшие ее добавки в мармелады, лимонады и сиропы заметно улучшают их вкусовые качества. Этим же свойством обладают и некоторые соли фосфорной кислоты. Гидрофосфаты кальция, например, с давних пор входят в хлебопекарные порошки, улучшая вкус булочек и хлеба.



Применение фосфора

Интересны и другие применения ортофосфорной кислоты в промышленности. Например, было замечено, что пропитка древесины самой кислотой и ее солями делают дерево негорючим. На этой основе сейчас производят огнезащитные краски, негорючие фосфодревесные плиты, негорючий фосфатный пенопласт и другие строительные материалы.



**Необходим ли
фосфор
человеку?**

Значение фосфора

Фосфор является основой скелета человека и зубов.

Живые организмы не могут обходиться без фосфора.

Значение фосфора состоит в том, что сахара и жирные кислоты не могут быть использованы клетками в качестве источников энергии без предварительного фосфорилирования.

Целый ряд соединений фосфора используют в качестве лекарственных препаратов.

Биологическая роль фосфора

- ✓ Суточная потребность для взрослого человека 1 грамм
- ✓ Входит в состав скелета
- ✓ Входит в состав зубной ткани
- ✓ Соединения фосфора принимают участие в обмене энергии
- ✓ Необходим для нормальной мышечной и умственной деятельности

Реакция организма на недостаток и избыток фосфора

▣ Недостаток фосфора

Развивается заболевание рахит, снижается умственная и мышечная деятельность.

▣ Избыток фосфора

Развивается мочекаменная болезнь, соединения фосфора высоко токсичны (летальная доза 60 мг.).

Спасибо за внимание!