

# фосфор

Учитель: Салтанова  
Наталья Викторовна

Саржиганова Диана  
Швыкова Анна  
9 «А» класс

- **Фосфор** — один из самых распространённых элементов земной коры, его содержание составляет 0,08—0,09 % её массы.



В свободном состоянии фосфор образует несколько аллотропных видоизменений



# История

- *Фосфор* открыт гамбургским алхимиком Хеннигом Брандом в 1669 году. Подобно другим алхимикам, Бранд пытался отыскать эликсир жизни или философский камень, а получил светящееся вещество.
- Несколько позже фосфор был получен другим немецким химиком — Иоганном Кункелем.
- Независимо от Бранда и Кункеля фосфор был получен Р. Бойлем, описавшим его в статье «Способ приготовления фосфора из человеческой мочи», датированной 14 октября 1680 года и опубликованной в 1693 году.
- Усовершенствованный способ получения фосфора был опубликован в 1743 году Андреасом Маргграфом.
- Существуют данные, что фосфор умели получать еще арабские алхимики в XII в.
- То, что фосфор — простое вещество, доказал Лавуазье.

# Происхождение названия

- В 1669 году Хеннинг Бранд при нагревании смеси белого песка и выпаренной мочи получил светящееся в темноте вещество, названное сначала «холодным огнём». Вторичное название «фосфор» происходит от греческих слов «φῶς» — свет и «φέρω» — несу. В древнегреческой мифологии имя Фосфор (или Эосфор, др.-греч. Φωσφόρος) носил страж Утренней звезды.

# Получение

- Фосфор получают из апатитов или фосфоритов в результате взаимодействия с коксом и кремнезёмом при температуре 1600 °С:
- $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 \rightarrow \text{P}_4 + 10\text{CO} + 6\text{CaSiO}_3$ .
- Образующиеся пары белого фосфора конденсируются в приёмнике под водой. Вместо фосфоритов восстановлению можно подвергнуть и другие соединения, например, метафосфорную кислоту:
- $4\text{HPO}_3 + 12\text{C} \rightarrow 4\text{P} + 2\text{H}_2 + 12\text{CO}$ .

# 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 — белую, красную, черную и металлический фосфор. Иногда их ещё называют главными аллотропными модификациями, подразумевая при этом, что все остальные являются разновидностью указанных четырёх. В обычных условиях существует только три аллотропических модификации фосфора, а в условиях сверхвысоких давлений — также металлическая форма. Все модификации различаются по цвету, плотности и другим физическим характеристикам; заметна тенденция к резкому убыванию химической активности при переходе от белого к металлическому фосфору и нарастанию металлических свойств.

# Аллотропические модификации фосфора



# Белый фосфор

- Белый фосфор представляет собой белое вещество (из-за примесей может иметь желтоватый оттенок) с температурой плавления  $44,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . По внешнему виду он очень похож на очищенный воск или парафин, легко режется ножом и деформируется от небольших усилий.

- Открытие Хеннигом Брандом фосфора Джозеф Райт, 1771 год

Белый фосфор имеет молекулярное строение; формула  $\text{P}_4$ . Отливаемый в инертной атмосфере в виде палочек (слитков), он сохраняется в отсутствии воздуха под слоем очищенной воды или в специальных инертных средах.

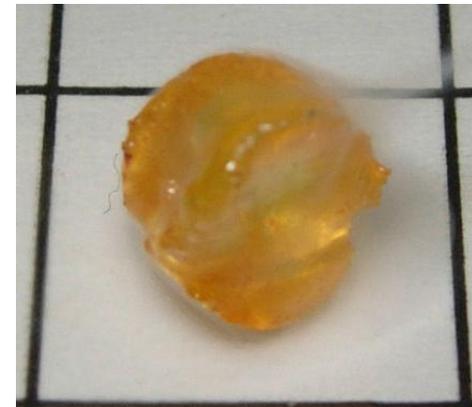
- Легкорастворим в органических растворителях. Растворимость белого фосфора в сероуглероде пользуются для промышленной очистки его от примесей. Плотность белого фосфора из всех его модификаций наименьшая и составляет около  $1823\text{ кг/м}^3$ . Плавится белый фосфор при  $44,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В парообразном состоянии происходит диссоциация молекул фосфора.

- Химически белый фосфор чрезвычайно активен, но и весьма ядовит (вызывает поражение костей, костного мозга, некроз челюстей). Летальная доза белого фосфора для взрослого мужчины составляет  $0,05\text{—}0,1\text{ г}$ .



# Желтый фосфор

■ Неочищенный белый фосфор обычно называют «жёлтый фосфор». Сильно ядовитое (ПДК в атмосферном воздухе 0,0005 мг/м<sup>3</sup>), огнеопасное кристаллическое вещество от светло-жёлтого до тёмно-бурого цвета. Удельный вес 1,83 г/см<sup>3</sup>, плавится при +34 °С, кипит при +280 °С. В воде не растворяется, на воздухе легко окисляется и самовоспламеняется. Горит ослепительным ярко-зеленым пламенем с выделением густого белого дыма — мелких частичек декаоксида тетрафосфора P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>. Несмотря на то, что в результате реакции между фосфором и водой ( $4P + 6H_2O \rightarrow PH_3 + 3H_3PO_2$ ) выделяется ядовитый газ фосфин (PH<sub>3</sub>), для предохранения от самовозгорания желтый фосфор хранится и перевозится под слоем воды (раствора хлорида кальция).



# Красный фосфор

- Красный фосфор, также называемый фиолетовым. Впервые он был получен в 1847 году в Швеции австрийским химиком А. Шрёттером при нагревании белого фосфора при  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  в атмосфере угарного газа (CO) в запаянной стеклянной ампуле.
- Красный фосфор имеет формулу  $\text{P}_n$  и представляет собой полимер со сложной структурой. В зависимости от способа получения и степени дробления красного фосфора, имеет оттенки от пурпурно-красного до фиолетового, а в литом состоянии — тёмно-фиолетовый с медным оттенком металлический блеск. Химическая активность красного фосфора значительно ниже, чем у белого; ему присуща исключительно малая растворимость. Растворить красный фосфор возможно лишь в некоторых расплавленных металлах (свинец и висмут), чем иногда пользуются для получения крупных его кристаллов. Так, например, немецкий физико-химик И. В. Гитторф в 1865 году впервые получил прекрасно построенные, но небольшие по размеру кристаллы (фосфор Гитторфа). Красный Фосфор на воздухе не самовоспламеняется, вплоть до температуры  $240\text{—}250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , но самовоспламеняется при трении или ударе. Нерастворим в воде, а также в бензоле, сероуглероде и других, растворим в трибромиде фосфора. При температуре возгонки красный фосфор превращается в пар, при охлаждении которого образуется в основном белый фосфор.
- Ядовитость его в тысячи раз меньше, чем у белого, поэтому он применяется гораздо шире, например, в производстве спичек. Плотность красного фосфора также выше, и достигает  $2400\text{ кг/м}^3$  в литом виде. При хранении на воздухе красный фосфор в присутствии влаги постепенно окисляется, образуя гигроскопичный оксид, поглощает воду и отсыревает, образуя вязкую фосфорную кислоту; поэтому его хранят в герметичной таре.



# Чёрный фосфор

- Впервые чёрный фосфор был получен в 1914 году американским физиком П. У. Бриджменом из белого фосфора в виде чёрных блестящих кристаллов, имеющих высокую ( $2690 \text{ кг/м}^3$ ) плотность. Для проведения синтеза чёрного фосфора Бриджмен применил давление в  $2 \times 10^9 \text{ Па}$  (20 тысяч атмосфер) и температуру около  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Начало быстрого перехода лежит в области 13 000 атмосфер и температуре около  $230 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Чёрный фосфор представляет собой чёрное вещество с металлическим блеском, жирное на ощупь и весьма похожее на графит, и с полностью отсутствующей растворимостью в воде или органических растворителях. Поджечь чёрный фосфор можно, только предварительно сильно раскалив в атмосфере чистого кислорода до  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ . Удивительным свойством чёрного фосфора является его способность проводить электрический ток и свойства полупроводника. Температура плавления чёрного фосфора  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  под давлением  $18 \times 10^5 \text{ Па}$ .



# Химические свойства

- Химическая активность фосфора значительно выше, чем у азота. Химические свойства фосфора во многом определяются его аллотропной модификацией. Белый фосфор очень активен, в процессе перехода к красному и чёрному фосфору химическая активность резко снижается. Белый фосфор на воздухе светится в темноте, свечение обусловлено окислением паров фосфора до низших оксидов.
- В жидком и растворенном состоянии, а также в парах до 800 °С фосфор состоит из молекул P<sub>4</sub>. При нагревании выше 800 °С молекулы диссоциируют:  $P_4 = 2P_2$ . При температуре выше 2000 °С молекулы распадаются на атомы.

# Взаимодействие с простыми веществами

- Фосфор легко окисляется кислородом:
- $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$  (с избытком кислорода),
- $4P + 3O_2 \rightarrow 2P_2O_3$  (при медленном окислении или при недостатке кислорода).
- Взаимодействует со многими простыми веществами — галогенами, серой, некоторыми металлами, проявляя окислительные и восстановительные свойства:
- с металлами — окислитель, образует фосфиды:
- $2P + 3Ca \rightarrow Ca_3P_2$ ,
- $2P + 3Mg \rightarrow Mg_3P_2$ .
- фосфиды разлагаются водой и кислотами с образованием фосфина
- с неметаллами — восстановитель:
- $2P + 3S \rightarrow P_2S_3$ ,
- $2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3$ .
- Не взаимодействует с водородом.

- **Взаимодействие с водой**

- Взаимодействует с водой, при этом диспропорционирует:



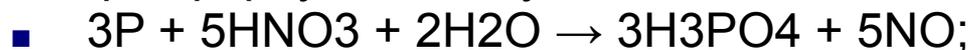
- **Взаимодействие со щелочами**

- В растворах щелочей диспропорционирование происходит в большей степени:

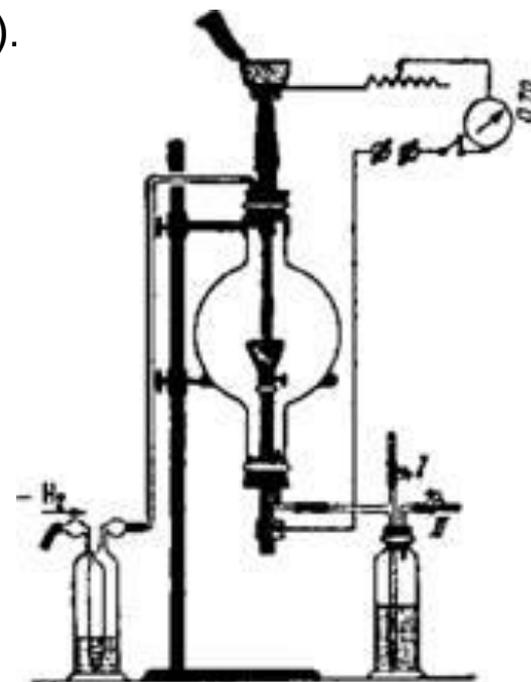
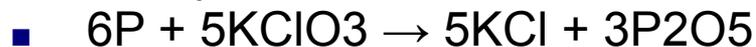


- **Восстановительные свойства**

- Сильные окислители превращают фосфор в фосфорную кислоту:



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



# Применение

- применение в промышленности. Красный фосфор применяют в производстве спичек. Его вместе с тонко измельчённым стеклом и клеем наносят на боковую поверхность коробка. При трении спичечной головки, в состав которой входят хлорат калия и сера, происходит воспламенение.



# Фосфорные удобрения

- **Фосфорные удобрения** — минеральные удобрения, содержащие фосфор. К ним относятся суперфосфат, двойной суперфосфат, аммофос, диаммофос, ортофосфат, метафосфат калия, преципитат, томасшлак, фосфоритная мука, костяная мука и др. Сырьем для фосфорных удобрений служат апатиты и фосфориты. Фосфорное голодание проявляется в изменении окраски листьев на пурпурную, бронзовую и задержке цветения и созревания. Фосфор играет важную роль в жизни плодовых и ягодных культур. Он входит в состав сложных белков, участвующих в процессе деления клеточного ядра и в образовании новых органов растения, в созревании плодов и ягод, способствует накоплению крахмала, сахара, жира. Фосфор значительно повышает зимостойкость растений. Он играет большую роль в ускорении созревания плодов



16 июля 2007 года в Буйском районе Львовской области Украины на перегоне Красное-Ожидив сошли с рельсов и перевернулись 15 цистерн с желтым фосфором



# Опрос по теме

- 1.Какие видоизменения образует фосфор в свободном состоянии?
- 2.Кем был открыт фосфор?
- 3.Расскажите в краткости физические свойства фосфора
- 4. 3.Расскажите в краткости химические свойства фосфора
- 5.Где применяют фосфор?
- 6.Что и где произошло 16 июля 2007 года?