

Фосфор

План презентации:

- История открытия
- Характеристика элемента
- Характеристика простого вещества
- Характеристика соединений
- Экспериментариум

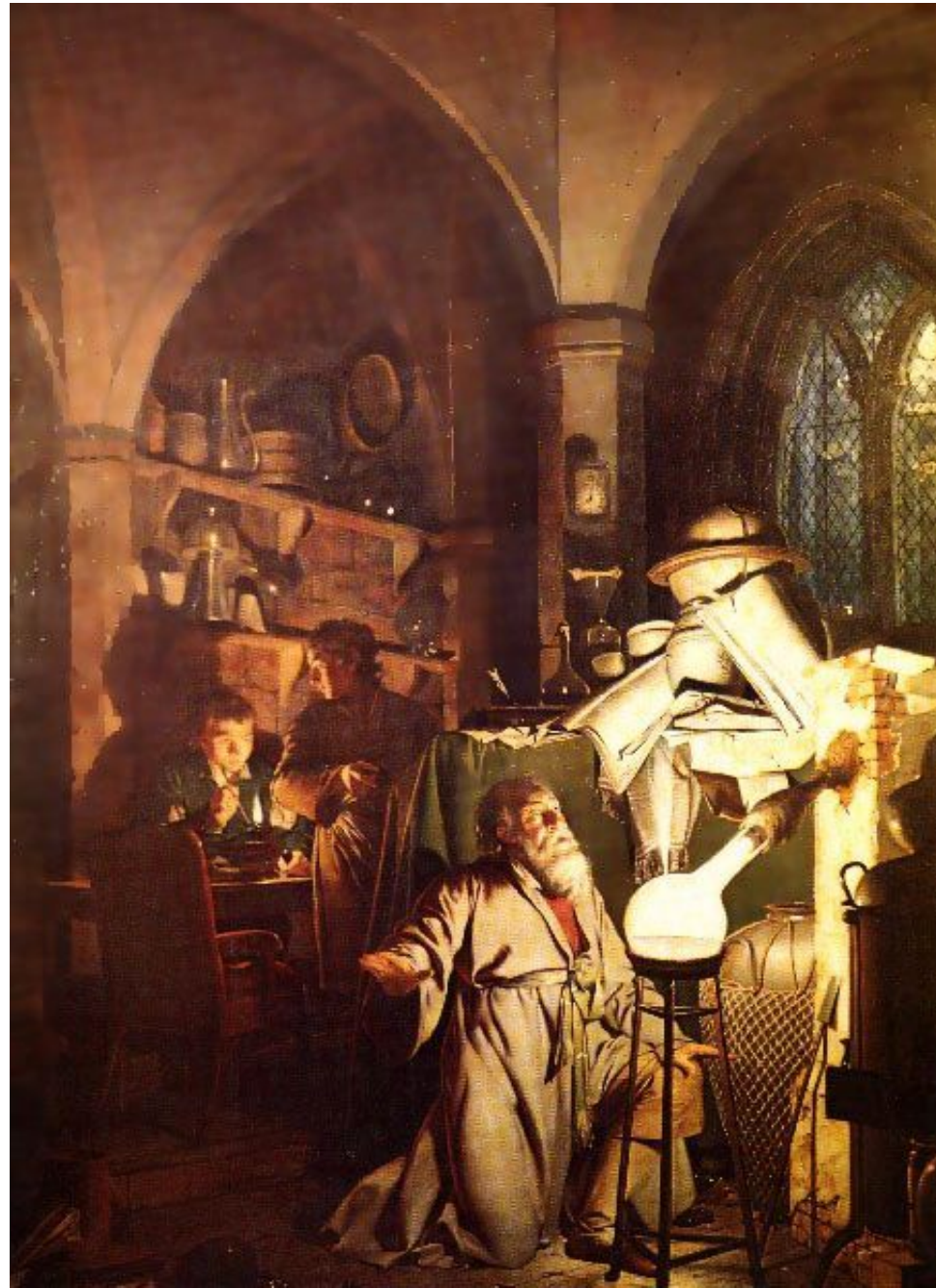
История открытия

Существуют данные, что фосфор умели получать ещё арабские алхимики в XII в.

Фосфор открыт гамбургским алхимиком [Хеннигом Брандом](#) в 1669 году. Он сфокусировался на опытах с человеческой мочой, так как полагал, что она, обладая золотистым цветом, может содержать золото или нечто нужное для его добычи. Способ заключался в том, что сначала моча отстаивалась в течение нескольких дней, пока не исчезнет неприятный запах, а затем кипятилась до клейкого состояния. Паста нагревалась до высоких температур (появления пузырьков), и конденсировалась. После нескольких часов интенсивных кипячений получались крупички белого воскоподобного вещества, которое очень ярко горело и к тому же мерцало в темноте. Бранд назвал это вещество *phosphorus mirabilis* (лат. «чудотворный носитель света»). Открытие фосфора Брандом стало первым открытием нового элемента со времён античности.

- Независимо от Бранда, фосфор был получен И. Кункелем и [Р. Бойлем](#), описавшим его в статье «Способ приготовления фосфора из человеческой мочи».
- Доказал что фосфор простое вещество - лавуазье

На картинке – «Алхимик, открывающий фосфор» картина Д. Райта

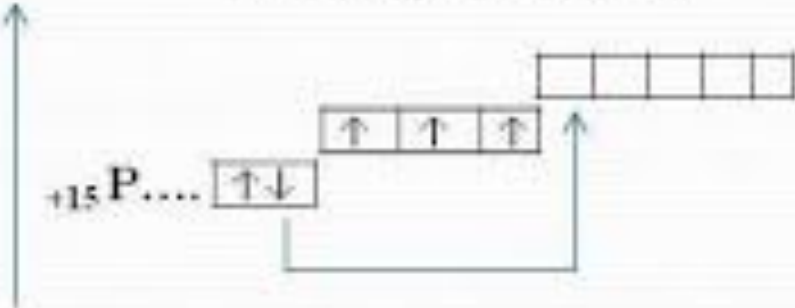
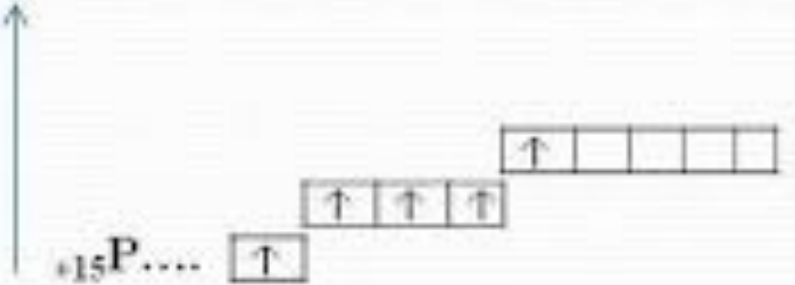


Вопросы для обсуждения:

- Что изначально искал Бранд?
- Почему со времен античности до 1669 года не открывались элементы?
- Какие методы разделения веществ применил Бранд для выделения фосфора из мочи?

Характеристика элемента

Неметалл, элемент 5 А – подгруппы, III

Строение атома фосфора	Валентность	Степень окисления
<p data-bbox="324 562 784 602">Основное состояние</p>  <p data-bbox="131 782 285 831">$+15\text{P} \dots$</p>	<p data-bbox="1232 619 1286 659">III</p>	<p data-bbox="1599 619 1734 659">-3, +3</p>
<p data-bbox="272 958 836 1001">Возбуждённое состояние</p>  <p data-bbox="131 1262 285 1310">$+15\text{P} \dots$</p>	<p data-bbox="1238 1015 1277 1055">V</p>	<p data-bbox="1638 1015 1702 1055">+5</p>

Вопросы для обсуждения:

- Сравните металлические, неметаллические свойства фосфора с его соседями по группе и по периоду
- Сравните радиус и электроотрицательность фосфора с его соседями по группе и по периоду
- Сравните кислотно-основные свойства летучего водородного соединения и высшего оксида (гидроксида) фосфора с соответствующими соединениями его соседей по группе и по периоду

Характеристика простого

вещества:

Фосфор обладает аллотропией:



Белый

Красный

Черный

Металлический

- Белый фосфор (P_4) – молекулярная решетка, нерастворим в воде, растворим в органике и сероводороде. Очень химически активен, пирофорен. Крайне ядовит: воспламеняется при контакте с кожей, хроническое отравление вызывает поражение костей (например, омертвление челюстей). Со временем или при нагреве/контакте с солнечным светом/ облучении превращается в красный фосфор.
- Красный фосфор – полимер со сложной структурой. Не самовозгорается на воздухе, возгорается при ударе/трении (что используется в спичечных коробках).
- Черный фосфор – устойчивая и малоактивная форма. Проводит ток (полупроводник). Образуется при большом давлении и температуре из белого.
- Металлический фосфор – очень устойчивый и практически инертный химически. Образуется при очень высоких давлении и температуре. Проводит

Физические свойства

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 Р
3) Цвет	Белый	Красный	Черный
4) Запах	Чесночный	Не обладает	Не обладает
5) Плотность (в г/см ³)	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

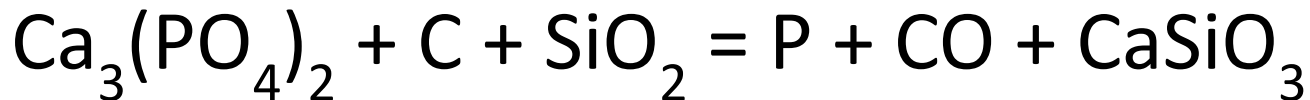
Нахождение в природе:

В природе существует практически только в виде фосфатов, например фосфоритов и апатитов.



Получение фосфора:

- Фосфор (белый) получают в промышленности, например, при прокаливании апатита с коксом и песком:

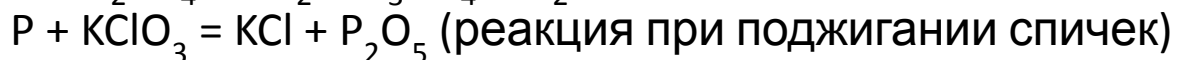
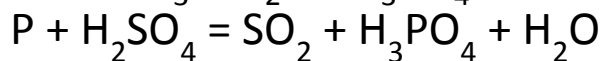
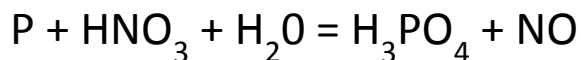


(расставьте коэффициенты методом ЭБ)

Химические свойства:

Как окислитель:	Как восстановитель
Реагирует с металлами: $P + Na =$ $P + Ca =$ Полученные соли называются фосфиды	Реагирует с неметаллами: $P + O_2 =$ $P + Cl_2 =$ $P + O_2$ (недост) = $P + S =$

Реагирует со сложными сильными окислителями с образованием соединений фосфора +5:

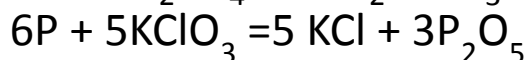
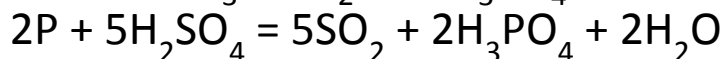
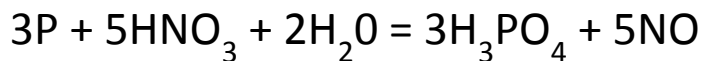


Задание: расставьте коэффициенты методов электронного баланса.

Химические свойства:

Как окислитель:	Как восстановитель
<p>Реагирует с металлами:</p> $P + Na = Na_3P$ $P + Ca = Ca_3P_2$ <p>Полученные соли называются фосфиды</p>	<p>Реагирует с неметаллами:</p> $4P + 5O_2 = 2P_2O_5 \text{ Оксид фосфора (V)}$ $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5 \text{ хлорид фосфора (V)}$ $4P + 3O_2 \text{ (нед)} = 2P_2O_3 \text{ Оксид фосфора (III)}$ $2P + 3S = P_2S_3 \text{ Сульфид фосфора (III)}$

Реагирует со сложными сильными окислителями с образованием соединений фосфора +5:



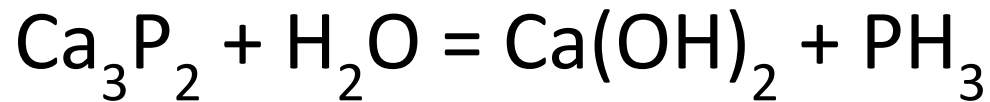
Характеристика соединений фосфора:

- В степени окисления -3: фосфиды, фосфин;
- +3: оксид фосфора (III), фосфористая кислота и др.
- +5: оксид фосфора (V), фосфорные кислоты и др.

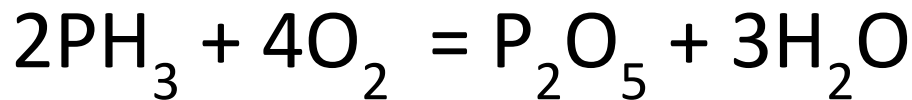
Задание: напишите по 3 соединения фосфора в каждой степени окисления.

Фосфин

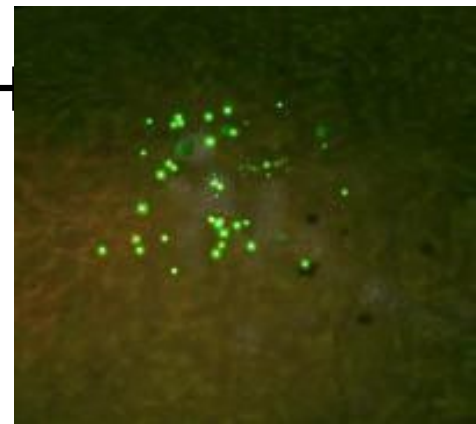
- Газ с резким запахом, похожим на рыбу
- Очень ядовит, вызывает ожоги дыхательных путей и поражение центральной нервной системы
- Получается при гидролизе фосфидов:



- Очень сильный восстановитель



- Создает эффект «блуждающих огней»

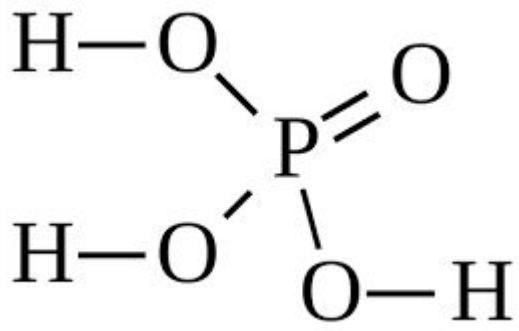


Фосфорная кислота.

Бесцветные гигроскопичные кристаллы, хорошо растворима в воде и других полярных растворителях.

Концентрированный раствор – бесцветная сиропообразная жидкость без запаха.



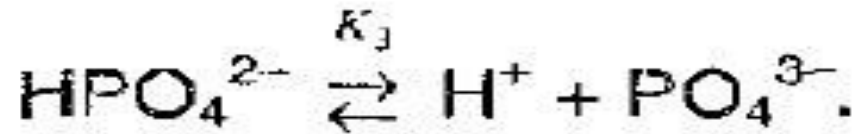
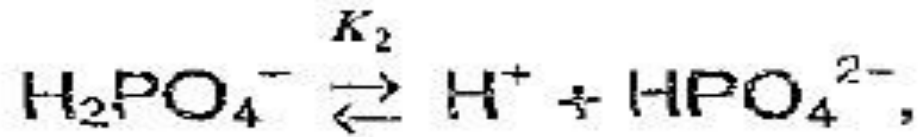
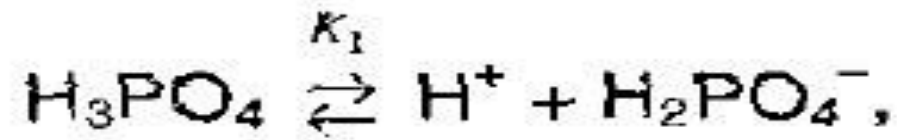


Трехосновная слабая кислота.
(Задание: напишите
диссоциацию)

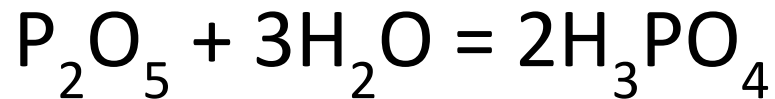
Получить ее можно:

1. Из оксида фосфора (V)
2. Из солей (под действием серной кислоты)
3. Из других соединений, например хлорида фосфора (V)

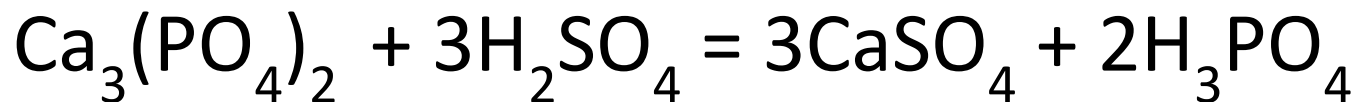
(напишите уравнения реакций)



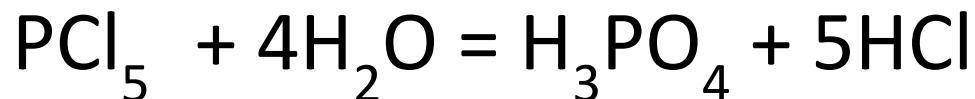
1. Из оксида фосфора (V)



2. Из солей (под действием серной кислоты)



3. Из других соединений, например хлорида фосфора (V)



Как и все слабые кислоты реагирует с (чем?)

1. Основными оксидами
2. Основаниями
3. Металлами левее водорода в ряду активности

Образует 3 вида солей:

1. Фосфаты Na_3PO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
2. Гидрофосфаты Na_2HPO_4 , CaHPO_4
3. Дигидрофосфаты NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

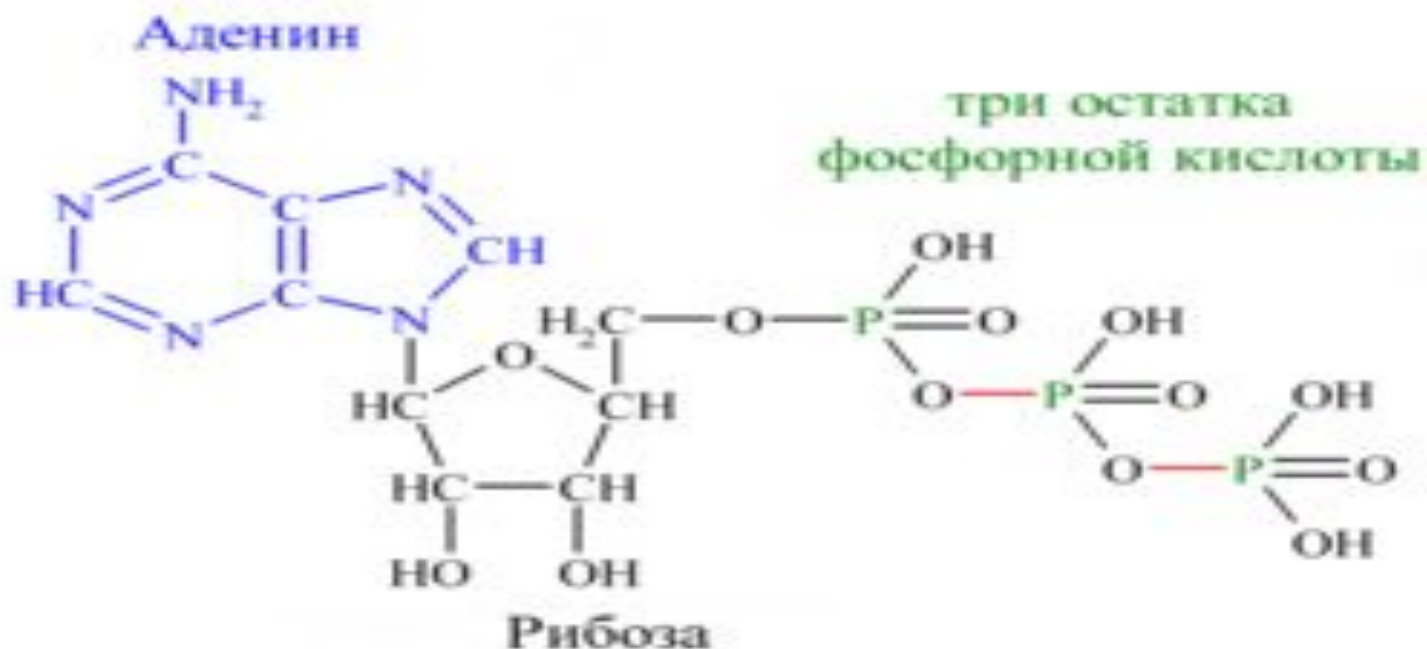
Растворимость увеличивается в этом ряду, например фосфат кальция нерастворим, а дигидрофосфат — растворим.

Биологическая роль:

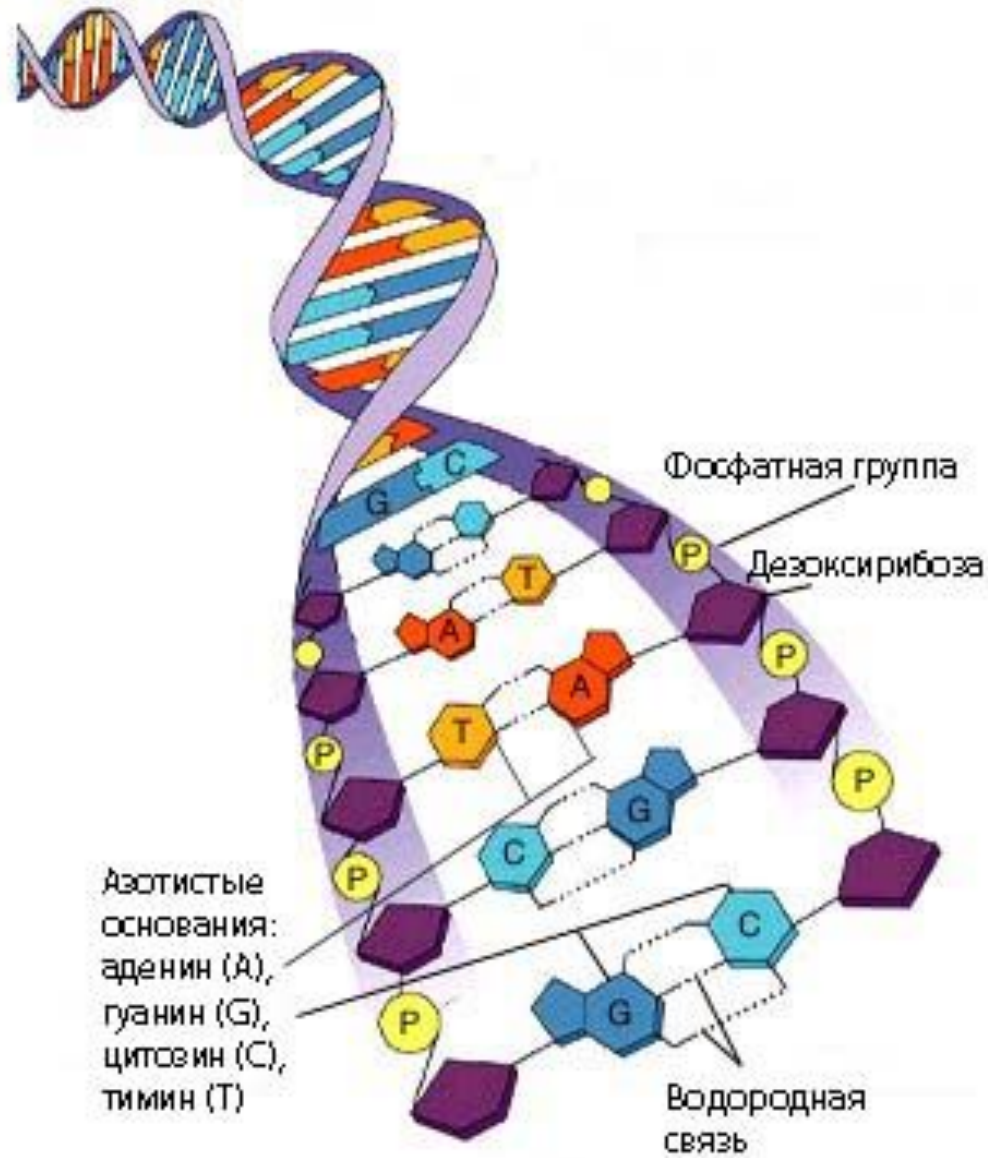
Фосфор является органогеном. В неорганической форме входит в состав костей.

В органической в состав многих важных соединений:

- АТ



- ДНК, РНК



Экспериментариум:

• Осаждение цветных нерастворимых солей:

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ, СОЛЕЙ В ВОДЕ И ЦВЕТ ОСАДКА

ИОНЫ		ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ ПО КАТИОНУ																				
		КАТИОНЫ ГИДРОКСИДОВ (ОСНОВАНИЙ)																				
		СИЛЬНЫХ						СЛАБЫХ						АМФОТЕРНЫХ						СЛАБО амфотерных		
		H ⁺	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Ni ²⁺	Mn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Be ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺
OH ⁻	гидроксид		р	р	р	р	М	р↑	Бл	Бл	З	Бл	-	-	Бл	Сз	Бл	Бл	Бл	Бл	Бр	С
NO ₃ ⁻	нитрат	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	Гд	р	р
SO ₄ ²⁻	сульфат	р	р	р	р	Бл	М	р	р	р	р	р	М	Н ^Г	р	р	р	р	Бл	р	р	р
I ⁻	иодид	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	Ж	К	р	М	р	р	Ж	Ок	-	-
Br ⁻	бромид	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	Бж	М	р	р	р	р	Бж	Гд	р	р
Cl ⁻	хлорид	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	Бл	р	р	р	р	р	Бл	р	р	р
SO ₃ ²⁻	сульфит	р↑	р	р	р	Бл	Бл	р	М	Сз	З	Бл	Бл	-	Гд	Гд	Гд	Бл	Бл	-	-	Н ^Г
PO ₄ ³⁻	ортофосфат	р	р	р	Бл	Бл	Бл	р	Бл	Бл	З	Бл	Ж	Бл	Бл	З	Бл	Бл	Бл	Бл	Бж	Гл
CH ₃ COO ⁻	ацетат	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	М	р	Гд	р	Н ^Г	р	р	Гд	-	р
CO ₃ ²⁻	карбонат	р↑	р	р	М	Бл	Бл	р	Бл	Бл	Н ^Г	Бл	Бж	Н ^Г	Гд	Гд	Н ^Г	Н ^Г	Н ^Г	Гд	Гд	Н ^Г
S ²⁻	сульфид	р↑	р	р	р	р	р	р	М	Ч	Ч	Т	Ч	Ч	Гд	Гд	Гд	Бл	Ч	Бр	-	Ч
SiO ₃ ²⁻	метасиликат	Бл	р	р	Бл	Бл	Бл	-	Бл	Ср	Гд	Т	-	-	Гд	Гд	Гд	Рз	Бл	Гд	Гд	Н ^Г

р – растворимые; р↑ – летучие или распадаются с выделением газа; М – малорастворимые; Н^Г – осадок основной соли вследствие гидролиза; Гд – соль разлагается водой; черточка (-) – вещество не существует. Цвета осадков: Бл – белый, Бж – бледно-желтый, Бр – бурый, Гл – голубой, Ж – желтый, З – зеленый, К – красный, Ок – оранжево-красный, Рз – розовый, С – синий, Сз – серовато-зеленый, Ср – серый, Т – телесный, Ч – черный.

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ ПО АНИОНУ

АНИОНЫ КИСЛОТ

СИЛЬНЫХ

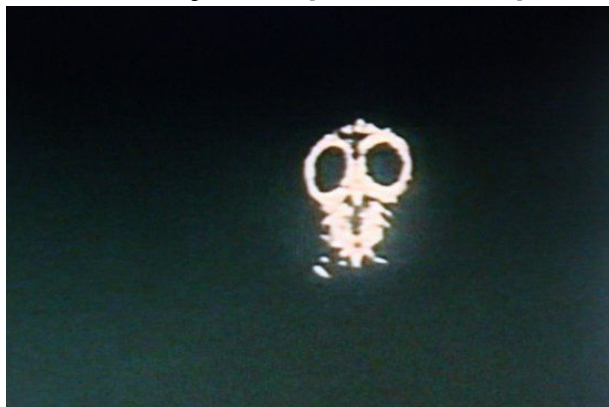
СЛАБЫХ

Получение фосфата серебра:

- Приготовьте раствор нитрата серебра (осторожно, он вызывает ожоги)
- Приготовьте раствор фосфата натрия
- Возьмите раствор нитрата серебра пипеткой и добавляйте по каплям к фосфату натрия, опишите наблюдение
- Отфильтруйте твердый остаток, поместите его в воду
- Добавляйте к нему раствор кислоты. Что вы наблюдаете? Почему это происходит?

Вопросы:

- А. Конан Дойл описал собаку, морда которой была в белом фосфоре, выглядела она так:



- В сериале «Breaking Bad» главный герой залил водой прокаленную смесь йода с фосфором, выделился газ, отравивший мексиканцев (удушьё, поражение ЦНС)



Какая из ситуаций реальна с точки зрения химии? Объясните ответ.

- Известно, что бактерии гниения разлагают трупы с выделением соединений фосфора, в т.ч. Фосфина и белого фосфора. Используя эти данные, объясните призраков на кладбищах.
- Известно, что белый фосфор растворим в сероводороде и в этом состоянии не самовозгорается. Однако сероводород быстро испаряется. Используя эти данные, предположите объяснение «снисхождения благодатного огня».

Спасибо за внимание!

