

Фосфор

План презентации:

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

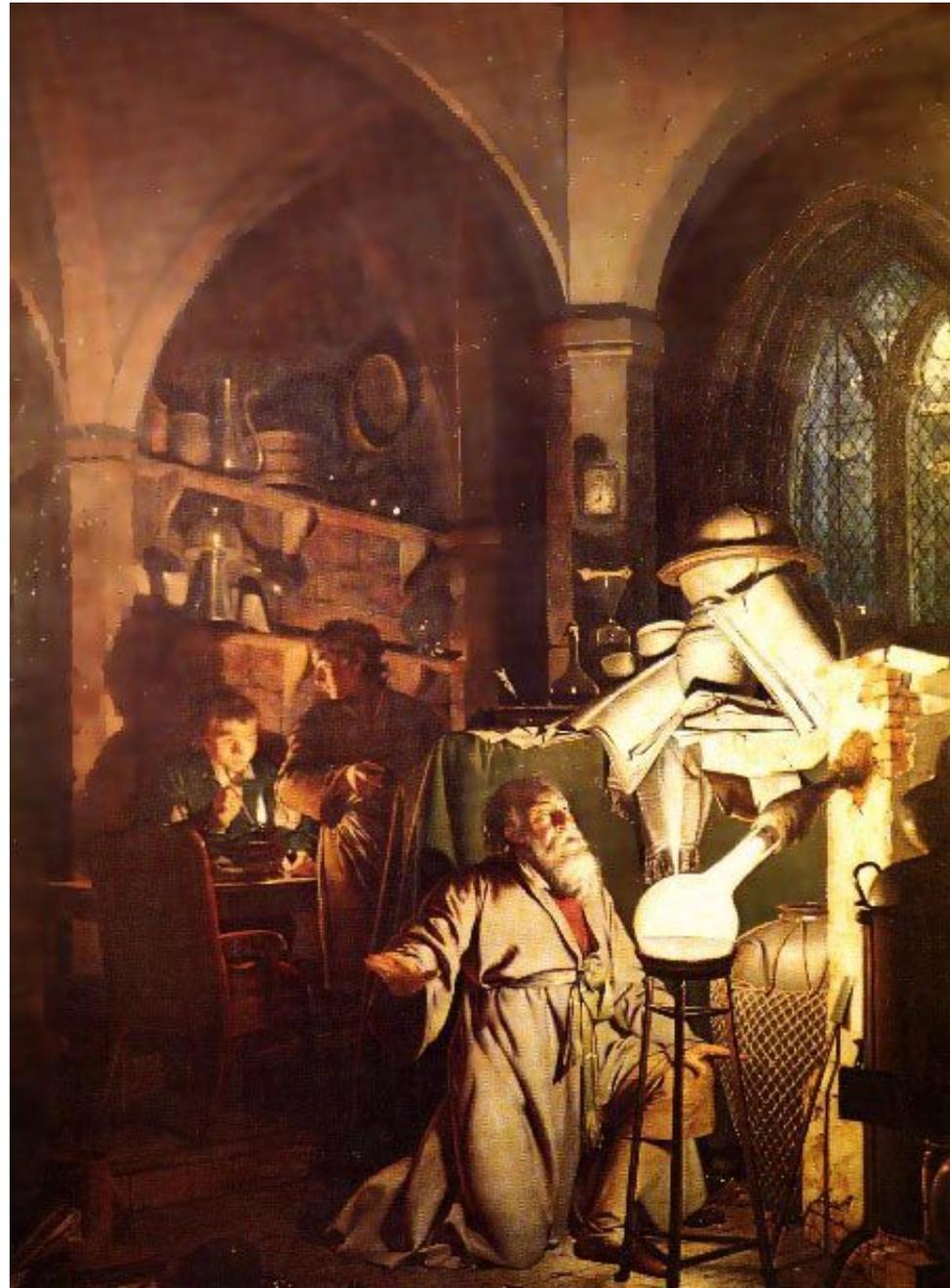
История открытия

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

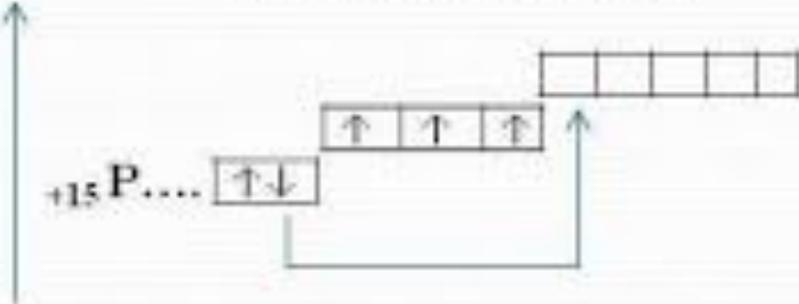
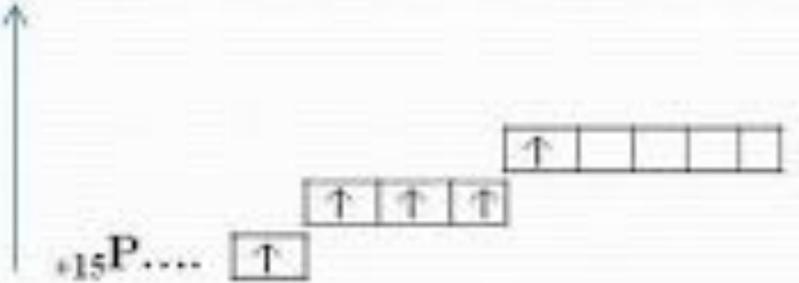


Вопросы для обсуждения:

- 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="324 562 784 601">Основное состояние</p>  <p data-bbox="131 782 285 829">$+15\text{P} \dots$</p>	<p data-bbox="1232 619 1286 658">III</p>	<p data-bbox="1599 619 1734 658">-3, +3</p>
<p data-bbox="272 958 836 996">Возбуждённое состояние</p>  <p data-bbox="131 1260 285 1308">$+15\text{P} \dots$</p>	<p data-bbox="1238 1015 1277 1053">V</p>	<p data-bbox="1638 1015 1696 1053">+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

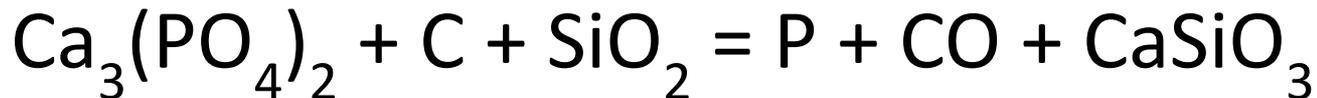
Нахождение в природе:

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:

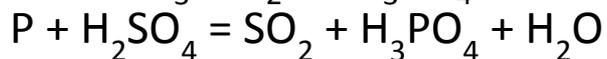
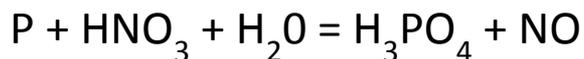


(расставьте коэффициенты методом ЭБ)

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:

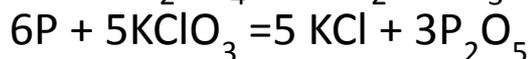
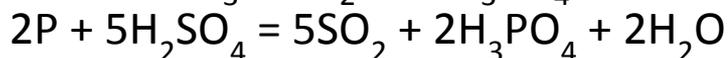
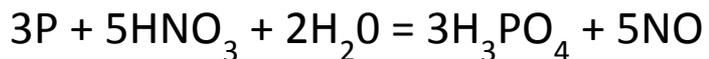


Задание: расставьте коэффициенты методов электронного баланса.

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:



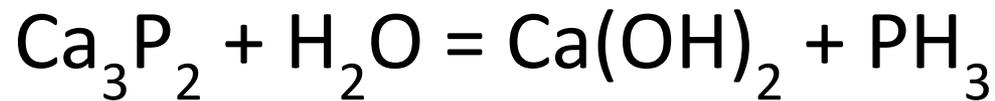
Характеристика соединений фосфора:

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

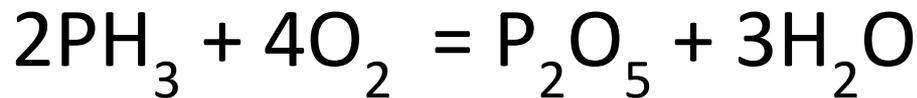
Задание: напишите по 3 соединения фосфора в каждой степени окисления.

Фосфин

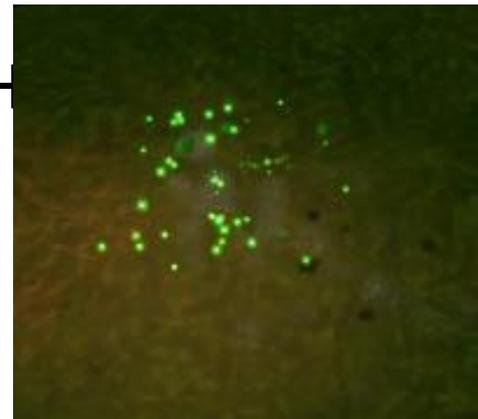
- Газ с резким запахом, похожим на рыбу
- Очень ядовит, вызывает ожоги дыхательных путей и поражение центральной нервной системы
- Получается при гидролизе фосфидов:



- Очень сильный восстановитель



- Создает эффект «блуждающих огней»

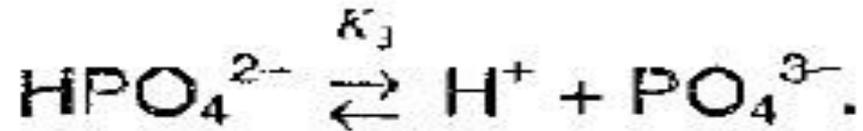
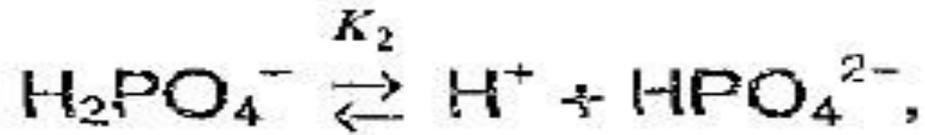
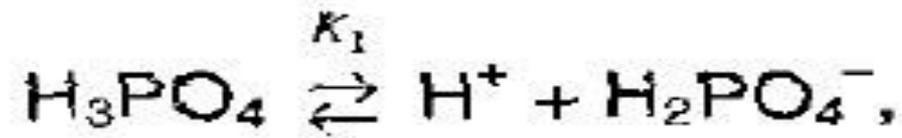


Фосфорная кислота.

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

Концентрированный раствор – бесцветная сиропообразная жидкость без запаха.

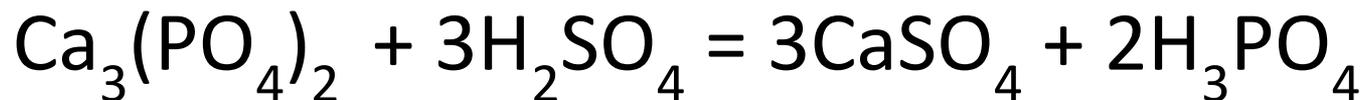




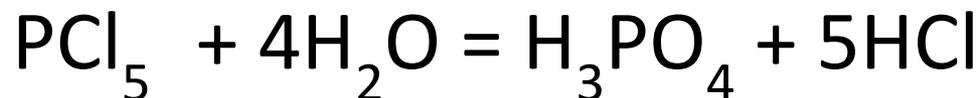
1. Из оксида фосфора (V)



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 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

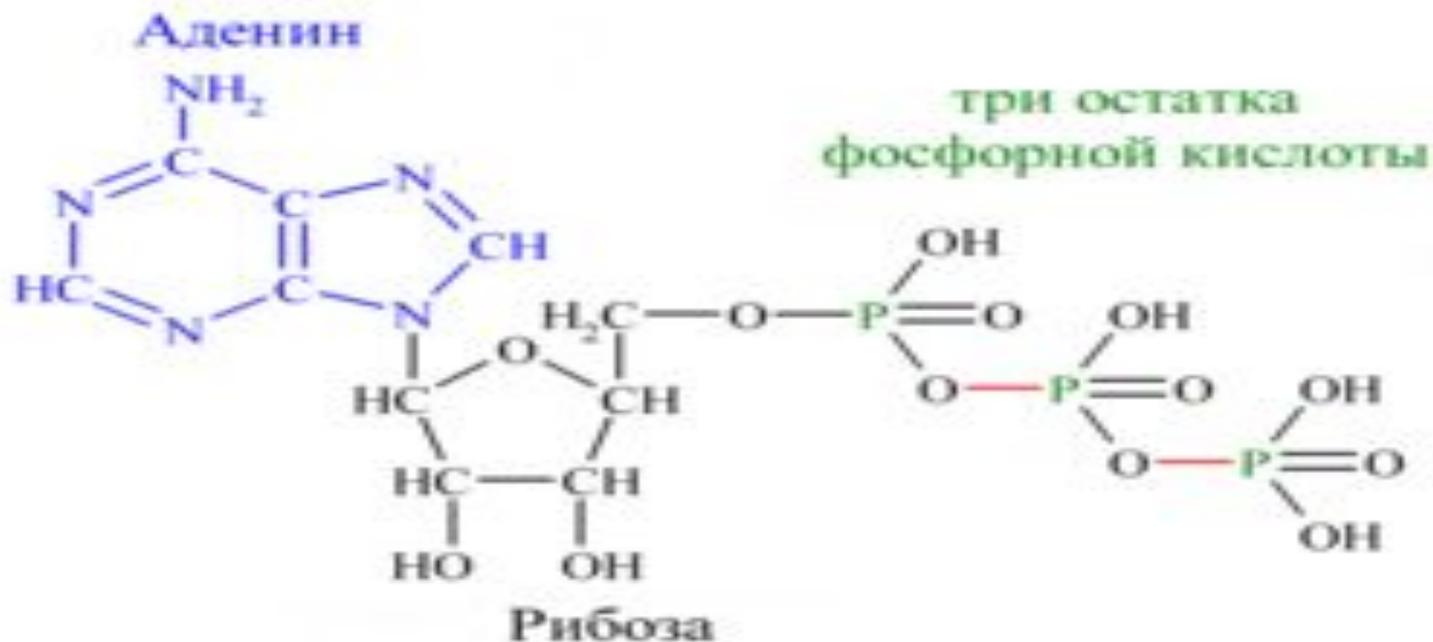
Растворимость увеличивается в этом ряду, например фосфат кальция нерастворим, а дигидрофосфат — растворим.

Биологическая роль:

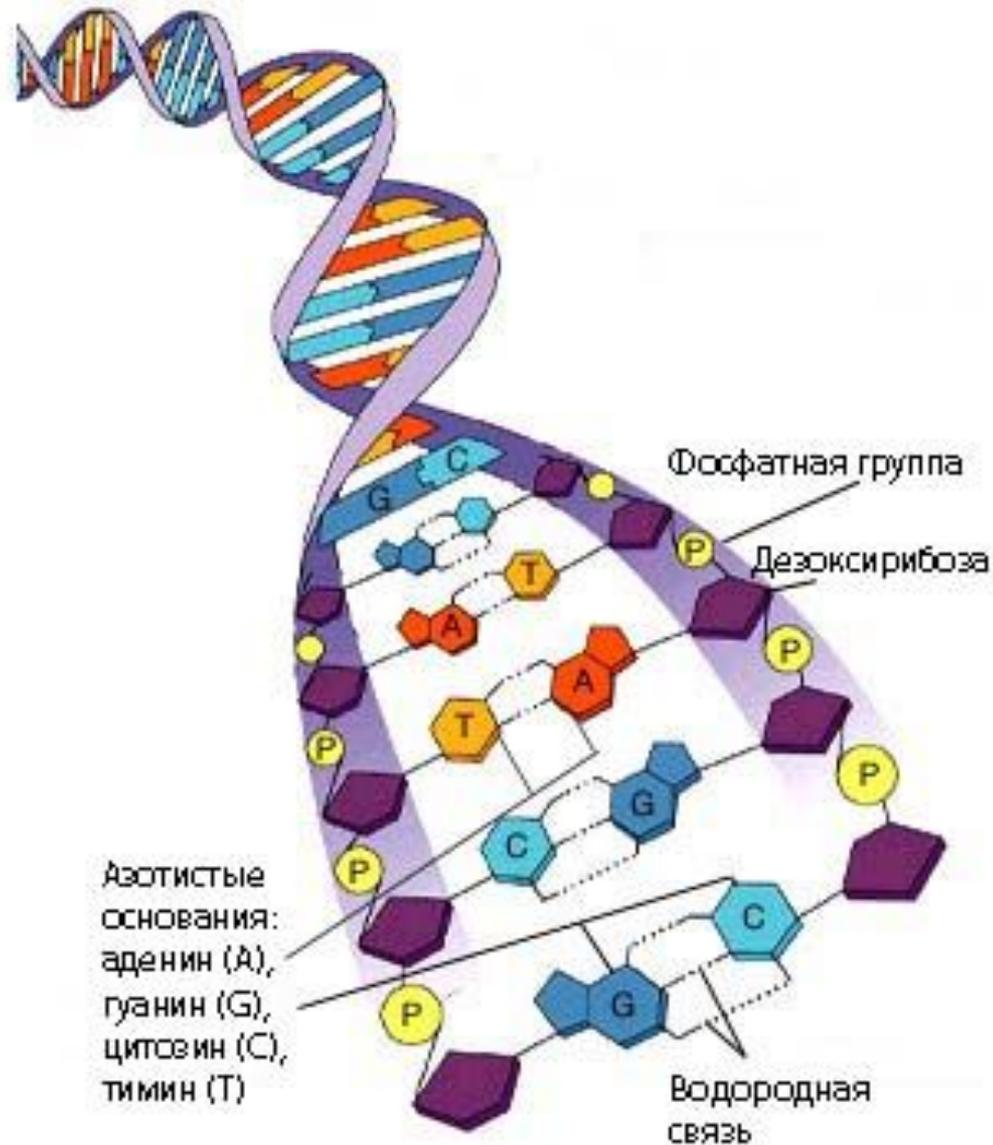
Фосфор является органогеном. В неорганической форме входит в состав костей.

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 ⁻	йодид	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.

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!

