

TỔNG HỢP KIẾN THỨC: PHOTPHO VÀ HỢP CHẤT

A. ĐƠN CHẤT PHOTPHO (P)

I. Vị trí và cấu hình electron

- **Vị trí:** Ô số 15, chu kì 3, nhóm VA trong bảng tuần hoàn.
- **Cấu hình electron:** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
- **Đặc điểm:** Có 5 electron lớp ngoài cùng, trong đó có 3 electron độc thân ở phân lớp 3p. Các số oxi hóa thường gặp của P là -3, +3, +5.

II. Tính chất vật lý

Photpho có hai dạng thù hình chính là photpho trắng và photpho đỏ.

Đặc điểm	Photpho trắng (P ₄)	Photpho đỏ (Polime)
Cấu trúc phân tử	Mạng tinh thể phân tử, gồm các phân tử P ₄ hình tứ diện.	Cấu trúc polime, chuỗi P _n .
Màu sắc, trạng thái	Chất rắn trong suốt, màu trắng hoặc hơi vàng, giống sáp.	Chất bột màu đỏ.
Tính tan	Không tan trong nước, tan nhiều trong dung môi hữu cơ (CS ₂ , ete,...).	Không tan trong các dung môi thông thường.
Độc tính	Rất độc, gây bỏng nặng khi rơi vào da.	Không độc.
Khả năng phát quang	Phát quang màu lục nhạt trong bóng tối.	Không phát quang.
Hoạt động hóa học	Hoạt động hơn photpho đỏ, có thể tự bốc cháy trong không khí ở nhiệt độ trên 40°C.	Kém hoạt động hơn, chỉ bốc cháy ở nhiệt độ trên 250°C.

Lưu ý: Khi đun nóng photpho trắng đến 250°C trong điều kiện không có không khí, nó chuyển thành photpho đỏ.

III. Tính chất hóa học

Do độ âm điện trung bình (2,19), photpho vừa thể hiện tính oxi hóa, vừa thể hiện tính khử. Tuy nhiên, tính khử là chủ yếu.

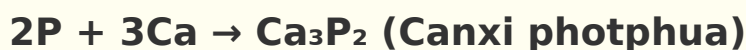
1. Tính oxi hóa (tác dụng với kim loại hoạt động)

Photpho tác dụng với các kim loại mạnh (nhóm IA, IIA) ở nhiệt độ cao, tạo ra muối photphua, trong đó P có số oxi hóa -3.

- **Ví dụ 1:** Tác dụng với Natri



- **Ví dụ 2:** Tác dụng với Canxi



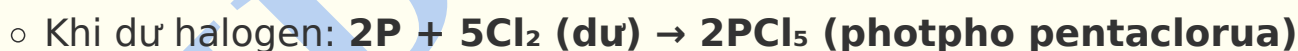
2. Tính khử (tác dụng với phi kim, chất oxi hóa mạnh)

Khi tác dụng với các chất có tính oxi hóa mạnh hơn, P thể hiện tính khử (số oxi hóa tăng lên +3 hoặc +5).

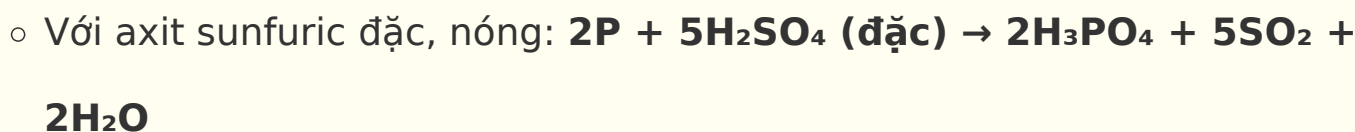
- **a. Tác dụng với oxi:**



- **b. Tác dụng với halogen (Cl_2 , Br_2 ,...):**



- **c. Tác dụng với hợp chất oxi hóa mạnh:**



IV. Ứng dụng và trạng thái tự nhiên

- **Ứng dụng:** Phần lớn photpho sản xuất ra được dùng để điều chế H_3PO_4 , từ đó sản xuất phân lân. Photpho đỏ được dùng để sản xuất diêm, bom, đạn cháy,...
- **Trạng thái tự nhiên:** Photpho không tồn tại ở dạng tự do. Nó chủ yếu tồn tại dưới dạng muối của axit photphoric, tập trung trong các khoáng vật như apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ và photphorit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Photpho còn là một nguyên tố quan trọng trong cơ thể sống (có trong xương, răng, ADN,...).

V. Điều chế

Trong công nghiệp, photpho được điều chế bằng cách nung hỗn hợp quặng photphorit, cát (SiO_2) và than cốc (C) ở 1200°C trong lò điện.



Hơi photpho thoát ra được ngưng tụ và làm lạnh, thu được photpho trắng.

B. AXIT PHOTPHORIC (H_3PO_4)

I. Cấu tạo phân tử

- **Công thức phân tử:** H_3PO_4 .
- **Cấu tạo:** Nguyên tử P ở trung tâm, liên kết với một nguyên tử O bằng liên kết đôi và ba nhóm -OH bằng liên kết đơn.
- **Số oxi hóa:** P có số oxi hóa cao nhất là +5.

II. Tính chất vật lý

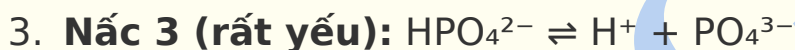
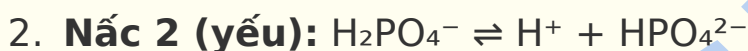
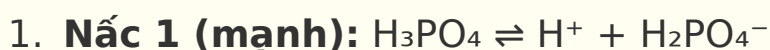
- Là chất rắn, tinh thể, không màu, nóng chảy ở 42,5°C.
- Rất háo nước và tan vô hạn trong nước.
- Dung dịch H_3PO_4 thường gặp trên thị trường là dung dịch đặc, sánh, nồng độ 85%.

III. Tính chất hóa học

Axit photphoric là một axit có độ mạnh trung bình và không có tính oxi hóa.

1. Tính axit

H_3PO_4 là một axit ba nấc, phân li trong nước theo từng nấc:



Dung dịch H_3PO_4 có đầy đủ tính chất của một axit: làm quỳ tím hóa đỏ, tác dụng với bazơ, oxit bazơ và một số muối.

2. Tác dụng với bazơ/oxit bazơ

Tùy thuộc vào tỉ lệ mol giữa H_3PO_4 và bazơ (ví dụ NaOH), phản ứng có thể tạo ra các loại muối khác nhau:

- Tỉ lệ 1:1: $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (muối dihidrophotphat)
- Tỉ lệ 1:2: $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (muối hidrophotphat)
- Tỉ lệ 1:3: $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ (muối photphat trung hòa)

- Tác dụng với oxit bazơ: $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

IV. Điều chế

1. Trong phòng thí nghiệm

Oxi hóa photpho bằng axit nitric đặc:



2. Trong công nghiệp

- **Phương pháp chiết:** Cho quặng photphorit hoặc apatit tác dụng với axit sunfuric đặc. Phương pháp này tạo ra H_3PO_4 không tinh khiết nhưng giá thành rẻ.



- **Phương pháp nhiệt:** Đốt cháy photpho để tạo P_2O_5 , sau đó cho P_2O_5 tác dụng với nước. Phương pháp này tạo ra H_3PO_4 tinh khiết hơn và nồng độ cao hơn.



V. Ứng dụng

- Sản xuất phân lân (supephotphat, amophot).
- Dùng trong công nghiệp thực phẩm làm chất tạo vị chua cho nước giải khát, mứt, kẹo.
- Sản xuất thuốc trừ sâu, dược phẩm, chất tẩy rửa.

C. MUỐI PHOTPHAT

I. Phân loại

Muối photphat là muối của axit photphoric. Có ba loại chính:

- **Muối photphat trung hòa:** Chứa ion photphat (PO_4^{3-}). Ví dụ: Na_3PO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- **Muối hidrophotphat:** Chứa ion hidrophotphat (HPO_4^{2-}). Ví dụ: Na_2HPO_4 , CaHPO_4 .
- **Muối đihidrophotphat:** Chứa ion đihidrophotphat (H_2PO_4^-). Ví dụ: NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

II. Tính tan

- **Muối của Na^+ , K^+ , NH_4^+ :** Tất cả các muối photphat của natri, kali, amoni đều tan trong nước.
- **Muối đihidrophotphat (chứa H_2PO_4^-):** Hầu hết đều tan trong nước. Ví dụ: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.
- **Muối photphat trung hòa (PO_4^{3-}) và hidrophotphat (HPO_4^{2-}) của các kim loại khác:** Hầu hết không tan hoặc ít tan trong nước. Ví dụ: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$, Ag_3PO_4 , CaHPO_4 .

III. Nhận biết ion photphat (PO_4^{3-})

Thuốc thử để nhận biết ion PO_4^{3-} trong dung dịch là dung dịch bạc nitrat (AgNO_3).

- **Hiện tượng:** Xuất hiện kết tủa màu vàng của bạc photphat (Ag_3PO_4).

- **Phương trình ion:** $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ (vàng)

- **Ví dụ:** $\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3\text{KNO}_3$

- **Lưu ý:** Kết tủa Ag_3PO_4 tan được trong dung dịch axit nitric (HNO_3) loãng, đây là đặc điểm để phân biệt với kết tủa AgI (cũng màu vàng nhưng không tan trong HNO_3).

