

Chuyên đề Photpho và Axit Photphoric

Photpho (P) là một phi kim quan trọng, có vai trò thiết yếu đối với sự sống. Hợp chất phổ biến và quan trọng nhất của nó là axit photphoric (H_3PO_4). Bài viết này sẽ tổng hợp đầy đủ kiến thức về các dạng thù hình của photpho và tính chất của axit photphoric.

I. Photpho (P)

1. Vị trí trong bảng tuần hoàn và cấu hình electron

- **Vị trí:** Photpho có số hiệu nguyên tử $Z = 15$, thuộc ô số 15, chu kì 3, nhóm VA của bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học.
- **Cấu hình electron:** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
- **Đặc điểm:** Có 5 electron ở lớp ngoài cùng, nên trong các hợp chất, photpho có xu hướng nhận 3 electron hoặc dùng chung electron để đạt cấu hình bền vững. Các số oxi hóa thường gặp của P là -3, 0, +3, +5.

2. Các dạng thù hình của Photpho

Photpho tồn tại ở một số dạng thù hình, trong đó quan trọng nhất là photpho trắng và photpho đỏ.

Tiêu chí	Photpho trắng (P ₄)	Photpho đỏ (P)
Cấu trúc phân tử	Cấu trúc mạng tinh thể phân tử, gồm các phân tử P ₄ hình tứ diện. Lực liên kết giữa các phân tử yếu.	Cấu trúc polime (P) _n với các chuỗi dài. Lực liên kết giữa các nguyên tử bền vững hơn.
Màu sắc, trạng thái	Chất rắn trong suốt, màu trắng hoặc hơi vàng, giống sáp. Mềm, dễ cắt.	Chất bột màu đỏ, bền.
Tính tan	Không tan trong nước, nhưng tan nhiều trong dung môi hữu cơ như benzen, CS ₂ , etc...	Không tan trong nước và 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 do quá trình oxi hóa chậm trong không khí.	Không phát quang.
Hoạt động hóa học	Rất hoạt động, hoạt động hơn photpho đỏ. Tự bốc cháy trong không khí ở nhiệt độ trên 40°C.	Kém hoạt động hơn photpho trắng. Chỉ bốc cháy ở nhiệt độ trên 250°C.

Chuyển hóa	Đun nóng đến 250°C không có không khí, chuyển thành photpho đỏ.	Đun nóng trong điều kiện không có không khí, P đỏ thăng hoa, sau đó hơi của nó ngưng tụ lại thành P trắng.
-------------------	---	--

3. Tính chất hóa học của Photpho

Do có các số oxi hóa trung gian, photpho vừa thể hiện tính oxi hóa, vừa thể hiện tính khử.

a. Tính khử (Tác dụng với chất oxi hóa mạnh)

Khi tác dụng với các chất oxi hóa mạnh như oxi, halogen, KClO_3 ... số oxi hóa của P tăng từ 0 lên +3 hoặc +5.

• Tác dụng với Oxi:

Khi thiếu oxi, photpho cháy tạo ra điphotpho trioxit. Khi dư oxi, tạo ra điphotpho pentaoxit.

Ví dụ 1: $4\text{P} + 3\text{O}_2 \text{ (thiếu)} \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_3$

Ví dụ 2: $4\text{P} + 5\text{O}_2 \text{ (dư)} \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5$

• Tác dụng với Halogen:

Photpho tác dụng mạnh với halogen, phản ứng tỏa nhiều nhiệt.

Ví dụ 1 (thiếu clo): $2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{PCl}_3 \text{ (photpho trichlorua)}$

Ví dụ 2 (dư clo): $2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{PCl}_5 \text{ (photpho pentachlorua)}$

• Tác dụng với hợp chất oxi hóa mạnh:

Photpho dễ bốc cháy khi tác dụng với các chất oxi hóa mạnh như KClO_3 , KNO_3 khi có tác dụng của ma sát hoặc nhiệt độ. Phản ứng này được ứng dụng làm thuốc ở đầu que diêm.

Ví dụ: $6\text{P} + 5\text{KClO}_3 \rightarrow 3\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{KCl}$

b. Tính oxi hóa (Tác dụng với chất khử mạnh)

Khi tác dụng với các kim loại hoạt động, số oxi hóa của P giảm từ 0 xuống -3, tạo thành muối photphua.

- **Tác dụng với kim loại:**

Ví dụ 1 (Tác dụng với Canxi): $2\text{P} + 3\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2$ (**Canxi photphua**)

Ví dụ 2 (Tác dụng với Natri): $\text{P} + 3\text{Na} \rightarrow \text{Na}_3\text{P}$ (**Natri photphua**)

Lưu ý: Muối photphua dễ bị thủy phân trong nước tạo ra khí photphin (PH_3) rất độc.



II. Axit Photphoric (H_3PO_4)

1. Cấu tạo phân tử

- **Công thức phân tử:** H_3PO_4

- **Công thức cấu tạo:** Trong phân tử H_3PO_4 , nguyên tử photpho ở trung tâm có số oxi hóa +5, liên kết với một nguyên tử oxi bằng liên kết đôi và ba nhóm hiđroxyl ($-\text{OH}$) bằng các liên kết đơn.

- Các liên kết O-H phân cực mạnh, do đó các nguyên tử H linh động và có khả năng tách ra dưới dạng ion H^+ , thể hiện tính axit.

2. Tính chất vật lý

- Là chất rắn, dạng tinh thể trong suốt, không màu.
- Nóng chảy ở $42,5^\circ C$.
- Rất háo nước và tan vô hạn trong nước.
- Dung dịch H_3PO_4 đặc thường ở dạng sánh, không màu, có nồng độ khoảng 85%.

3. Tính chất hóa học

Axit photphoric là một axit có độ mạnh trung bình và không có tính oxi hóa mạnh như axit nitric (HNO_3).

a. Tính axit

H_3PO_4 là một axit ba nấc, phân li trong nước theo ba giai đoạn, chủ yếu là nấc thứ nhất.



Do đó, dung dịch H_3PO_4 làm quỳ tím hóa đỏ (hơi hồng).

b. 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:

- Muối dihiđrophotphat (chứa ion H_2PO_4^-)
- Muối hiđrophotphat (chứa ion HPO_4^{2-})
- Muối photphat trung hòa (chứa ion PO_4^{3-})

Đặt $T = \text{số mol OH}^- / \text{số mol H}_3\text{PO}_4$

- Nếu $T \leq 1$: Tạo muối NaH_2PO_4 .



- Nếu $1 < T < 2$: Tạo hỗn hợp 2 muối NaH_2PO_4 và Na_2HPO_4 .

- Nếu $T = 2$: Tạo muối Na_2HPO_4 .



- Nếu $2 < T < 3$: Tạo hỗn hợp 2 muối Na_2HPO_4 và Na_3PO_4 .

- Nếu $T \geq 3$: Tạo muối Na_3PO_4 .

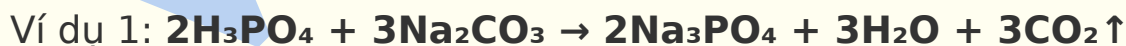


Tác dụng với oxit bazơ:



c. Tác dụng với muối

H_3PO_4 tác dụng với muối của axit yếu hơn (như axit cacbonic) để tạo ra muối mới và axit mới yếu hơn.



Ví dụ 2: Phản ứng tạo kết tủa vàng đặc trưng của ion PO_4^{3-} với ion Ag^+ .



d. Phản ứng nhiệt phân

Khi đun nóng, H_3PO_4 bị mất nước dần và biến đổi thành các axit khác.

- Ở $200-250^\circ\text{C}$: $2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (axit điphotphoric) + H_2O
- Ở $400-500^\circ\text{C}$: $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 \rightarrow 2\text{HPO}_3$ (axit metaphotphoric) + H_2O

4. Điều chế và ứng dụng

a. Điều chế

- **Trong phòng thí nghiệm:** Oxi hóa photpho bằng axit nitric đặc, nóng.

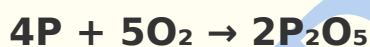


- **Trong công nghiệp:**

Phương pháp chiết (phổ biến hơn): Cho quặng photphorit hoặc apatit tác dụng với dung dịch H_2SO_4 đặc. Sản phẩm H_3PO_4 thu được không tinh khiết.



Phương pháp nhiệt: Đốt cháy photpho để tạo P_2O_5 , sau đó cho P_2O_5 tác dụng với nước. H_3PO_4 thu được có độ tinh khiết cao hơn và nồng độ cao hơn.



b. Ứng dụng

- Phần lớn H_3PO_4 được dùng để sản xuất phân lân (supephotphat đơn, kép) và amophot.
- Sản xuất muối photphat dùng trong sản xuất chất giặt rửa, làm mềm nước.

- H_3PO_4 tinh khiết được dùng trong công nghiệp dược phẩm.
- Trong công nghiệp thực phẩm, H_3PO_4 được dùng làm chất tạo vị chua cho nước giải khát, mứt, thạch (phụ gia E338).

VIDOCU.COM