

TỔNG HỢP KIẾN THỨC: AXIT PHOTPHORIC VÀ MUỐI PHOTPHAT

Đây là tài liệu ôn tập chi tiết về axit photphoric (H_3PO_4), muối photphat và các dạng bài tập liên quan, giúp học sinh nắm vững kiến thức trọng tâm trong chương trình Hóa học lớp 11.

A. AXIT PHOTPHORIC (H_3PO_4)

I. Cấu tạo phân tử và tính chất vật lí

1. Cấu tạo phân tử

- **Công thức phân tử:** H_3PO_4
- **Công thức cấu tạo:**

Công thức cấu tạo H_3PO_4

- **Đặc điểm:** Trong phân tử H_3PO_4 , nguyên tử Photpho (P) có số oxi hóa cao nhất là +5. Nguyên tử P liên kết với một nguyên tử oxi bằng liên kết đôi và ba nhóm hydroxyl (-OH) bằng liên kết đơn. Các liên kết O-H phân cực mạnh, làm cho các nguyên tử H linh động và có khả năng tách ra dưới dạng ion H^+ , thể hiện tính axit.

2. Tính chất vật lí

- Là chất rắn, dạng tinh thể trong suốt, không màu.
- Rất háo nước, dễ chảy rữa trong không khí.

- Tan vô hạn trong nước theo bất kỳ tỉ lệ nào.
- Dung dịch axit photphoric thường gặp trong phòng thí nghiệm là dung dịch đặc, sánh, có nồng độ 85%.

II. Tính chất hóa học

Axit photphoric là một axit có độ mạnh trung bình và không có tính oxi hóa (do P đã ở mức oxi hóa +5 cao nhất và bền). Nó mang đầy đủ các tính chất của một axit.

1. Tính axit yếu ba nấc

Trong dung dịch, H_3PO_4 phân li thuận nghịch theo 3 nấc để tạo ra ion H^+ . Độ mạnh của axit giảm dần sau mỗi nấc phân li.

- **Nấc 1:** $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ (ion dihidrophotphat) - ($K_{a1} = 7.6 \times 10^{-3}$)
- **Nấc 2:** $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ (ion hidrophotphat) - ($K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$)
- **Nấc 3:** $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ (ion photphat) - ($K_{a3} = 4.4 \times 10^{-13}$)

Sự phân li chủ yếu xảy ra ở nấc 1. Do đó, dung dịch H_3PO_4 chứa các ion H^+ , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} và các phân tử H_3PO_4 chưa phân li. Dung dịch H_3PO_4 làm quỳ tím hóa đỏ (hồng).

2. Tác dụng với bazơ / oxit bazơ

Khi H_3PO_4 phản ứng với dung dịch bazơ (kiềm), tùy thuộc vào tỉ lệ mol giữa axit và bazơ mà có thể tạo ra các loại muối khác nhau: muối axit hoặc muối trung hòa.

Ví dụ với NaOH:

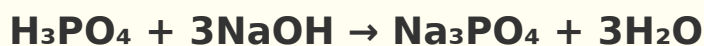
1. Tỷ lệ mol $n_{\text{NaOH}} / n_{\text{H}_3\text{PO}_4} \leq 1$: Tạo muối dihidrophotphat (NaH_2PO_4)



2. Tỷ lệ mol $n_{\text{NaOH}} / n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 2$: Tạo muối hidrophotphat (Na_2HPO_4)



3. Tỷ lệ mol $n_{\text{NaOH}} / n_{\text{H}_3\text{PO}_4} \geq 3$: Tạo muối trung hòa (Na_3PO_4)



Nếu tỷ lệ nằm giữa các khoảng trên (ví dụ: 1 tỷ lệ 2), phản ứng sẽ tạo ra hỗn hợp hai muối tương ứng.

Ví dụ với oxit bazơ:



3. Tác dụng với muối

H_3PO_4 có thể tác dụng với muối của axit yếu hơn (như axit cacbonic) hoặc tạo ra sản phẩm kết tủa.

- **Ví dụ 1:** Phản ứng với muối cacbonat



- **Ví dụ 2:** Phản ứng tạo kết tủa (dùng để nhận biết ion PO_4^{3-})



B. MUỐI PHOTPHAT

I. Phân loại

Muối photphat là muối của axit photphoric. Có 3 loại muối photphat:

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

II. Tính tan

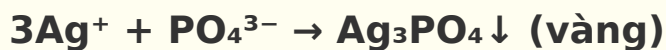
Tính tan của muối photphat có quy luật khá rõ ràng:

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

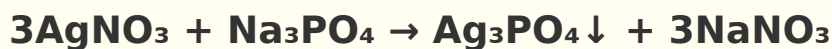
III. Nhận biết ion Photphat (PO_4^{3-})

- **Thuốc thử:** Dung dịch Bạc nitrat (AgNO_3).
- **Hiện tượng:** Xuất hiện kết tủa màu vàng tươi, không tan trong nước nhưng tan trong dung dịch axit mạnh (HNO_3 , HCl).

- **Phương trình ion rút gọn:**



- **Ví dụ:** Nhận biết dung dịch Na_3PO_4 .



C. CÁC DẠNG BÀI TẬP TRỌNG TÂM

Dạng 1: Bài toán P_2O_5 hoặc H_3PO_4 tác dụng với dung dịch kiềm (NaOH , KOH ...)

1. Phương pháp giải

Đây là dạng bài tập quan trọng nhất, mấu chốt là xác định sản phẩm tạo thành dựa vào tỉ lệ mol.

1. **Bước 1:** Tính số mol các chất ban đầu. Nếu đề cho P_2O_5 , cần viết phương trình chuyển đổi:



2. **Bước 2:** Lập tỉ lệ $T = n_{\text{OH}^-} / n_{\text{H}_3\text{PO}_4}$. (Với NaOH , KOH thì $n_{\text{OH}^-} = n_{\text{kiềm}}$. Với $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ thì $n_{\text{OH}^-} = 2n_{\text{kiềm}}$).

3. **Bước 3:** Biện luận sản phẩm dựa trên giá trị của T :

- **$T \leq 1$:** Chỉ tạo muối H_2PO_4^- . H_3PO_4 có thể dư.
- **$1 < T < 2$:** Tạo hỗn hợp 2 muối: H_2PO_4^- và HPO_4^{2-} .
- **$T = 2$:** Chỉ tạo muối HPO_4^{2-} .
- **$2 < T < 3$:** Tạo hỗn hợp 2 muối: HPO_4^{2-} và PO_4^{3-} .
- **$T \geq 3$:** Chỉ tạo muối PO_4^{3-} . Dung dịch kiềm có thể dư.

4. **Bước 4:** Viết phương trình phản ứng tương ứng. Nếu tạo hỗn hợp 2 muối, đặt ẩn số mol cho mỗi muối và giải hệ phương trình dựa trên bảo toàn nguyên tố (P và kim loại kiềm/kiềm thổ).

2. Ví dụ minh họa

Đề bài: Đốt cháy hoàn toàn 6.2 gam photpho trong oxi dư. Cho toàn bộ sản phẩm thu được vào 200 ml dung dịch NaOH 2M. Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.

Hướng dẫn giải:

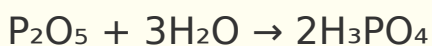
- **Bước 1: Tính số mol**

$$n_P = 6.2 / 31 = 0.2 \text{ mol}$$

Phương trình đốt cháy: $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$

Theo phương trình, $n_{P_2O_5} = n_P / 2 = 0.2 / 2 = 0.1 \text{ mol}$

Sản phẩm P_2O_5 tác dụng với nước trong dung dịch NaOH:



Theo phương trình, $n_{H_3PO_4} = 2 * n_{P_2O_5} = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mol}$

$$n_{NaOH} = V * C_M = 0.2 * 2 = 0.4 \text{ mol}$$

- **Bước 2: Lập tỉ lệ T**

$$T = n_{NaOH} / n_{H_3PO_4} = 0.4 / 0.2 = 2$$

- **Bước 3: Biện luận sản phẩm**

Vì $T = 2$ nên phản ứng chỉ tạo ra muối hidrophotphat (Na_2HPO_4).

- **Bước 4: Tính khối lượng muối**

Phương trình phản ứng:



Phản ứng vừa đủ. Theo phương trình, $n_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0.2 \text{ mol}$.

Khối lượng muối thu được:

$$m_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = n * M = 0.2 * (23*2 + 1 + 31 + 16*4) = 0.2 * 142 = 28.4 \text{ gam.}$$

Kết luận: Khối lượng muối thu được là 28.4 gam.

Dạng 2: Bài toán nhận biết ion photphat

1. Phương pháp

Sử dụng thuốc thử đặc trưng là dung dịch AgNO_3 để tạo kết tủa vàng Ag_3PO_4 . Cần lưu ý các ion khác cũng có thể tạo kết tủa với Ag^+ (như Cl^- , Br^- , I^-) nhưng có màu sắc khác nhau.

- Ag_3PO_4 : kết tủa vàng tươi
- AgCl : kết tủa trắng
- AgBr : kết tủa vàng nhạt
- AgI : kết tủa vàng đậm

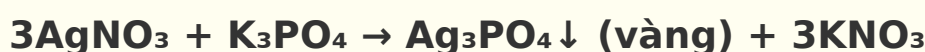
2. Ví dụ minh họa

Đề bài: Bằng phương pháp hóa học, hãy phân biệt 3 dung dịch đựng trong các lọ mất nhãn: K_3PO_4 , KCl , KNO_3 .

Hướng dẫn giải:

1. Trích mỗi dung dịch một ít làm mẫu thử và đánh số.
2. Nhỏ vài giọt dung dịch AgNO_3 vào từng mẫu thử:

- Mẫu thử nào xuất hiện kết tủa màu vàng tươi là K_3PO_4 .



- Mẫu thử nào xuất hiện kết tủa màu trắng là KCl.



- Mẫu thử nào không có hiện tượng gì là KNO₃.
- Dán nhãn lại các lọ hóa chất.

VIDOCU.COM