

I. Giới thiệu chung về Photpho (P)

Photpho, ký hiệu hóa học là P, là một nguyên tố phi kim thuộc nhóm VA (nhóm 15) trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học.

- **Số hiệu nguyên tử:** 15
- **Cấu hình electron:** $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$. Có 3 electron ở lớp ngoài cùng, dễ tham gia vào các liên kết hóa học.
- **Độ âm điện:** 2,19
- **Các số oxi hóa thường gặp:** -3, 0, +3, +5.

Trong tự nhiên, photpho không tồn tại ở dạng đơn chất do hoạt động hóa học mạnh. Nó chủ yếu được tìm thấy trong các khoáng vật như apatit và photphorit.

II. Các dạng thù hình của Photpho

Thù hình là hiện tượng một nguyên tố hóa học có thể tồn tại dưới nhiều dạng đơn chất khác nhau. Các dạng đơn chất này khác nhau về cấu trúc tinh thể hoặc số lượng nguyên tử trong phân tử, dẫn đến sự khác biệt về tính chất vật lý và hóa học. Photpho có hai dạng thù hình chính là photpho trắng và photpho đỏ.

Bảng so sánh Photpho trắng và Photpho đỏ

Tiêu chí	Photpho trắng (P trắng)	Photpho đỏ (P đỏ)
Cấu trúc phân tử	Cấu trúc mạng tinh thể phân tử. Gồm các phân tử P₄ hình tứ diện. Liên kết P-P kém bền.	Cấu trúc polymer (P)_n , dạng chuỗi dài. Liên kết P-P bền vững hơn.
Trạng thái, màu sắc	Chất rắn, trong suốt, màu trắng hoặc hơi vàng, giống sáp. Mềm, dễ cắt.	Chất bột, màu đỏ. Cứng và giòn.
Tính tan	Không tan trong nước. Tan tốt trong các dung môi hữu cơ như benzen, ete, cacbon đisunfua (CS ₂).	Không tan trong nước và các dung môi hữu cơ thông thường.
Tính độc	Rất độc, gây bỏng nặng khi tiếp xúc với 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.
Nhiệt độ nóng chảy	44,1 °C	Nóng chảy ở nhiệt độ cao hơn (khoảng 590 °C trong điều kiện không có không khí).

Tiêu chí	Photpho trắng (P trắng)	Photpho đỏ (P đỏ)
Hoạt động hóa học	Rất hoạt động, mạnh hơn photpho đỏ. Có thể 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.
Bảo quản	Ngâm trong nước để ngăn tiếp xúc với không khí.	Bảo quản trong điều kiện thường.

Sự chuyển hóa giữa hai dạng thù hình

Photpho trắng và photpho đỏ có thể chuyển hóa lẫn nhau dưới tác dụng của nhiệt độ và điều kiện không có không khí.

- **Chuyển hóa từ P trắng sang P đỏ:** Khi đun nóng photpho trắng đến khoảng 250°C trong môi trường không có không khí, nó sẽ chuyển thành photpho đỏ.
P (trắng) --(t°, không có không khí)--> P (đỏ)
- **Chuyển hóa từ P đỏ sang P trắng:** Khi đun nóng photpho đỏ trong điều kiện không có không khí và ngưng tụ hơi thu được, hơi photpho sẽ chuyển thành photpho trắng.
P (đỏ) --(t°, ngưng tụ hơi)--> P (trắng)

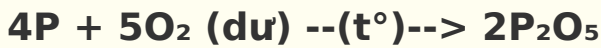
III. Phản ứng cháy đặc trưng của Photpho

Photpho cháy trong oxi tạo ra các oxit tương ứng. Tùy thuộc vào lượng oxi cung cấp (thiếu hay dư) mà sản phẩm tạo thành sẽ khác nhau.

1. Cháy trong điều kiện dư Oxi

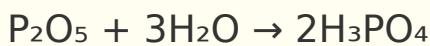
Khi đốt photpho trong không khí hoặc trong bình chứa oxi dư, photpho cháy mạnh, phát sáng và tạo ra khói trắng dày đặc là các hạt điphotpho pentaoxit (P_2O_5).

- **Phương trình hóa học:**



- **Giải thích:**

Trong phản ứng này, photpho bị oxi hóa lên số oxi hóa cao nhất là +5. Sản phẩm P_2O_5 là một oxit axit, khi tan trong nước tạo ra axit photphoric (H_3PO_4).



- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn 6,2 gam photpho trong oxi dư. Tính khối lượng điphotpho pentaoxit (P_2O_5) thu được.

Giải:

Số mol P: $n(P) = 6,2 / 31 = 0,2 \text{ mol}$.

Theo phương trình: $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$

Cứ 4 mol P phản ứng tạo ra 2 mol P_2O_5 .

Vậy 0,2 mol P phản ứng tạo ra $(0,2 * 2) / 4 = 0,1 \text{ mol } P_2O_5$.

Khối lượng P_2O_5 thu được: $m(P_2O_5) = 0,1 * (31*2 + 16*5) = 0,1 * 142 = 14,2 \text{ gam}$.

2. **Ví dụ 2:** Hiện tượng nào quan sát được khi đưa một muỗng chứa photpho đỏ đang cháy vào lọ đựng khí oxi?

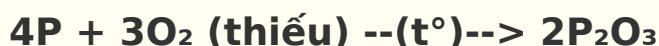
Trả lời:

Photpho đỏ sẽ cháy mãnh liệt hơn so với cháy ngoài không khí, ngọn lửa sáng chói. Đồng thời, trong lọ xuất hiện nhiều khói trắng dạng bột, bám vào thành lọ. Khói trắng đó chính là P_2O_5 .

2. Cháy trong điều kiện thiếu Oxi

Khi đốt photpho trong điều kiện thiếu oxi, photpho chỉ bị oxi hóa lên số oxi hóa trung gian là +3, tạo thành sản phẩm là điphotpho trioxit (P_2O_3).

- **Phương trình hóa học:**



- **Giải thích:**

Sản phẩm P_2O_3 cũng là một oxit axit. Khi tan trong nước, nó tạo ra axit photphorơ (H_3PO_3).



- **Ví dụ minh họa:**

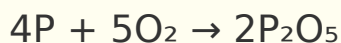
1. **Ví dụ 1:** Đốt 12,4 gam photpho trong một bình kín chứa 6,72 lít khí O_2 (đktc). Xác định sản phẩm tạo thành và tính khối lượng của chúng.

Giải:

Số mol P: $n(P) = 12,4 / 31 = 0,4 \text{ mol}$.

Số mol O_2 : $n(O_2) = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ mol}$.

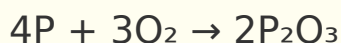
Lập tỉ lệ mol so với hệ số phương trình để xác định chất dư, chất hết. Giả sử sản phẩm là P_2O_5 :



Tỉ lệ: $n(P)/4 = 0,4/4 = 0,1$; $n(O_2)/5 = 0,3/5 = 0,06$.

Vì 0,06 < 0,1 nên O_2 hết, P dư. Phản ứng tính theo O_2 . Tuy nhiên, đây là trường hợp thiếu oxi.

Ta xét phản ứng tạo P_2O_3 :



Tỉ lệ: $n(P)/4 = 0,4/4 = 0,1$; $n(O_2)/3 = 0,3/3 = 0,1$.

Tỉ lệ bằng nhau, vậy phản ứng xảy ra vừa đủ theo phương trình này.

Sản phẩm tạo thành là P_2O_3 .

Số mol $P_2O_3 = (0,3 * 2) / 3 = 0,2$ mol.

Khối lượng $P_2O_3 = 0,2 * (31*2 + 16*3) = 0,2 * 110 = 22$ gam.

2. **Ví dụ 2:** Tại sao trong một số bài tập, khi đốt photpho trong không khí, ta thường giả định sản phẩm là P_2O_5 ?

Trả lời:

Không khí chứa khoảng 21% oxi. Lượng oxi này thường được coi là đủ lớn (dư) để oxi hóa hoàn toàn photpho thành P_2O_5 , trừ khi đề bài cho rõ ràng là đốt trong điều kiện thiếu không khí hoặc trong một thể tích không khí giới hạn.

IV. Tổng kết

Kiến thức về các dạng thù hình và phản ứng cháy của photpho là nền tảng quan trọng trong chương trình hóa học lớp 11. Cần nắm vững:

1. **Sự khác biệt cơ bản** giữa photpho trắng và photpho đỏ về cấu trúc, tính chất vật lý và hoạt động hóa học.
2. **Điều kiện chuyển hóa** qua lại giữa hai dạng thù hình này.
3. **Sản phẩm của phản ứng cháy** phụ thuộc vào lượng oxi: dư oxi tạo P_2O_5 , thiếu oxi tạo P_2O_3 .
4. **Viết và cân bằng đúng phương trình hóa học** cho các phản ứng cháy, từ đó giải quyết các bài toán định lượng liên quan.