

Tổng quan về Cacbon Monoxit (CO)

Cacbon monoxit, công thức hóa học là CO, là một hợp chất vô cơ quan trọng của cacbon. Mặc dù được biết đến là một khí rất độc, CO lại đóng vai trò không thể thiếu trong nhiều quy trình công nghiệp, đặc biệt là ngành luyện kim, nhờ vào tính khử mạnh mẽ của nó. Chuyên đề này sẽ đi sâu vào cấu tạo, tính chất và các ứng dụng then chốt của CO.

1. Cấu tạo phân tử và Tính chất vật lý

a. Cấu tạo phân tử

- **Công thức phân tử:** CO
- **Cấu tạo:** Phân tử CO có một liên kết ba giữa nguyên tử Cacbon (C) và Oxi (O), bao gồm hai liên kết cộng hóa trị và một liên kết cho-nhận (trong đó cặp electron dùng chung do O đóng góp). Cấu trúc này làm cho liên kết $C\equiv O$ rất bền vững.
- **Số oxi hóa:** Trong CO, cacbon có số oxi hóa là +2, một trạng thái oxi hóa trung gian. Điều này giải thích tại sao CO có xu hướng nhường electron để đạt đến số oxi hóa bền vững hơn là +4 (trong CO_2), thể hiện tính khử mạnh.

b. Tính chất vật lý

- Là chất khí không màu, không mùi, không vị.
- Nhẹ hơn không khí một chút ($M_{CO} = 28 \text{ g/mol}$, trong khi $M_{\text{không khí}} \approx 29 \text{ g/mol}$).

- Rất ít tan trong nước.
- Hóa lỏng ở $-191,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và hóa rắn ở $-205,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- **Đặc biệt: CO rất độc**, gây nguy hiểm cho sức khỏe con người và động vật.

Tính chất hóa học đặc trưng: Tính khử mạnh

Do có số oxi hóa $+2$, cacbon trong CO dễ dàng bị oxi hóa lên số oxi hóa $+4$. Vì vậy, tính chất hóa học quan trọng và đặc trưng nhất của CO là tính khử mạnh, thể hiện rõ ở nhiệt độ cao.

1. Tác dụng với Oxi (Phản ứng cháy)

CO cháy trong oxi hoặc không khí với ngọn lửa màu xanh lam, tỏa ra một lượng nhiệt lớn.

- **Phương trình hóa học:** $2\text{CO(k)} + \text{O}_2\text{(k)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(k)}$ ($\Delta H = -283\text{ kJ/mol}$)
- **Giải thích:** Trong phản ứng này, CO là chất khử (số oxi hóa của C tăng từ $+2$ lên $+4$), O_2 là chất oxi hóa (số oxi hóa của O giảm từ 0 xuống -2).
- **Ví dụ và ứng dụng:**
 1. Phản ứng này giải thích tại sao CO là một thành phần quan trọng trong các loại khí nhiên liệu như khí than ướt, khí lò gas, được sử dụng làm nhiên liệu trong công nghiệp.
 2. Nhiệt lượng tỏa ra từ phản ứng cháy của CO được tận dụng để cung cấp năng lượng cho các quá trình sản xuất khác, ví dụ như trong lò cao luyện gang.

2. Tác dụng với Oxit kim loại (Ứng dụng trong luyện kim)

Ở nhiệt độ cao, CO có khả năng khử được oxit của các kim loại đứng sau Nhôm (Al) trong dãy hoạt động hóa học (từ Zn trở đi).

- **Phương trình tổng quát:** $n\text{CO} + \text{M}_2\text{O}_n \rightarrow 2\text{M} + n\text{CO}_2$ (Với M là kim loại sau Al)
- **Giải thích:** CO lấy oxi từ các oxit kim loại để tạo thành CO_2 , giải phóng kim loại M từ hợp chất oxit. Phương pháp này được gọi là phương pháp nhiệt luyện và là nền tảng của ngành sản xuất gang, thép.
- **Ví dụ minh họa:**

1. Ví dụ 1: Khử sắt(III) oxit (Fe_2O_3) trong lò cao

Đây là phản ứng quan trọng nhất trong quá trình luyện gang từ quặng sắt. CO khử Fe_2O_3 thành sắt.



Hiện tượng: Chất rắn màu đỏ nâu (Fe_2O_3) chuyển thành kim loại sắt nóng chảy màu trắng xám.

2. Ví dụ 2: Khử đồng(II) oxit (CuO)

Phản ứng này thường được dùng trong phòng thí nghiệm để chứng minh tính khử của CO.



Hiện tượng: Bột CuO màu đen dần chuyển thành lớp kim loại đồng (Cu) màu đỏ.

3. Ví dụ 3: Khử chì(II) oxit (PbO)



Hiện tượng: Chất rắn màu vàng (PbO) bị khử thành kim loại chì nóng chảy.

- **Lưu ý:** CO không khử được oxit của các kim loại mạnh như Na_2O , K_2O , CaO , BaO , MgO , Al_2O_3 .

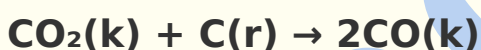
Ứng dụng của CO trong luyện gang (Lò cao)

Ứng dụng quan trọng nhất của CO là làm chất khử trong lò cao để sản xuất gang từ quặng sắt. Quá trình này rất phức tạp, nhưng có thể tóm tắt các giai đoạn chính như sau:

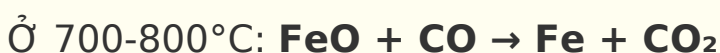
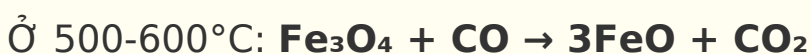
1. **Tạo chất khử CO:** Than cốc (C) được đốt cháy trong luồng không khí nóng giàu oxi ở đáy lò.



Khí CO_2 nóng di chuyển lên trên, gặp các lớp than cốc nung đỏ và bị khử thành CO.



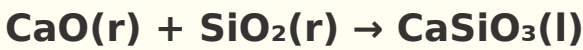
2. **Quá trình khử oxit sắt:** Khí CO sinh ra sẽ khử oxit sắt trong quặng (chủ yếu là Fe_2O_3) theo nhiều giai đoạn ở các mức nhiệt độ khác nhau từ trên xuống dưới.



3. **Tạo xỉ:** Đá vôi (CaCO_3) được thêm vào lò để loại bỏ các tạp chất như SiO_2 có trong quặng.

Phân hủy đá vôi: $\text{CaCO}_3(\text{r}) \xrightarrow{\sim 900^\circ\text{C}} \text{CaO}(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{k})$

CaO kết hợp với SiO_2 tạo thành xỉ (canxi silicat CaSiO_3), nhẹ hơn và nổi lên trên gang lỏng, giúp bảo vệ gang khỏi bị oxi hóa trở lại và dễ dàng tách ra.



Kết quả cuối cùng là gang lỏng được hình thành ở đáy lò và được tháo ra định kỳ.

Điều chế và Độc tính

1. Điều chế

a. Trong phòng thí nghiệm

CO được điều chế bằng cách đun nóng axit fomic (HCOOH) với xúc tác axit sunfuric đặc (H_2SO_4 đặc) để loại nước.

- **Phương trình hóa học:** $\text{HCOOH} \xrightarrow{(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ đặc}, t^\circ)} \text{CO}(\text{k}) + \text{H}_2\text{O}$

- **Lưu ý:** Phản ứng cần được thực hiện trong tủ hút khí độc do CO sinh ra rất nguy hiểm.

b. Trong công nghiệp

CO được sản xuất với quy mô lớn từ các nguồn nguyên liệu rẻ tiền như than đá, khí thiên nhiên.

- **Sản xuất khí than ướt:** Thổi hơi nước qua than cốc nung đỏ (khoảng 1050°C). Hỗn hợp khí thu được gọi là khí than ướt, chứa khoảng 44% CO .

Phương trình: $C(r) + H_2O(k) \rightleftharpoons CO(k) + H_2(k)$

- **Sản xuất khí lò gas (khí than khô):** Thổi không khí qua than cốc nung đỏ. Hỗn hợp khí thu được gọi là khí lò gas, nghèo năng lượng hơn do chứa nhiều khí N_2 không cháy.

Phương trình: $2C(r) + O_2(k) + 3.76N_2(k) \rightarrow 2CO(k) + 3.76N_2(k)$

2. Độc tính của CO

CO là một chất gây ô nhiễm không khí và cực kỳ độc.

- **Cơ chế gây độc:** Khi hít phải, CO đi vào máu và kết hợp với hemoglobin (Hb) trong hồng cầu tạo thành một phức chất rất bền là cacboxyhemoglobin (HbCO). ái lực của CO với Hb mạnh hơn của Oxi khoảng 200-250 lần.
- **Hậu quả:** Sự hình thành HbCO làm cho hemoglobin mất khả năng vận chuyển oxi từ phổi đến các tế bào. Tế bào bị thiếu oxi, gây ra tình trạng ngạt thở ở cấp độ tế bào, dẫn đến tổn thương não, hệ thần kinh và có thể gây tử vong nhanh chóng nếu nồng độ CO cao.
- **Nguồn phát sinh:** CO sinh ra từ sự cháy không hoàn toàn của các hợp chất chứa cacbon. Các nguồn phổ biến bao gồm khói xe máy, ô tô; bếp than, bếp gas cũ; lò sưởi không an toàn; khói thuốc lá và các đám cháy.
- **Phòng tránh:** Đảm bảo không gian thông thoáng khi sử dụng các thiết bị đốt cháy, không nổ máy xe trong gara đóng kín, kiểm tra định kỳ các thiết bị sưởi ấm.