Bài 21

HỢP CHẤT CỦA CACBON

- Biết cấu tạo phân tử của cacbon monooxit (CO) và cacbon đioxit (CO_2), các tính chất vật lí, hoá học, ứng dụng và phương pháp điều chế hai oxit này.
- Biết tính chất hoá học của axit cacbonic và muối cacbonat.

I - CACBON MONOOXIT

1. Cấu tạo phân tử

Ở trạng thái cơ bản, nguyên tử cacbon và nguyên tử oxi đều có hai electron độc thân ở phân lớp 2p :

Vì vậy, giữa chúng có thể tạo thành hai liên kết cộng hoá trị. Ngoài ra, giữa hai nguyên tử còn hình thành một liên kết cho – nhận. Công thức cấu tạo của phân tử CO được biểu diễn như sau :

$$C \equiv O$$

Trong phân tử CO, cacbon có số oxi hoá +2

2. Tính chất vật lí

Cacbon monooxit là chất khí không màu, không mùi, không vị, hơi nhẹ hơn không khí, rất ít tan trong nước, hoá lỏng ở –191,5°C, hoá rắn ở –205,2°C, rất bền với nhiệt và rất độc.

3. Tính chất hoá học

a) Trong phân tử cacbon monooxit có liên kết ba giống phân tử nitơ nên tương tự với nitơ, cacbon monooxit rất kém hoạt động ở nhiệt độ thường và trở nên hoạt động hơn khi đun nóng. Cacbon monooxit là oxit trung tính.

b) Cacbon monooxit là *chất khử mạnh*

- CO cháy được trong không khí tạo thành CO_2, cho ngọn lửa màu lam nhạt và toả nhiều nhiệt : $2CO + O_2 \xrightarrow{t^o} 2CO_2$

Vì vậy, CO được dùng làm nhiên liệu khí.

- Khi có than hoạt tính làm xúc tác, CO kết hợp được với clo :

$$CO + Cl_2 \xrightarrow{xt} COCl_2 \text{ (photgen)}$$

- Khí CO có thể khử nhiều oxit kim loại thành kim loại ở nhiệt độ cao.

Thí dụ : $\overset{+2}{C}O + CuO \xrightarrow{t^o} Cu + \overset{+4}{C}O_2$

4. Điều chế

a) Trong công nghiệp

- Khí CO thường được sản xuất bằng cách cho hơi nước đi qua than nung đỏ :

$$C + H_2O \xrightleftharpoons{\sim 1050^oC} CO + H_2$$

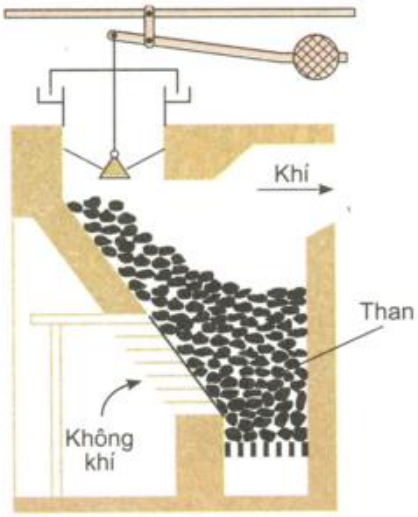
Hỗn hợp khí tạo thành được gọi là *khí than ướt*, chứa trung bình khoảng ~ 44% CO, còn lại là các khí khác như CO_2, H_2, N_2,...

- Khí CO còn được sản xuất trong các lò gas (hình 3.5) bằng cách thổi không khí qua than nung đỏ. Ở phần dưới của lò, cacbon cháy biến thành cacbon đioxit. Khi đi qua lớp than nung đỏ, CO_2 bị khử thành CO

$$CO_2 + C \xrightarrow{t^o} 2CO$$

Hỗn hợp khí thu được gọi là *khí lò gas (khí than khô)*. Khí lò gas chứa khoảng 25% CO, ngoài ra còn có N_2, CO_2 và một lượng nhỏ các khí khác.

Khí than ướt, khí lò gas đều được dùng làm nhiên liệu khí.



Hình 3.5. Sơ đồ lò gas

b) Trong phòng thí nghiệm

Cacbon monooxit được điều chế bằng cách cho H_2SO_4 đặc vào axit fomic (HCOOH) và đun nóng :

$$HCOOH \xrightarrow[t^o]{H_2SO_4 \text{ đặc}} CO + H_2O$$

II - CACBON ĐIOXIT

1. Cấu tạo phân tử

Công thức cấu tạo của CO_2 là : O = C = O

Các liên kết C–O trong phân tử CO_2 là liên kết cộng hoá trị có cực, nhưng do có cấu tạo thẳng nên CO_2 là phân tử không có cực.

2. Tính chất vật lí

- CO_2 là chất khí không màu, nặng gấp 1,5 lần không khí, tan không nhiều trong nước (ở điều kiện thường, 1 lít nước hoà tan 1 lít khí CO_2).
- Ở nhiệt độ thường, khi được nén dưới áp suất 60 atm, khí CO_2 sẽ hoá lỏng. Khi làm lạnh đột ngột ở -76^oC, khí CO_2 hoá thành khối rắn, trắng, gọi là "nước đá khô". Nước đá khô không nóng chảy mà thăng hoa, nên được dùng để tạo môi trường lạnh và khô, rất tiện lợi cho việc bảo quản thực phẩm.
- CO_2 là chất gây nên hiệu ứng nhà kính, làm cho Trái Đất bị nóng lên.

3. Tính chất hoá học

a) Khí CO_2 không cháy và không duy trì sự cháy của nhiều chất, nên người ta dùng nó để dập tắt các đám cháy. Tuy nhiên, kim loại có tính khử mạnh, *thí dụ* Mg, Al,... có thể cháy được trong khí CO_2 :

$$\overset{+4}{C}O_2 + 2\overset{0}{Mg} \xrightarrow{t^o} 2\overset{+2}{Mg}O + \overset{0}{C}$$

Vì vậy, người ta không dùng khí CO_2 để dập tắt đám cháy magie hoặc nhôm.

b) CO_2 là oxit axit, tác dụng được với oxit bazơ và bazơ tạo thành muối cacbonat.

Khi tan trong nước, CO_2 tạo thành dung dịch *axit cacbonic* :

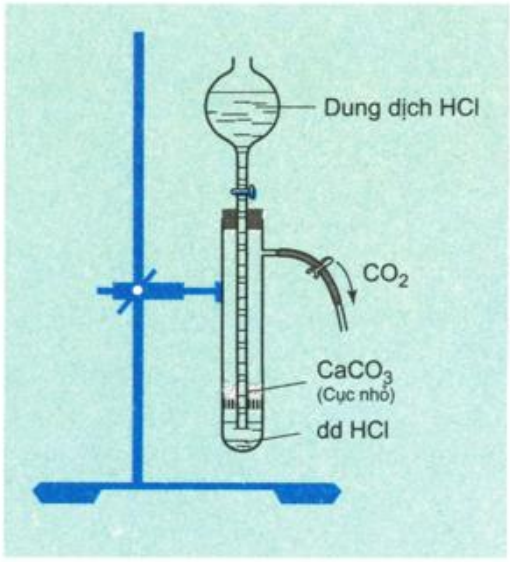
$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

4. Điều chế

a) Trong phòng thí nghiệm

Khí CO_2 được điều chế bằng cách cho dung dịch axit clohiđric tác dụng với đá vôi (hình 3.6, hoặc trong bình Kip) :

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$



Hình 3.6. Dụng cụ điều chế khí CO_2 trong phòng thí nghiệm

b) Trong công nghiệp

Khí CO_2 được tạo ra trong quá trình đốt cháy hoàn toàn than để thu năng lượng ngoài ra khí CO_2 còn được thu hồi từ quá trình chuyển hoá khí thiên nhiên, các sản phẩm dầu mỏ,... ; quá trình nung vôi ; quá trình lên men rượu từ glucozơ.

III - AXIT CACBONIC VÀ MUỐI CACBONAT

Axit cacbonic là axit rất yếu và kém bền, chỉ tồn tại trong dung dịch loãng, dễ bị phân huỷ thành CO_2 và H_2O.

Trong dung dịch axit cacbonic phân li theo hai nấc với các hằng số phân li axit ở 25°C như sau :

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \; ; \; K_1 = 4,5.10^{-7}$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \; ; \; K_2 = 4,8.10^{-11}$$

Axit cacbonic tạo ra hai loại muối : muối cacbonat chứa ion CO_3^{2-}, *thí dụ* Na_2CO_3, $CaCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$ và muối hiđrocacbonat chứa ion HCO_3^-, *thí dụ* $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, NH_4HCO_3.

1. Tính chất của muối cacbonat

a) Tính tan

Các muối cacbonat trung hoà của kim loại kiềm (trừ Li_2CO_3 ít tan), amoni và các muối hiđrocacbonat dễ tan trong nước (trừ $NaHCO_3$ hơi ít tan). Các muối cacbonat trung hoà của những kim loại khác không tan hoặc ít tan trong nước.

b) Tác dụng với axit

Các muối cacbonat tác dụng với dung dịch axit, giải phóng khí CO_2.

Thí dụ : $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$$

$$CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$$

c) Tác dụng với dung dịch kiềm

Các muối hiđrocacbonat dễ tác dụng với dung dịch kiềm.

Thí dụ : $NaHCO_3 + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

$HCO_3^- + OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O$

d) Phản ứng nhiệt phân

Các muối cacbonat trung hoà của kim loại kiềm đều bền với nhiệt. Các muối cacbonat trung hoà của kim loại khác, cũng như muối hiđrocacbonat, bị nhiệt phân huỷ.

Thí dụ : $MgCO_3 \xrightarrow{t^o} MgO + CO_2$

$2NaHCO_3 \xrightarrow{t^o} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^o} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$

2. Ứng dụng của một số muối cacbonat

Canxi cacbonat ($CaCO_3$) tinh khiết là chất bột nhẹ, màu trắng, được dùng làm chất độn trong cao su và một số ngành công nghiệp.

Natri cacbonat (Na_2CO_3) khan, còn gọi là sođa khan, là chất bột màu trắng, tan nhiều trong nước. Khi kết tinh từ dung dịch nó tách ra ở dạng tinh thể $Na_2CO_3.10H_2O$. Sođa được dùng trong công nghiệp thuỷ tinh, đồ gốm, bột giặt,...

Natri hiđrocacbonat ($NaHCO_3$) là chất tinh thể màu trắng, hơi ít tan trong nước, được dùng trong công nghiệp thực phẩm. Trong y học, natri hiđrocacbonat được dùng làm thuốc để giảm đau dạ dày do thừa axit.

BÀI TẬP

1. Khi nung nóng kẽm oxit với than cốc thì tạo thành một chất khí cháy được. Viết phương trình hoá học của phản ứng.

2. Làm thế nào để tách riêng từng khí CO và CO_2 ra khỏi hỗn hợp của chúng :

a) Bằng phương pháp vật lí.

b) Bằng phương pháp hoá học.

3. a) Làm thế nào để loại các tạp chất là hơi nước và CO_2 có trong khí CO ?

b) Làm thế nào để chuyển $NaHCO_3$ thành Na_2CO_3, $Ca(HCO_3)_2$ thành $CaCO_3$ và ngược lại ?

4. Có một hỗn hợp khí gồm cacbon đioxit và lưu huỳnh đioxit. Trình bày phương pháp hoá học để chứng minh sự có mặt của mỗi khí trong hỗn hợp.

5. Dung dịch nước của chất A làm quỳ tím ngả màu xanh, còn dung dịch nước của chất B không làm đổi màu quỳ tím. Trộn lẫn dung dịch của hai chất lại thì xuất hiện kết tủa. A và B có thể là

A. NaOH và K_2SO_4.

B. K_2CO_3 và $Ba(NO_3)_2$.

C. KOH và $FeCl_3$.

D. Na_2CO_3 và KNO_3.

6. Xác định thành phần phần trăm (về thể tích) của hỗn hợp khí gồm có N_2, CO và CO_2, biết rằng khi cho 10,0 lít (đktc) hỗn hợp khí đó đi qua một lượng dư nước vôi trong, rồi qua đồng(II) oxit dư đốt nóng, thì thu được 10,0 g kết tủa và 6,4 g đồng.

Nếu cũng lấy 10,0 lít (đktc) hỗn hợp khí đó cho đi qua ống đựng đồng(II) oxit dư đốt nóng, rồi đi qua một lượng dư nước vôi trong, thì thu được bao nhiêu gam kết tủa ?