

# 吸收的原理



# 單元學習內容

- 吸收的原理
- 吸收塔的質量結算
- 吸收塔的最小氣-液比

# 吸收(absorption)的定義

- 藉氣體與液體的接觸，使氣相中的溶質傳送到液相中，以達到分離的目的。
- 化學吸收：氣相中溶質溶於液相，會與溶劑起反應的。
  - 水吸收二氧化碳
- 物理吸收：氣相中溶質溶於液相，不會與溶劑起反應的。
  - 水吸收氧

# 氣提(stripping)的定義

➡ 藉氣液接觸，使溶於液體中的溶質由液相傳到氣相的操作。

# 吸收的原理

- ➡ 氣體溶解度
- ➡ 亨利定律
- ➡ 雙膜理論



# 氣體的溶解度 (gas solubility)

➤ 定義：某一溫度及壓力下，氣體溶於液體中的量有一定的限度，此限度稱之。

➤ 影響因素

➤ 溶質與溶劑的本性

➤ 溫度

➤ 壓力

# 溶質與溶劑對溶解度的影響

- 溶質與溶劑的性質相近者，則易溶。
- 極性溶質溶於極性的溶劑中。  
如二氧化碳、二氧化硫等極性氣體易溶於極性的水中。
- 非極性溶質溶於非極性的溶劑中。  
如苯溶於煤油中。

# 溫度對溶解度的影響

- 氣體溶質在液體中的溶解度，隨溫度的增加而減少。
- 吸收操作宜在**低溫**下進行，對吸收效果較佳。
- 氣提的操作則在**高溫**下進行，效果會較好。

# 壓力對氣體溶解度的影響

- 氣體溶質在液體中的溶解度會隨溶質在氣相中的分壓增加而增加。
- 吸收操作宜在**高壓**下進行，對吸收效果較佳。
- 氣提的操作則在**低壓**下進行，效果會較好。

# 亨利定律(Henry's law)

- 定義：定溫下，不與溶質起反應的微溶氣體，在液體中的溶解度 $x_A$ 與溶質在氣相中的分壓 $P_A$ 成正比。
- 表示法：
$$P_A = Hx_A$$
- 使用限制：適用微溶性氣體，易溶性氣體僅低溫時適用；濃度越大亨利定律的偏差越大。

# 亨利定律的應用—潛水夫病

- 海洋深處的壓力大於數個大氣壓力，潛水夫需吸入幾大氣壓的空氣。於高壓下，血液內的空氣（氧與氮）溶解度大於一大氣壓下的溶解度，可是氧會被代謝，但是血液中氮氣則不會被代謝。
- 當潛水夫回到陸地時，因壓力降低造成氮的溶解度下降，則血液中會存在氮氣，造成人的不適應，嚴重時會造成死亡。

# 預防潛水夫病的方法

- 將潛水夫所用的空氣儲桶用氦氣稀釋氧氣，才不會因壓力過大造成血液中溶氧過高。

# 亨利定律的計算一

→  $0^{\circ}\text{C}$ ， $1\text{atm}$ 的  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 對1公升的水的溶解度分別為49及  $24\text{ cm}^3$ 。求  $1\text{atm}$ ， $0^{\circ}\text{C}$ 的  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 在1公升所溶氣體質量各為多少克？

# 亨利定律的計算解一

➡ 氧的溶解質量

$$\frac{49 \times 10^{-3}}{22.4} \times 32 = 0.07 \text{ g}$$

➡ 氮的溶解質量

$$\frac{24 \times 10^{-3}}{22.4} \times 28 = 0.03 \text{ g}$$

# 亨利定律的計算二

→  $0^{\circ}\text{C}$ ， $1\text{atm}$ 的  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 對1公升的水的溶解度分別為49及  $24\text{ cm}^3$ 。求  $5\text{atm}$ ， $0^{\circ}\text{C}$ 的  $\text{O}_2$ 在1公升水可溶 $\text{O}_2$ 多少克？在這壓力下，其體積為多少 $\text{cm}^3$ ？若所溶體積換算  $1\text{atm}$  下的體積則又是多少  $\text{cm}^3$ ？

# 亨利定律的計算解二

- ➡ 質量： $0.07 \times 5 = 0.35\text{g}$
- ➡ 體積： $49\text{cm}^3(0^\circ\text{C}, 5\text{atm})$
- ➡  $0^\circ\text{C}, 5\text{atm}$ 的體積換算成 $0^\circ\text{C}, 1\text{atm}$ 的體積

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore 5 \times 49 = 1 \times V_2$$

$$\text{故 } V_2 = 245\text{cm}^3$$

# 亨利定律的計算三

→  $0^{\circ}\text{C}$ ， $1\text{atm}$ 的  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 對1公升的水的溶解度分別為  $49$  及  $24\text{ cm}^3$ 。求 1公升， $0^{\circ}\text{C}$ 的水與  $1\text{atm}$ 空氣接觸，所溶  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 的質量及在其分壓下的體積各為何？（空氣中氧與氮的體積比為  $1:4$ ）

# 亨利定律的計算解三

- ➡ 氧的分壓： $1 \times (1/5) = 0.2 \text{ atm}$
- ➡ 氮的分壓： $1 - 0.2 = 0.8 \text{ atm}$
- ➡ 氧的質量： $0.07 \times 0.2 = 0.014 \text{ g}$
- ➡ 氧的體積： $49 \text{ cm}^3 (0^\circ\text{C}, 0.2 \text{ atm})$
- ➡ 氮的質量： $0.03 \times 0.8 = 0.024 \text{ g}$
- ➡ 氮的體積： $24 \text{ cm}^3 (0^\circ\text{C}, 0.8 \text{ atm})$

# 亨利定律的計算四

→  $0^{\circ}\text{C}$ ， $1\text{atm}$ 的  $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 對1公升的水的溶解度分別為 49 及  $24\text{ cm}^3$ 。求 1公升， $0^{\circ}\text{C}$ 的水與 $2\text{atm}$ 空氣接觸，所溶 $\text{O}_2$ 及  $\text{N}_2$ 的質量及在其分壓下的體積各為何？

# 亨利定律的計算解四

- ➡ 氧的分壓： $2 \times (1/5) = 0.4 \text{ atm}$
- ➡ 氮的分壓： $2 - 0.4 = 1.6 \text{ atm}$
- ➡ 氧的質量： $0.07 \times 0.4 = 0.028 \text{ g}$
- ➡ 氧的體積： $49 \text{ cm}^3 (0^\circ\text{C}, 0.4 \text{ atm})$
- ➡ 氮的質量： $0.03 \times 1.6 = 0.048 \text{ g}$
- ➡ 氮的體積： $24 \text{ cm}^3 (0^\circ\text{C}, 1.6 \text{ atm})$

# 雙膜理論(two film theory)

➡ 定義：氣體溶質由氣相擴散到液相時，其阻力由氣膜阻力及液膜阻力組成，氣膜與液膜交界面並無阻力存在，溶質僅藉氣液平衡的關係傳過交界面。

➡ 表示法：

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}$$
$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{mk_y}$$

# 雙膜理論的說明

➡ 高溶解性氣體溶質：如水吸收二氧化碳，質傳阻力來自**氣膜**。

➡ 表示法：
$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y}$$

➡ 低溶解性氣體溶質：如水吸收氮，質傳阻力來自**液膜**。

➡ 表示法：
$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x}$$

# 吸收劑的選擇

- 對氣體的溶解度要大：溶解度大，吸收效果佳。
- 揮發性要低：減少吸收劑的損失。
- 不易腐蝕：節省吸收塔的設備費。
- 黏度小：流動阻力小，熱傳效率較大。
- 價格便宜

# 吸收塔的質量結算

## 全塔的質量結算

$$V_1 + L_2 = V_2 + L_1$$

## 成分A的質量結算

$$V_1 y_1 + L_2 x_2 = V_2 y_2 + L_1 x_1$$

# 吸收質量結算例題

一填充塔要將含  $1.0\text{mol}\%$  丙酮的空氣進料除去  $90\%$  的丙酮，若空氣進料的流率為  $30\text{ mol/h}$ ，以水為吸收劑其流率為  $90\text{mol/h}$ ，求空氣與水離開吸收塔時所含丙酮的濃度各為多少？

# 吸收質量結算例題解

- 空氣進入吸收塔中所含丙酮量  
=  $30 \times 0.01 = 0.3 \text{ mol/h}$
- 被水吸收的丙酮量 =  $0.3 \times 0.9 = 0.27 \text{ mol/h}$
- 空氣離開吸收塔中所含丙酮量  
=  $30 - 0.27 = 0.03 \text{ mol/h}$
- 空氣離開吸收塔的流量  
=  $30 - 0.27 = 29.73 \text{ mol/h}$
- 空氣離開吸收塔中所含丙酮濃度  
=  $0.03 / 29.73 = 0.00101$
- 水離開吸收塔的流量  
=  $90 + 0.27 = 90.27 \text{ mol/h}$
- 水離開吸收塔中所含丙酮濃度  
=  $0.27 / 90.27 = 0.003$

# 何謂最小氣-液比

一般吸收操作中，所需處理的氣體量多為固定，當液體量減少時，操作線的斜率也會隨著減少，而趨向平衡線，直到與平衡線相交於一點為止，此時的斜率達到一最低的極限值，此時的氣液比達最小，稱為最小氣液比。

# 最小氣-液比的說明一

- 最小氣液比時，其質傳的驅動力-濃度差為零，兩相之間不會產生物料傳送。
- 最小氣液比所需的填料為無限高或所需理想板數為無限多。

# 最小氣-液比的說明二

- 吸收操作中，氣-液比愈大時，質傳驅動力-濃度差會愈大，其吸收效率愈高，所需的液體流率會隨之增加。
- 氣-液比過小時，可減少液體用量，但塔高必須提高，不符經濟成本。
- 一般正常操做的氣液比約為最小氣-液比的**1.1~1.5**倍。