

## 簡易式金屬離子擴散係數測量法 參加新加坡第二屆亞太青年科學節



作者簡介 作者:王俊傑 就讀學校:台南一中 指導老師:卓靜哲 鄧明聖 王俊傑，民國70出生於台南，目前畢業於台南一中，即將就讀交通大學。

在上高中時在鄧明聖老師的鼓勵下投入了科展的研究。因為參與科展的研究讓我在科學的領域獲得不少課外的知識。在高一時曾代表學校參加南區科展獲得優勝，高二時參加國際科展獲得儲備代表的資格，高三代表學校參加南區的化學能力競賽獲得第一名，目前將代表台灣參加新加坡所舉辦APEC的活動。參與科展的製作的背後，有許多不為人知的辛酸，但那段留在學校熬夜趕實驗的苦日子是高中生活最美好的回憶，能為了自己的理想目標堅持打拼更是件幸福的事，我會秉持著誠懇的心一步一腳印更認真的走下去。

**一、研究動機** 擴散是一種重要的傳播現象，它的驅使力來自於物質分布不均而導致的濃度差或化學位能的差異。許多化學暨生物科學的有趣現象與擴散有關而擴散現象也廣泛用於擴散分離及分析、電化學、生物化學、材料科學、環境科學及醫藥化學等方面。一般而言，在常溫及常壓  $10^{-5} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$   $10^{-9} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  下擴散係數約為（氣體）及（液體），而固體則非常小。利用NH<sub>3</sub>跟HCl氣體分子擴散反應生成NH<sub>4</sub>Cl白煙是一種常見的示範實驗。由於溶劑分子的介入，使得擴散在液態溶液化學反應中扮演重要角色，尤其在離子間的反應中有些化學反應本身的速率遠高於擴散速率而形成擴散控制的反應。為了瞭解離子在水溶液中的擴散現象，我們測量在無外加電場下離子的擴散係數。由於商業化的擴散係數測定儀並不多見，故本研究中我們根據（1）導電度法，（2）濁度法，（3）比色法的原理設計了三種簡易裝置來測定一些金屬鹽類的擴散係數。

## 二、實驗部分

A. 化學藥品：KNO<sub>3</sub>、Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、NH<sub>3</sub>、蛋白。

B. 實驗器材：

B. 濃度偵測方法：

1. 導電度法：測量金屬鹽水溶液的導電度與濃度的關係。(校正曲線Fig.3)

2. 濁度法：利用蛋白質與金屬離子(銅離子、鐵離子)產生沉澱的錯合物。測量此溶液的透光度與濃度的關係。(校正曲線 Fig.4)

3. 比色法：測量四氨銅錯離子溶液透光率與濃度的關係。此溶液由銅離子加入氨水而產生。(校正曲線 Fig.5)

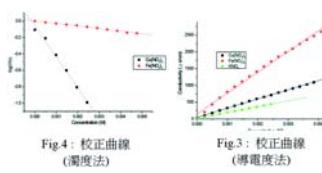
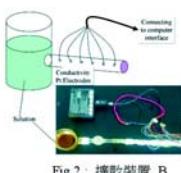
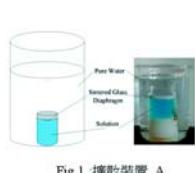


Fig.4：校正曲線  
(濁度法)



Fig.3：校正曲線

(導電度法)

C. 偵測濃度的儀器：導電度法之儀器：(Fig.6) \* PASCO Scientific Science WorkShop 500 Interface & Software. \* PASCO Scientific Conductivity Sensor. \* 白金電極.濁度法跟比色法之儀器：(Fig.7) \* PASCO Scientific Science WorkShop 500 Interface & Software. \* PASCO Scientific High Light Sensor. \* Programmable Linear Power Supply. \* 白光LED

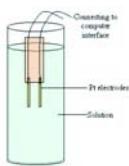
### 三、數據分析方法

A. Diaphragm Technique:  $W(t)$  乃在時間  $t$  時擴散出來的質量， $W(\infty)$  是當擴散反應達平衡時擴散出來的質量。

A: 有效的擴散面積。  $2L$ : Sintered Glass Diaphragm 的厚度。

B. Fick's Second Law of Diffusion

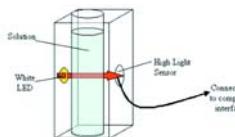
C: 濃度。  $\alpha$ : 裝置常數。



$$\log W_t = - \left[ \frac{\pi^2}{2.303(4L^2)} \right] Dt + \log \left[ 2L4K(C_1 - C_0) \frac{8}{\pi^2} \right]$$

$$\Rightarrow \log W_t = -\alpha Dt + \text{constant}$$

Fig 6: 導電法之偵測儀器  $W_t = W(t) - W(\infty)$



( $\alpha = 2.916 \times 10^2 \text{ m}^{-2}$ ) Fig 7: 濁度法和比色法之偵測儀器

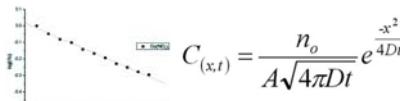


Fig 5: 校正曲線  
(比色法)

$$C_{(x,t)} = \frac{n_o}{A\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$$

$$\Rightarrow \ln C_{(x,t)} = \left( \frac{-1}{4Dt} \right) x^2 + \ln \left( \frac{n_o}{A\sqrt{4\pi Dt}} \right)$$

### 四、結果 A. Diaphragm Technique: B. Fick's Second Law of Diffusion:

	理論值	導電度法	濁度法	比色法
		$D/10^3 \text{ m}^2/\text{s}$		
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1.223	1.223	1.223	1.223
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	1.237	2.266	2.009	
$\text{KNO}_3$	1.929	2.394		

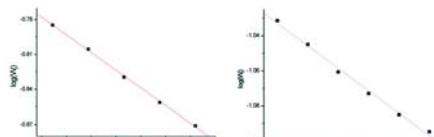


Fig.9 : Diaphragm Technique  
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  (導電度法)

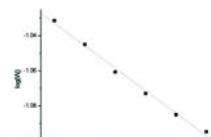


Fig.8 : Diaphragm Technique  
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (導電度法)

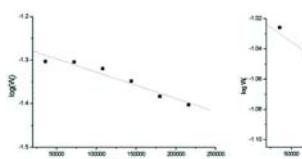


Fig.10 : Diaphragm Technique  
 $\text{KNO}_3$  (導電度法)

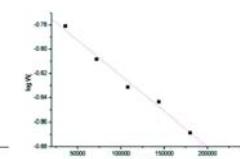


Fig.11 : Diaphragm Technique  
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (濁度法)

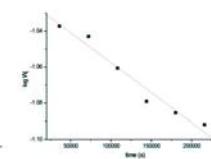


Fig.12 : Diaphragm Technique  
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  (濁度法)

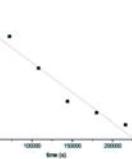


Fig.13 : Diaphragm Technique  
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (比色法)

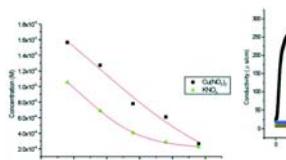


Fig.15: 濃度與距離之關係

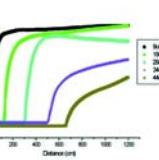


Fig.14 : 導電度與距離之關係  
 $[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2]$

**五、討論** 在diaphragm technique中，可利用導電度法、濁度法、比色法求出硝酸銅、硝酸鐵和硝酸鉀間相對的擴散係數。而氫氧化鐵膠體的產生 ( $K_{sp}=1.6 \times 10^{-39}$ ) 可能會對導電度法的偵測產生影響。濁度法乃是利用蛋白質與金屬離子產生配位錯合物而產生沉澱，而在此研究中濁度法獲得一個不錯的結果。導電度法能夠偵測所有的金屬鹽類溶液的擴散係數。比較之下，濁度法僅侷限於能跟蛋白質產生錯合物的金屬離子，而此類的金屬離子又以B族元素居多。比色法也有同樣的問題，僅能夠測量有色的金屬離子，或是能夠跟其他化學物質產生有色錯合物的金屬離子。若能夠利用Fick's second law of diffusion 來測量擴散係數，將可使本實驗所測量的結果更為改進。

**六、參考資料** 1. Shoemaker. Garland. & Steinfeld. , 1974, "Experiments in Physical Chemistry" , Third edition, McGraw-Hill Book Company, page 203~212. 2. Keith J. Laidler & John H. Meiser , 1999 , "Physical Chemistry" , Third edition , Houghton Mifflin Book Company, page 895~901.

**七、評語** 利用三種方法測定金屬離子的擴散係數作品完整在儀器設計上亦有相當創意，用導電度、透光度來測量的構想可以開發數學難度高，整合性亦佳推薦參加新加坡科展。 ( $K_{sp}=1.6 \times 10^{-39}$ )

---