

# 膠體中的化學實驗——擴散速率及環狀擴散現象之探討

國中組化學科第三名

台北縣立福和國中

作者：林佩欣、陳嬾如

指導教師：丁亦男、許名智

## 一、研究動機

在理化第一冊實驗中，我們曾學習了物質在水及空氣中的擴散，若物質在狀態不同的膠體中，則其擴散又如何？另外課本僅憑目測來比較擴散的快慢，因此我們想以較精確、簡單的方法來測量在膠體中的擴散速率。

而在實驗過程中，我們却發現碘化鉛及碘化銀有很漂亮的環狀擴散現象，因此我們想進一步的來探討這個漂亮的環狀擴散是如何形成的。

## 二、研究目的

- (一)探討在洋菜中濃度對離子擴散速率的影響。
- (二)探討環狀擴散現象之成因。

## 三、研究設備器材

培養皿、燒杯、本生燈、量筒、電動天平。

硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )、硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ )、碘化鉀 ( $\text{KI}$ )、洋菜粉。

## 四、研究過程或方法

- (一)在洋菜中濃度對離子擴散速率的影響

1.取 10g 洋菜粉，加於 1 升的水中，加熱至溶解，平均倒入 20

個培養皿中，冷卻凝固。

2. 配製濃度 0.30 M，0.20 M，0.15 M，0.10 M、0.10 M，

0.08 M，0.06 M、0.04 M 之硝酸鉛及碘化鉀溶液各 100 ml。

3. 將培養皿中已凝固的洋菜兩側挖掉如下圖，再將配製好的硝酸鉛及碘化鉀溶液各 10 ml，依下表 A～C 分別倒入培養皿兩側已挖掉洋菜的部分。

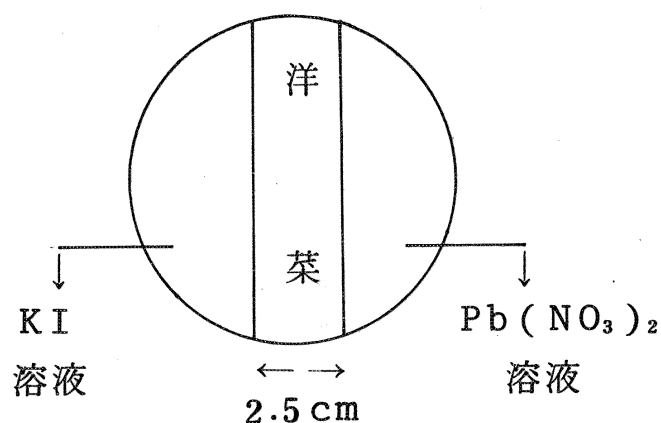


表 A

編號	1	2	3	4	5	6	7
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
KI (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04

表 B

編號	1	2	3	4	5	6	7
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
KI (M)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

表 C

編號	1	2	3	4	5	6	7
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (M)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
KI (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04

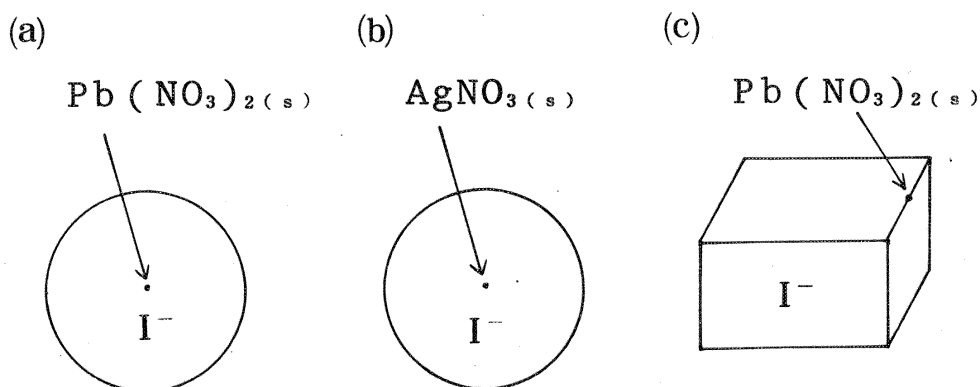
4. 測量從溶液倒入後至洋菜中產生黃色沉澱所需時間。

5. 利用方格紙墊在培養皿下面，測量在洋菜中最先產生沉澱之處至兩端起點的距離，亦即同時間內鉛離子與碘離子之擴散距離。

## (二) 探討環狀擴散之成因

### 1.

(1) 在含 KI 的洋菜上放入固體之  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  或固體之  $\text{AgNO}_3$  如下圖：



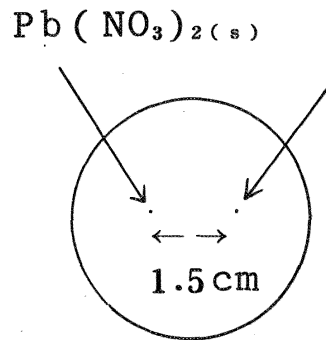
(2) 改變洋菜的濃度為 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g (每 100 ml 水 + 1.0 g KI)

### 2.

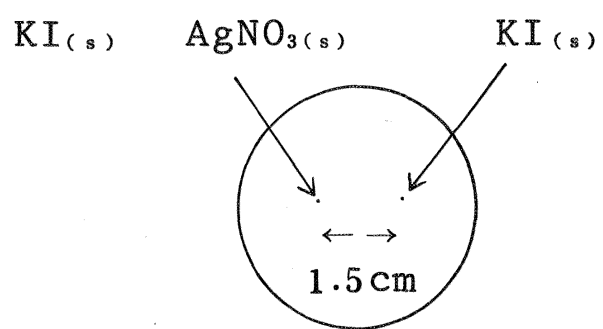
(1) 配製濃度為 1.0 g (每 100 ml 水) 的洋菜

(2) 在(a)、(b)兩組實驗中分別放入固體之  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , KI 及  $\text{AgNO}_3$ , KI, 如下圖。

(a)



(b)

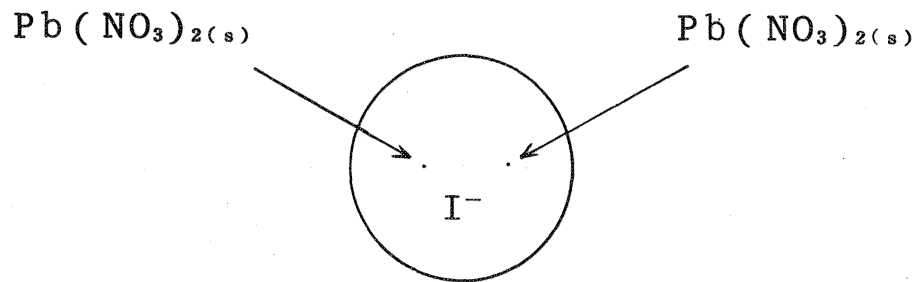


3.

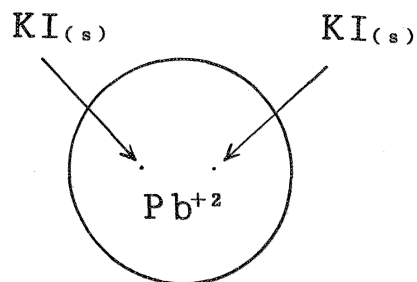
(1) 配製洋菜，其濃度為 1.0 g 洋菜 + 1 g 的  $\text{KI}$  (每 100 ml 水) 及 1.0 g 洋菜 + 1 g 的  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (每 100 ml 的水)

(2) 在上述不同的洋菜中如下圖放入  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ， $\text{KI}$  及  $\text{AgNO}_3$  等藥品

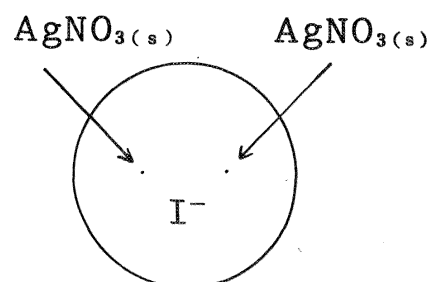
(a)



(b)



(c)

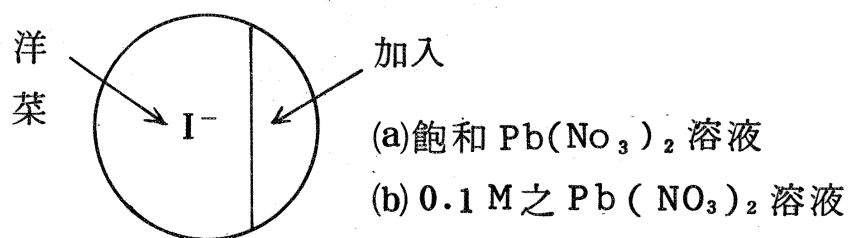


4.

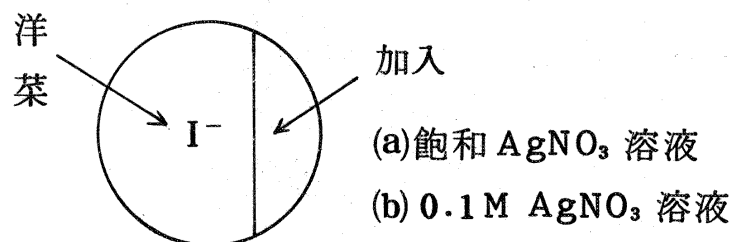
(1) 配製濃度為 1.0 g 洋菜 + 1.0 g  $\text{KI}$  (每 100 ml 水) 的洋菜，倒入培養皿中，待凝固。

(2) 割掉洋菜如下圖，倒入下圖所示之各種不同濃度之溶液。

(a)



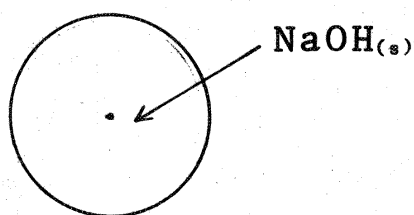
(b)



5.

(1) 配製 1.0 g 洋菜 + 少許酚酞 (每 100 ml 水) 濃度的洋菜

(2) 在洋菜上放置固體之  $\text{NaOH}$ ，如下圖

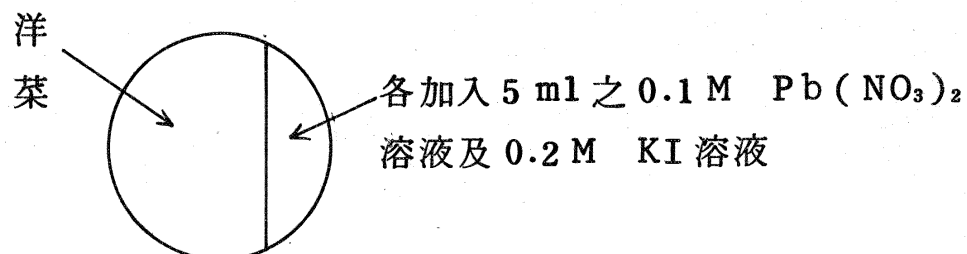


6.

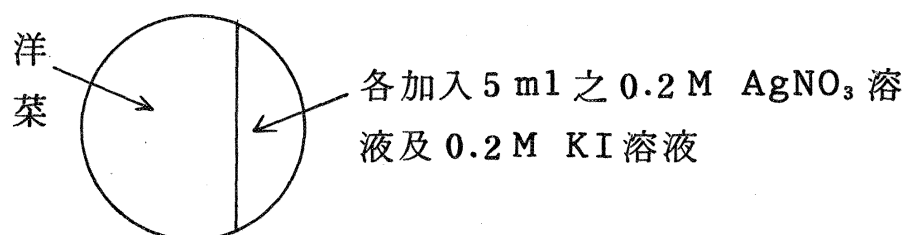
(1) 配製 1.0 g 洋菜 (每 100 ml 水) 濃度的洋菜。

(2) 待凝固後切掉洋菜加入不同濃度之溶液如下圖。

(a)



(b)



## 五、實驗結果

(一)在洋菜中濃度對離子擴散速率的影響

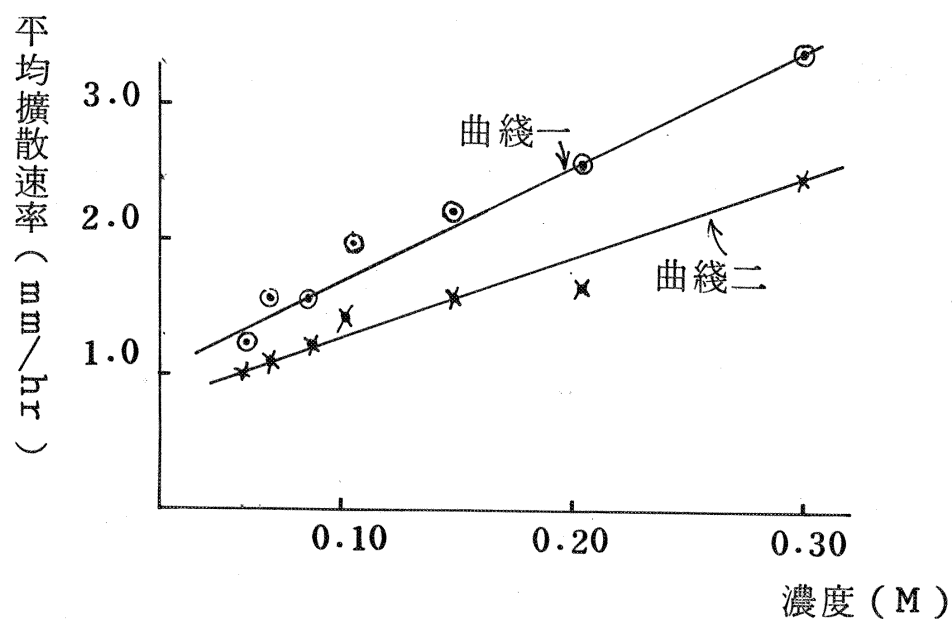
T：表時間

$S_{I^-}$ ， $S_{Pb^{2+}}$ ：分別表示碘離子及鉛離子的擴散距離

$V_{I^-}$ ， $V_{Pb^{2+}}$ ：分別表示碘離子及鉛離子的平均擴散速率

表一

編號	1	2	3	4	5	6	7
[ KI ] (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
[ Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] (M)	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
T (hr)	4.2	5.5	6.3	6.8	8.2	8.8	10.8
$S_{I^-}$ (mm)	14	14	14	14	14	14	14
$S_{Pb^{2+}}$ (mm)	11	10	11	10	10	10	11
$V_{I^-}$ (mm/hr)	3.3	2.5	2.2	2.1	1.7	1.6	1.3
$V_{Pb^{2+}}$ (mm/hr)	2.6	1.8	1.7	1.5	1.2	1.1	1.0



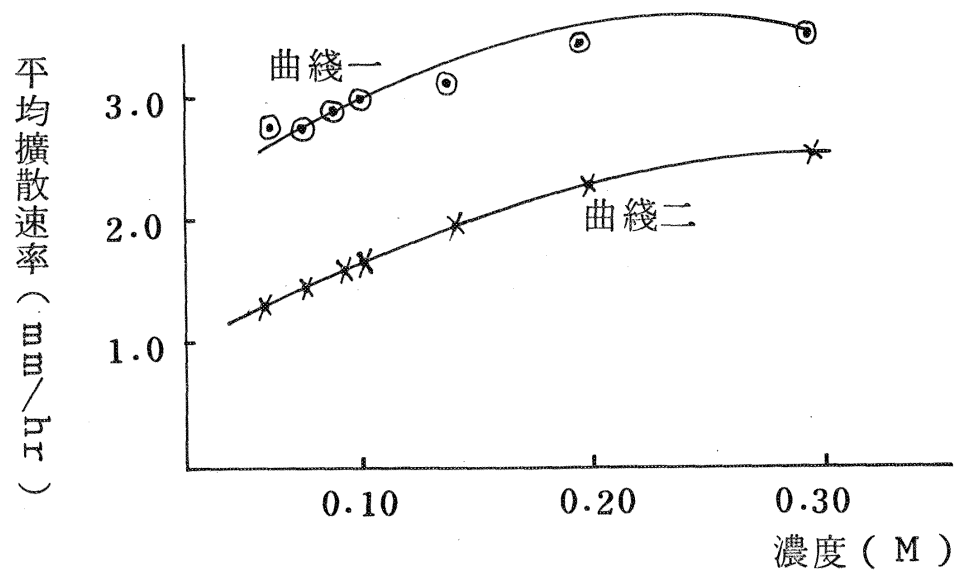
曲綫一： $V_{I^-}$  對  $[I^-]$  作圖

曲綫二： $V_{Pb^{2+}}$  對  $[Pb^{2+}]$  作圖

圖一

表二

編號	1	2	3	4	5	6	7
$[KI] (M)$	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
$[Pb(NO_3)_2] (M)$	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
$T (hr)$	4.2	4.7	4.9	5.2	5.5	6.0	6.2
$S_{I^-} (mm)$	14	15	15	16	16	16	17
$S_{Pb^{2+}} (mm)$	11	11	10	9	9	9	8
$V_{I^-} (mm/hr)$	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.7	2.7
$V_{Pb^{2+}} (mm/hr)$	2.6	2.3	2.0	1.7	1.6	1.5	1.3



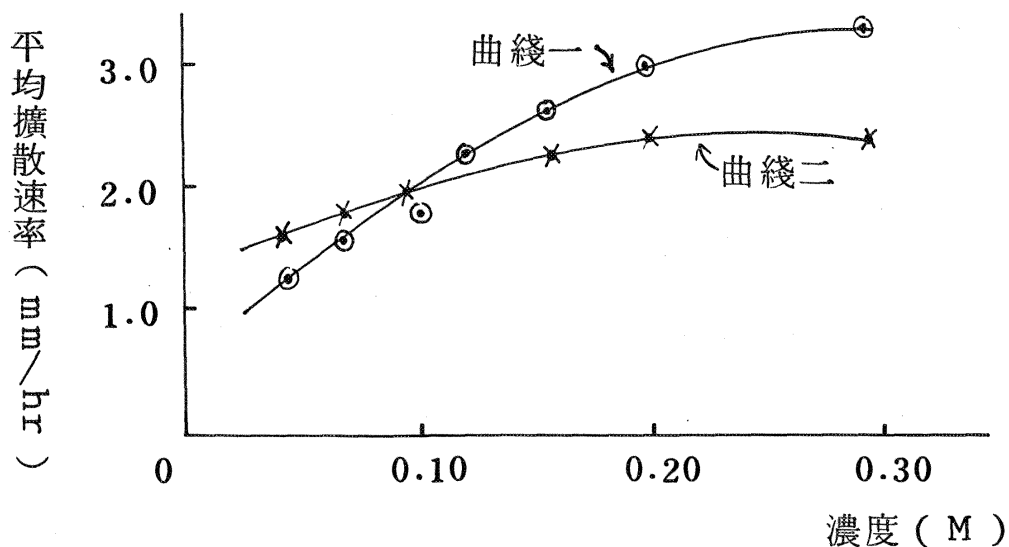
曲線一：  $V_{I^-}$  對  $[Pb^{2+}]$  作圖  
 曲線二：  $V_{Pb^{2+}}$  對  $[Pb^{2+}]$  作圖

圖二

表三

編號	1	2	3	4	5	6	7
$[KI] (M)$	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04
$[Pb(NO_3)_2] (M)$	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
$T (hr)$	4.2	4.7	5.0	5.4	6.5	7.0	8.2
$S_{I^-} (mm)$	14	14	13	12	12	12	11
$S_{Pb^{2+}} (mm)$	11	11	12	12	13	13	14
$V_{I^-} (mm/hr)$	3.3	3.0	2.6	2.2	1.8	1.7	1.3
$V_{Pb^{2+}} (mm/hr)$	2.6	2.3	2.2	2.2	2.0	1.9	1.7





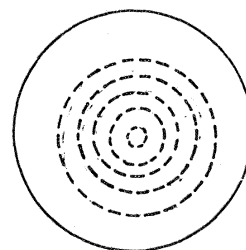
曲線一： $V_{I^-}$  對  $[I^-]$  作圖

曲線二： $V_{Pb^{2+}}$  對  $[I^-]$  作圖

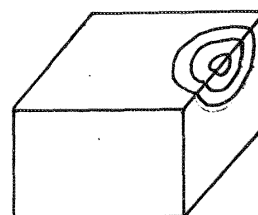
圖三

## (二) 探討環狀擴散之成因

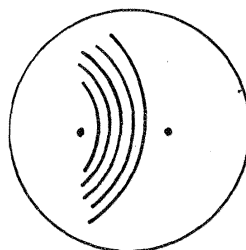
1. 在實驗 1 (a) 中有黃色之  $PbI_2$  環狀沉澱產生而越靠外圍環帶越疏。此種環帶以濃度為 1.0 g 洋菜 (每 100 ml 水) 中最為明顯 (如右圖)。另外在 (b) 中產生黃色之  $AgI$  沉澱，而且在表面有由內至外顏色漸淡之圓形色帶。



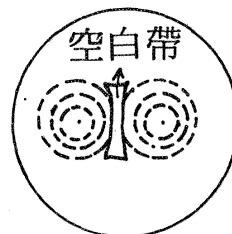
2. 在實驗 1 (c) 中觀察到此種環狀擴散是往四面八方成一球面狀沉澱 (如右圖)。



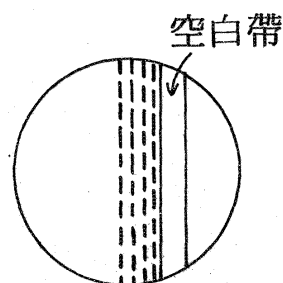
3.在實驗 2 中(a)、(b)兩個實驗最初所形成之  $PbI_2$  及  $AgI$  弧形沉澱皆在較靠近左側形成，接著所生成之沉澱逐漸向右推進生成（如右圖）。



4.在實驗 3 中在(a)、(b)、(c)三組中，皆有兩相交之環狀沉澱而在交界處有一無沉澱之空白帶存在。（如右圖）

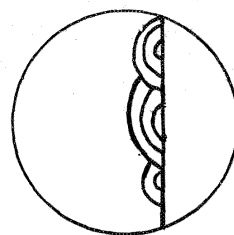


5.在實驗 4 中，當倒入飽和之  $Pb(NO_3)_2$  或  $AgNO_3$  時，在洋菜與溶液之交界處有一無沉澱之空白帶，時間越久空白帶越大，且濃度越大空白帶越大，另外  $AgNO_3$  較  $Pb(NO_3)_2$  溶液所產生之空白帶還大（如右圖）



6.在實驗 5 中，加入固體  $NaOH$  後洋菜由中心逐漸往外變成紅色，最後洋菜皆呈紅色，但並無環帶產生。

7.在實驗 6 中在洋菜與右側溶液之交界處有微量之黃色環狀沉澱（如右圖）。



## 六、討 論

(一)在洋菜中濃度對離子擴散速率的影響

1.從圖一可知當碘離子濃度等於鉛離子濃度時，則碘離子的擴散速率略大於鉛離子之擴散速率，由圖一中的兩線，可知在此濃度範圍內，離子擴散速率與濃度成正比。

2.圖二曲線一中碘離子濃度固定為  $0.3\text{ M}$ ，圖三曲線二中鉛離子

固定為  $0.3\text{ M}$ ，但此二線並非直線，顯示擴散速率不同，此乃因擴散距離不同所造成，擴散距離越長，速率就越慢，而此種現象是因為距離越長，離子濃度就越稀，所以擴散速率就越慢。

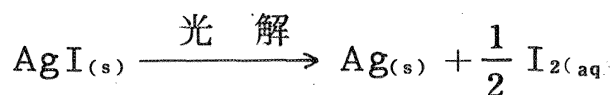
3. 由圖二及圖三的曲線可看出並不是直線，而是弧形曲線，而從此種曲線可知不管鉛離子或碘離子的擴散會受彼此濃度的不同而影響擴散速率，所以欲了解濃度與擴散速率之間的關係時，最好是取同濃度的硝酸鉛及碘化鉀來做實驗。

## (二) 探討環狀擴散之成因

1. 在實驗 2 中，我們發現最初形成的第一圈沉澱在較靠近  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  固體處，表示碘離子的擴散速率較鉛離子大，而造成此現象的原因乃是因為  $\text{KI}$  溶解度較大，溶解較快，所以局部濃度較大，擴散速率也就較快。
2. 在實驗 2 中，當碘離子與鉛離子或銀離子相遇形成沉澱之後，沉澱逐漸增多而阻塞了洋菜中供離子通過的空隙。因碘離子半徑較大，所以後來擴散至此的碘離子就很難透過沉澱，而鉛離子尚可通過，所以後來形成之沉澱皆往  $\text{KI}$  處生成。
3. 在實驗 4 中在硝酸銀、硝酸鉛溶液的洋菜交界處却發現——越來越寬之透明無沉澱的空白帶，而此現象是因沉澱本身會擴散而移動，而且只會往洋菜的方向移動，另外以較稀之硝酸鉛及硝酸銀溶液重複此實驗，結果此透明之空白帶却不甚明顯。由此可知，不管是碘化鉛或碘化銀之沉澱，在洋菜中的擴散方向及快慢會受到其他離子及其濃度的影響。另外此實驗中  $\text{AgI}$  擴散所造成的空白帶比碘化鉛所造成者還寬，乃因  $\text{AgI}$  顆粒較小。
4. 實驗 5 中，我們改以固態之  $\text{NaOH}$  及酚酞作實驗，却沒有環狀色環出現，可見必須有固態之沉澱產生，才會環狀擴散現象，另外在實驗 6 中直接以含  $\text{PbI}_2$  固體之硝酸鉀溶液及含  $\text{AgI}$  固體之硝酸鉀溶液做實驗結果也可見到在洋菜中有  $\text{PbI}_2$ ， $\text{AgI}$  之環狀沉澱可見固體沉澱會擴散。
5. 綜合以上結果可知環狀擴散乃因鉛離子和碘離子形成沉澱後，

再受到後面鉛離子繼續往外擴散的影響而往外擴散，並在擴散過程中逐漸與其他沉澱結合成較大之晶體，當晶體大到一定程度時，便不易再移動而形成一圈圈的環帶。擴散至外圍時，因鉛離子濃度小，所以產生之沉澱小，必須移動——較長距離才能形成夠大之晶體並形成環帶，因此越外圍環帶越疏。

6. 在實驗 6 (b) 中，AgI 也有環狀擴散現象，其形成之原因同上，但在實驗 1 之 (b) 中却無此現象，這是因為 AgI 顆粒較小形成之沉澱較密所以無法明顯分出環帶來，至於表面有色帶乃是因為銀離子光解所造成的，其方程式如下



## 七、結 論

- (一) 鉛離子及碘離子在洋菜中的擴散速率會受到碘離子及鉛離子彼此濃度大小的影響。而且鉛離子之擴散速率受到碘離子的影響遠較碘離子之擴散速率受鉛離子的影響還大。
- (二) 在實驗(一)中可得很漂亮之  $\text{PbI}_2$  結晶，適用於觀察結晶之生成及晶體之形狀。而在(二)中之環狀擴散更能引起學生學習興趣。
- (三) 環狀擴散是一種立體之擴散。
- (四) 只有固態之沉澱才會在洋菜中造成環狀擴散現象。
- (五) 沉澱擴散之快慢及方向會受沉澱種類及外加離子濃度的影響，濃度越大，沉澱越容易擴散。而且因為 AgI 之體積較小，因此也較易擴散。
- (六) 環狀擴散乃因在洋菜中，碘化鉛分子形成後會往外擴散，而與在外圍後來才生成之碘化鉛分子形成較大的顆粒結晶，等到結晶夠大時，便無法再繼續擴散而留在原處形成一環狀結晶，此即為形成環狀擴散現象之原因。
- (七) 在濃度為 1.0 g 洋菜 + 1.0 g KI (每 100ml 水) 的洋菜中我們可以得到最漂亮最清楚之環狀沉澱，因此最適合於觀察環狀擴散現象。

## 八、參考資料

- (一)國中理化第一、二冊（國立編譯館）
- (二)分析化學 Skoog and West（歐亞出版社）
- (三)第 26、27 屆全國科展優勝作品專輯（國立科教館）

## 評 語

- (一)由課程所習物質在水中之擴散，而提出離子在膠體中之擴散研究構想，相當新穎有趣。
- (二)在培養皿上切割洋菜，並將兩種溶液分置兩端，對相擴散，利用觀察到的沉澱產生，從而探討擴散速率，並做出美麗之環狀沉澱，實驗設計頗具心思。
- (三)未考慮到“離子對”之擴散，及認為所產生之沉澱足以完全阻隔離子之通過，在相關知識上有需加強。