

化工衛工及環工科

科別：化工衛工及環工科

組別：高職組

作品名稱：化學平衡的探討及實驗的改進

關鍵詞：Fried egg、單邊反應、錯離子

編號：091104

學校名稱：

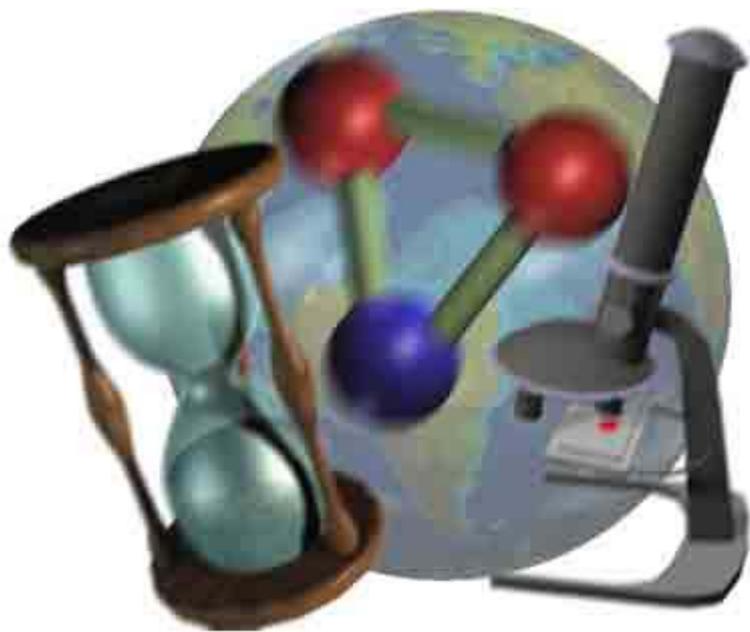
國立嘉義高級工業職業學校

作者姓名：

江茹君、郭又瑜、劉羽晨、林佳興

指導老師：

黃勝明、蔡榮政



## 摘要

1. KI 與  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的反應中  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的量並不影響到顏色的變化，KI 濃度才是主導顏色的變化。
2. 國中選修理化課本第三冊實驗 9 - 1，其實驗的目的是以固定量的 KI 水溶液與不同量的  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  水溶液，所產生黃色碘化鉛沉澱的量，來探討反應物質莫耳數的關係。但經我們實驗結果，沉澱高度並沒有和硝酸鉛的莫耳數成正比關係，其原因是過量的碘化鉀和碘化鉛再反應生成  $\text{KPbI}_3$  沉澱，使的沉澱量的高度與加入硝酸鉛的莫耳數沒有成正比的關係。因此我們建議用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液與  $\text{CaCl}_2$  水溶液產生白色  $\text{CaCO}_3$  水溶液代替 KI 與  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的反應，因實驗數據能準確表達出所產生白色  $\text{CaCO}_3$  的量與  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的莫耳數成正比關係。
3. 碘化鉀加入硝酸鉛及硝酸鉛加入碘化鉀所得沉澱高度有些微不同，溶液 pH 值也不同，由此可知錯離子配位數多寡與混合溶液的先後順序不同成多變面貌。
4. 過量碘化鉀與碘化鉛反應千變萬化，只要是以鉛為中心，而與碘形成多種錯離子，其錯離子的配位數多寡是未知數。他隨著兩溶液的濃度比例不同而成多變面貌。
5. 濾紙中的反應有濃度大的往濃度小的地方擴散的現象。由於產生的沉澱物凸出紙面，因而阻止了擴散途徑，使得濃度小的液體無法跨越障礙，而形成單邊反應，在濾紙上形成弧形的黃色線。
6. 洋菜中的反應，也是有濃度大的往濃度小的地方擴散的現象。兩塊洋菜凍垂直放置時，無論濃度大的在上方或濃度小的在上方，黃色的形成都只在濃度小的洋菜凍中，水平放置亦然。
7. 以飽和 KI 溶液來低定飽和  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  溶液，其顏色變化為：  
黃色沉澱 → 黃白沉澱 → 沉澱溶解 → 溶液變橘黃色 → 溶液顏色變黃。  
再將最後產物淡黃色溶液用蒸餾水滴定時，顏色有逆反應現象，其顏色變化為：  
黃色溶液 → 溶液變橘黃色 → 白色沉澱 → 黃白沉澱 → 黃色沉澱

## 壹、研究動機

因參加學校科展社，老師影印一份講義給我們標題為

「Equilibrium with Fired Eggs of  $PbI_2$  and  $KPbI_2$ 」是從 Journal of Chemical Education 節錄出來，覺得很有趣，想深入研究，結果發現國中選修理化實驗的一些錯誤數據。

## 貳、研究目的

- (一)過量固體碘化鉀 or 硝酸鉛對碘鉛化合物顏色的影響。
- (二)探討國中選修第三冊實驗 9-1 碘化鉛的生成數據。
- (三)探討碘鉛錯離子的可逆反應。
- (四)利用濾紙水平放置、垂直放置來觀察平衡現象及產生沉澱情形。
- (五)利用洋菜水平放置、垂直放置來觀察平衡現象及產生沉澱情形。

## 參、實驗器材&藥品

碘化鉀、硝酸鉛、碳酸鈉、氯化鈣、

培養皿、試管、洋菜、滴管、濾紙。

## 肆、實驗步驟

- (一)過量固體碘化鉀 or 硝酸鉛對碘鉛化合物顏色的影響。
  - A. 取 3 個培養皿，分別放入 0.01g、0.1g、0.5g 碘化鉀晶體，每一個培養皿中滴入一滴 0.1M 硝酸鉛溶液。紀錄顏色變化，再滴一滴蒸餾水，在紀錄顏色變化。
  - B. 另取 3 個培養皿，將步驟 A.中的碘化鉀晶體換成硝酸鉛晶體，滴入的藥品則改為碘化鉀。其餘步驟同 A.

(二)探討國中選修第三冊實驗 9-1 碘化鉛的生成數據。

A.用標籤標示 7 支乾淨的試管，分別為 1~7 號，放在試管架上，並於各試管內置入 6mL、1.0M 碘化鉀溶液。

B.將 1.0M 硝酸鉛溶液以 0.5mL、1.0mL、2.0mL、3.0mL、4.0mL、5.0mL、6.0mL 的體積分別滴入各試管中，靜置 10 分鐘。紀錄外觀變化，並偵測 PH 值、電導度及沉澱高度。

C.超做同 A.~B.但混合時，改以碘化鉀溶液加入硝酸鉛溶液代之。

把 7 支試管用橡皮筋網綁，同時放入燒杯內的熱水中，使每支試管都直立而不傾斜。繼續加熱約 5~10 分鐘直到固體都沉澱在底部。

(三)探討碘鉛錯離子的可逆反應。

A.取一支試管裝飽和硝酸鉛溶液 5mL，滴定管中裝飽和碘化鉀溶液，滴定至溶液顏色不再改變為止。紀錄試管中顏色變化和所用的飽和碘化鉀溶液體積。

B.將實驗中所得透明液體 3mL，滴定管改裝蒸餾水，滴定至溶液中黃色沉澱物不再溶解。紀錄管中顏色變化和所使用飽和碘化鉀溶液體積。

(四)濾紙水平放置、垂直放置之產生沉澱情形。

A. 水平放置：

1.調配飽和碘化鉀（20 8.2M）和硝酸鉛（20 1.5M）溶液

100mL，從飽和液體中各取 20mL 加蒸餾水 20mL，稀釋為飽和

溶液 1/2、1/4、1/8、1/16。

2.取 8 個培養皿，滴入 2 滴碘化鉀在小心放入 1 張圓形濾紙，後濾

紙中央處潤濕平貼於培養皿後，再竹低 低入碘化鉀溶液迄整張

濾紙潤濕平貼於培養皿止（約 25 滴）

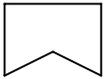
3.在培養皿內中央處滴一滴硝酸鉛溶液，靜置一天，觀察顏色變化

沉澱情形。

4.以不同濃度的碘化鉀和硝酸鉛溶液交互反應。紀錄並觀察。

5.操作 1~4 但混合時，改以硝酸鉛溶液入碘化鉀溶液。

B. 垂直放置：

1.將濾紙剪成  型。

2.將濾紙尖角分別浸於裝有不同濃度的 KI 溶液及  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  溶液的

小燒杯靜置一日。觀察濾紙顏色變化及沉澱情形。

(五)洋菜垂直放置之產生沉澱情形。

1. 調配濃度不同的碘化鉀級硝酸鉛洋菜凍各四塊，兩塊水平放置、兩塊

垂直放置，觀察顏色、沉澱變化情形。

一、實驗結果與討論：

(一)過量固體碘化鉀 or 硝酸鉛對碘鉛化合物顏色的影響。

A.表 1.碘化鉀過量的變化：

	0.01gKI <sub>(s)</sub>	0.1gKI <sub>(s)</sub>	0.5gKI <sub>(s)</sub>
滴入 0.1MPb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 後的變化	橘黃色的沉澱	橘黃色 → 透明有白色沉澱	橘黃色 → 透明
再加一滴蒸餾水的變化	不變	在外圍有部分白色沉澱	透明

B.表 2.硝酸鉛過量的變化：

	0.01g Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2(s)</sub>	0.1g Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2(s)</sub>	0.5g Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2(s)</sub>
滴入 0.1M KI 後的變化	橘黃色粉狀沉澱	橘黃色片狀沉澱	橘黃色粉狀沉澱
再加一滴蒸餾水的變化	顏色不變	顏色不變	顏色不變

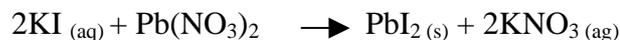
C.由表 1.可知：

(1)KI 顆粒小時，幾乎只見黃色沉澱。

(2)KI 顆粒較大時，其沉澱情形有如小的煎蛋，中間為橘黃，外圍為

白色針狀的  $\text{KPbI}_3$

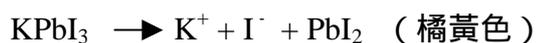
(3) KI 顆粒很大時，外圍為白色或成無色透明。其原因為：



過量的 KI 和  $\text{PbI}_{2(\text{s})}$  反應生成白色的  $\text{KPbI}_3$ 。由此可知 KI 的

濃度主導顏色的變化。

D. 水滴在黃白色  $\text{KPbI}_3$  時，馬上變橘黃色的  $\text{PbI}_2$  可見  $\text{KPbI}_3$  只是易溶解的晶體。



E. 由表 2. 可知：

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的量並不影響到顏色的變化，僅在沉澱晶體的形狀上有所不同。

(二) 探討國中選修第三冊實驗 9-1 碘化鉛的生成數據。

A. 表 3.  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (aq) 1.0M 加入  $\text{KI}$  (aq) 1.0M

試管號碼	$\text{KI}_{(\text{aq})}$ (mL)	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ (mL)	沉澱情形	沉澱顏色	沉澱高度 (cm)	PH 值
1	6.0	0.5	塊狀	黃色	0.2	7.0
2	6.0	1.0	塊狀	黃色	0.5	7.0
3	6.0	2.0	塊狀	黃色	1.8	6.0
4	6.0	3.0	塊狀	黃色	1.5	6.0
5	6.0	4.0	塊狀	黃色	1.5	5.0
6	6.0	5.0	塊狀	黃色	1.4	5.0

7	6.0	6.0	塊狀	黃色	1.2	4.0
---	-----	-----	----	----	-----	-----

B. 表 4. KI<sub>(aq)</sub> 1.0M 加入 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2 (aq)</sub> 1.0M

試管號碼	KI <sub>(aq)</sub> (mL)	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2(aq)</sub> (mL)	沉澱情形	沉澱顏色	沉澱高度 (cm)	PH 值
1	6.0	0.5	塊狀	黃色	0.4	3.0
2	6.0	1.0	塊狀	黃色	0.5	3.0
3	6.0	2.0	塊狀	黃色	0.65	3.0
4	6.0	3.0	塊狀	黃色	0.8	3.0
5	6.0	4.0	塊狀	黃色	0.9	3.0
6	6.0	5.0	塊狀	黃色	1.1	4.0
7	6.0	6.0	塊狀	黃色	2.3	5.0

C.表 3.是國中選修理化第三冊實驗 9-1 的實驗，其實驗的目的是以固定量的 KI 水溶液與不同量的 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 水溶液，所產生黃色碘化鉛沉澱的量，來探討反應物質莫耳數的關係，但由表 3.數據可知：沉澱高度並沒有和硝酸鉛的莫耳數成正比關係，探討其原因是過量碘化鉛和碘化鉀再反應形成 KPbI<sub>3</sub> 沉澱，使得沉澱量的高度與加入硝酸鉛的莫耳數沒有成正比關係。

D.由表四可知：碘化鉀加入硝酸鉛及硝酸鉛加入碘化鉀所得沉澱高度有些微不同，溶液 pH 值也不同由此可知錯離子配位數多寡與溶液的先後順序不同而呈多變的面貌。

(三)探討碘鉛錯離子的可逆反應。

A 表 5 飽和  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、5mL ( $7.5 \times 10^{-3}$  mole) 以飽和 KI 溶液來滴定

加入飽和 KI 體積	反應結果
5ml 飽和 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	
1 滴	瞬間由淡黃色轉為純黃色塊狀物體沉澱
1mL	部分變黃，表面有一層白色物體
2mL	(試管)沉澱 4.5 cm，底部有部分乳白色沉澱
3mL	黃白色沉澱越多
5mL	又產生白色
10mL	80 % 皆變為乳白色
15mL	仍繼續有乳白色沉澱
20mL	仍繼續有乳白色沉澱
25mL	仍繼續有乳白色沉澱
40mL	部分開始溶解
45mL	繼續溶解中
55mL	繼續溶解中
65mL	繼續溶解中
70mL	剩下部分沉澱未溶解
80mL	剩少許沉澱，且溶液為淡黃色

B.表 6.取表 5.透明淡黃色溶液 3mL，以蒸餾水滴定的反應結果

3mL 透明淡黃色溶液 加入的蒸餾水體積	反應結果
1mL	最先產生黃色，搖晃一下後產生白色混濁固體
10mL	溶液底部 1.8 cm 顏色不變，其餘皆變淡黃色混濁
15mL	溶液底部 1.8 cm 顏色不變，其餘皆變淡黃色混濁
20mL	底部有 $\text{PbI}_2$ 晶體沉澱
25mL	溶液中有許多微小晶體，且底部有 0.3 cm 的白色沉澱

滴定蒸餾水速率：5 滴/秒；未攪拌

C.當滴定管的飽和 KI 溶液入試管中，先出現黃色沉澱 → 黃白沉澱

→ 變黏稠狀沉澱 → 白色沉澱 → 沉澱開始溶解 → 溶

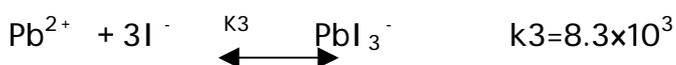
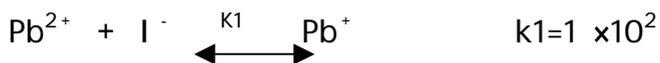
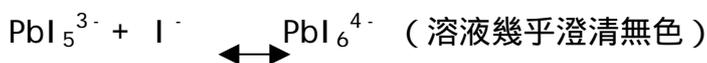
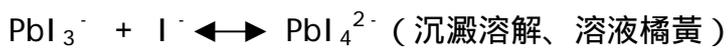
液顏色變淡黃 & 有些微之顆粒沉澱

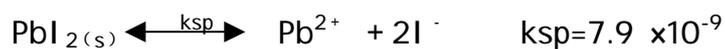
D.將淡黃色溶液用蒸餾水滴定時，顏色變化有逆反應的現象：

淡黃色溶液 → 溶液顏色變橘黃色 → 白色沉澱

→ 黃白色沉澱、上層黃色下層白色 → 黃色沉澱

反應式如下：





(四) 利用濾紙水平放置、垂直放置來觀察平衡現象及產生沉澱情形。

A. 濾紙水平放置：

(1.)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  飽和  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：淡黃色  $\rightarrow$  深黃  $\rightarrow$  淡黃色  $\rightarrow$  膚色有結晶

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：淡黃色  $\rightarrow$  褐色  $\rightarrow$  淡黃色  $\rightarrow$  膚色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.75M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：淡黃色  $\rightarrow$  褐色  $\rightarrow$  淡黃色  $\rightarrow$  膚色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.375M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：淡黃色  $\rightarrow$  膚色  $\rightarrow$  白色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.188M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：褐色  $\rightarrow$  淡黃色  $\rightarrow$  淡膚色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.0M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  淡褐色  $\rightarrow$  黃色  $\rightarrow$  膚色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.1M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：褐色  $\rightarrow$  黃色  $\rightarrow$  膚色

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0.094M  $\rightarrow$  KI 8.2M、

由內而外是：淡黃色  $\rightarrow$  膚色

(2.)KI 飽和  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  深黃色  $\rightarrow$  白色、有白色結晶

KI 8.2M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  深黃色  $\rightarrow$  淡膚色、有白色結晶

KI 4.1M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深黃色帶點淡褐色  $\rightarrow$  淡黃色、有白色結晶

KI 2.05M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  膚色白色、有白色結晶

KI 1.025M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  膚色白色、有白色結晶

KI 1.0M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深黃色帶點淡褐色  $\rightarrow$  白色、有白色結晶

KI 0.1M  $\rightarrow$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M、

由內而外是：深褐色  $\rightarrow$  淡黃色白色、有白色

(3)

1. 結晶線最靠近濃度小的一邊，形成黃色接近白色

2. 橘黃色、黃色條紋狀，附著一些透明針狀的  $\text{KNO}_3$  結晶，有累積的現象。

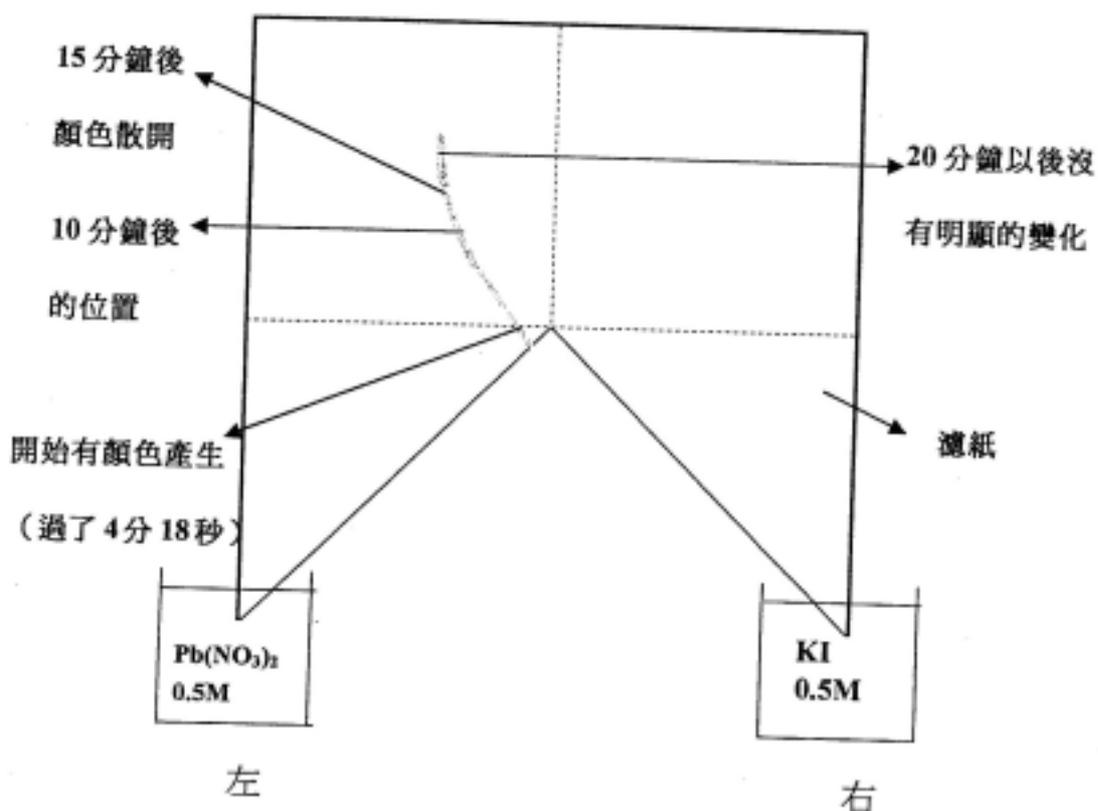
3. 靠近  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  處形成弧線， $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  1.5M 和 KI 不同濃度形成方向相反的弧線。

B. 垂直放置：

- (1.) 由濾紙上的結晶來看，結晶均勻形成在濃度小的一端。
- (2.) 兩端一面交會並未有沉澱的發生，往濃度小的一端逐漸形成結晶，造成單邊反應，此乃由於離子擴散速率不同，濃度大的離子擴散速率大，但是碘化鉛沉澱後變成了擴散路線的阻礙，離子必須跨越碘化鉛才能反應，濾紙上會形成弧線結晶及逐漸堆積凸出物結晶。

利用垂直的濾紙來觀察平衡現象：

結果：



顏色變化均在左方，順延向上

(五) 利用洋菜水平放置、垂直放置來觀察平衡現象及產生沉澱情形。

A. 洋菜無論水平放置或垂直放置，濃度差主導整個反應，均有濃度大的往濃度小的地方擴散。

B. 洋菜無論濃度大的放上面或下面，黃色沉澱均在濃度小的一塊，產生單邊反應。

## 伍、結論

(一)由實驗結果得知：KI 與  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的反應中  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的量並不影響到顏色的變化，KI 的濃度才是主導顏色的變化。

(二)國中選修理化第三冊實驗 9-1 碘化鉛的形成，其實驗目的是以固定量的碘化鉀水溶液與不同量的硝酸鉛水溶液，所產生黃色硝酸鉛沉澱的量來探討反應物之間量的關係，並了解均衡反應式中各物質的係數和參與反應物質莫耳數的關係。但經我們實際實驗結果和理論的良相差很多，換言之，沉澱高度並沒有和硝酸鉛的莫耳數成正比的關係，探討原因是過量的碘化鉀和碘化鉛再反應形成  $\text{KPbI}_3$  沉澱，使得沉澱量的高度與加入硝酸鉛的莫耳數沒有成正比的關係，因此我們認為此實驗的數據並不能解釋均衡反應式中各物質的係數和參與反應物質莫耳數的關係。我們建議用碳酸鈉溶液與氯化鈣溶液，產生白色碳酸鈣和氯化鈉溶液，此反應有 3 大優點：

第一、沒有鉛化合物毒性的缺點。

第二、沒有產生錯離子、錯化合物的干擾。

第三、作出數據能準確表達出均衡反應式。中各物質係數和參與反應物質莫耳數的關係。

我們設計的實驗如下：

**【實驗目的】:**

以固定量的碳酸鈣溶液與不同量的氯化鈉水溶液反應，所產生白色碳酸鈣的量來探討反應物之間量的關係，並了解均衡反應式中，各物質的係數和參與反應物質的莫耳數關係。

**【實驗器材】:** 試管架、試管、酒精燈、陶瓷纖維網、塑膠尺、玻棒、碳酸鈉溶液(2M)、氯化鈣溶液(2M)。

**【實驗步驟】:**

- 取燒杯(250mL)，裝水半杯，以酒精燈加熱備用。
- 用標籤標示 4 支乾淨的試管，分別為 1~4 號，放在試管架上，並於各試管內置入 10mL 碳酸鈉溶液。
- 將氯化鈣溶液一下表所列體積分別低入各試管，如果有固體物質沉澱觀察其顏色。
- 把 7 支試管用橡皮筋網綁，同時放入燒杯內的熱水中，使每支試管都直立而不傾斜。繼續加熱約 5~10 分鐘直到固體都沉澱在底部。
- 取出試管直立於試管架上，待其冷卻後使用塑膠尺測量所生成沉澱的高度。

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0.2M) 加入 CaCl<sub>2</sub>(0.2M)

試管號	CaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	高度 <sub>(cm)</sub>
1	10	2	0.2
2	10	4	0.4
3	10	6	0.6
4	10	8	1.2

CaCl<sub>2</sub>(0.2M) 加入 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0.2M)

試管號	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>	高度 <sub>(cm)</sub>
1	10	2	0.2

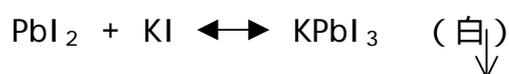
2	10	4	0.4
3	10	6	0.6
4	10	8	1.2

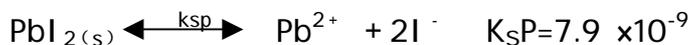
(三) 碘化鉀加入硝酸鉛及硝酸鉛加入碘化鉀所得沉澱高度有些微不一樣，由此可知錯離子配位數多寡與容液混合先後順序不同而呈多變面貌。

(四) Journal of Chemical Education 的第一篇文章「Equilibrium with Fired Eggs of  $PbI_2$  and  $KPbI_3$ 」中述及下列兩條反應方程式：



作者認為 KI 沒有過量時，測為黃色  $PbI_2$  沉澱，如 KI 過量時測過量的 KI 會與  $PbI_2$  繼續反應產生白色的  $KPbI_3$ 。但經我們以飽和 KI 溶液來滴定飽和  $Pb(NO_3)_2$  溶液，發現，先出現黃色沉澱 → 黃白色沉澱 → 黏稠狀沉澱 → 白色沉澱 → 沉澱溶解溶液變橘黃色 → 溶液變淡黃色。可知錯離子得形成是變化萬千的並非作者陳述的那麼單純，其主要原因是以 Pb 為中心，而與碘形成多種錯離子，其錯離子的配位數多寡是未知數，它隨著兩濃度的濃度比而呈現多變面貌，其方程式如下：





(五)透明淡黃色溶液 5mL 以蒸餾水滴定，顏色變化有逆反應的現象。

\* 以飽和 KI 溶液來滴定飽和  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  溶液，其顏色變化為：

黃色沉澱 → 黃白沉澱 → 沉澱溶解 → 溶液變黃色

→ 溶液顏色變黃。

將黃色溶液用蒸餾水滴定時顏色有逆反應現象，其顏色變化為：

淡黃色溶液 → 溶液顏色變黃 → 白色沉澱 → 黃白色沉澱

→ 黃色沉澱

上述顏色變化可知：碘化鉛錯離子的可逆反應也可說明勒沙特列原理。

(六)濾紙中的反應，有濃度大的往濃度小的地方擴散的現象。由於產生的沉

澱物凸出紙面，因而阻止了擴散的途徑，使得濃度小的液體無法跨越障

礙，而形成單邊反應，在濾紙上形成弧形的黃色線。

(七)洋菜中的反應，也是有濃度大的往濃度小的地方擴散的現象。兩塊洋菜

凍垂直放置時，無論濃度大的在上方或濃度小的在上方，黃色的形成都

只在濃度小的洋菜凍中，水平放置亦然。

## 陸、參考文獻

1. Vol.74 NO.3 March 1997, 『Journal of Chemical Education』
2. 國立編譯館 『國民中學選修理化第 3 冊』
3. 曾國揮編著化學第 28 章錯化合物化學 藝軒出版社
4. 黃進添 普通化學第一冊 復文書局 2000 出版
5. 楊永華 普通化學實驗第一冊 東大圖書公司

## Equilibrium with Fried Eggs of $PbI_2$ and $KPbI_3$

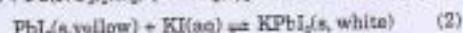
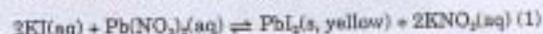
Submitted by: **Adolf Cortel**  
Institut de Babillerat El Cairat, Gorgonçana 1, 08292 Esparreguera, Barcelona, Spain

Accepted by: **Colin Wherter and George Gilbert**  
Department of Chemistry, Denison University, Granville, OH 43023

Numerous experiments can be used to introduce the replacement of equilibrium (*T*). This simple experiment illustrates very effectively the equilibrium between two different solids in a dissolution, and it requires a minimum of equipment and preparation.

Crystals of KI of different sizes are arranged in a Petri dish and one drop of 0.1 M  $Pb(NO_3)_2$  is added over each crystal. When it dissolves, several different situations become evident (Fig. 1). If the KI crystal is small, only small yellow plates of  $PbI_2$  are seen (Fig. 1a). With a bigger crystal, a core

of  $PbI_2$  appears surrounded by white needles of  $KPbI_3$ , having an appearance very similar to that of a small fried egg (Fig. 1b-d). The reaction of the biggest KI crystals with the drop of  $Pb(NO_3)_2$  solution gives only white  $KPbI_3$  or a clear solution that contains higher complexes  $PbI_4^{2-}$  (2, 3). The colors of these compounds are much better observed if the Petri dish is set over a black cardboard.



The solubility of KI is high enough to achieve the dissolution of relatively big crystals in only one drop of  $Pb(NO_3)_2$  solution. Obviously, big crystals give more concentrated solutions of  $KI(aq)$  that displace the equilibrium to the right in the above reactions. If the crystal is not big enough a mixture of  $PbI_2$  and  $KPbI_3$  is observed, and with a small one only the first reaction is possible.

In situations where the mixture of the two solids is in equilibrium with the dissolved KI it is possible to displace the equilibrium

- to the left, with a drop of pure water that decreases the  $KI(aq)$  concentration
- to the right, with an extra crystal of KI that increases the  $KI(aq)$  concentration

In both cases the increase or decrease of the yellow color of  $PbI_2$  is clearly observed and shows the sense of displacement. The use of a stereomicroscope at 20x magnification greatly improves the observation of the displacements and the shape of the crystals.

### Literature Cited

1. Shubinski, B. Z. *Chemical Demonstrations*; The University of Wisconsin: Madison, 1963; Vol. 1, pp 271-338.
2. Ballar, J. C.; Emel'vas, H. J.; Nyholm, R.; Trotman-Dickenson, A. F. *Comprehensive Inorganic Chemistry*; Pergamon: Oxford, 1973; Vol. 2, pp 136-137.
3. Mellor, J. W. A. *Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry*; Longmans: London, 1930; Vol. 7, pp 773-775.

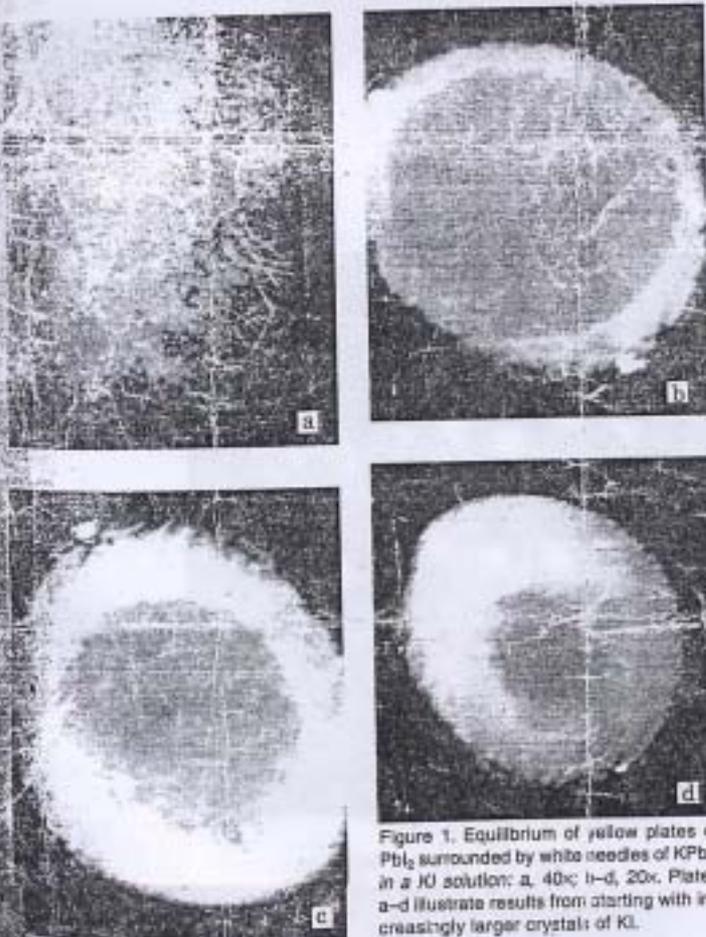


Figure 1. Equilibrium of yellow plates of  $PbI_2$  surrounded by white needles of  $KPbI_3$  in a  $KI$  solution; a, 40x; b-d, 20x. Plates a-d illustrate results from starting with increasingly larger crystals of KI.



洋菜垂直放置



洋菜垂直放置



$\text{Na}_2\text{CO}_3$  加入  $\text{CaCl}_2$



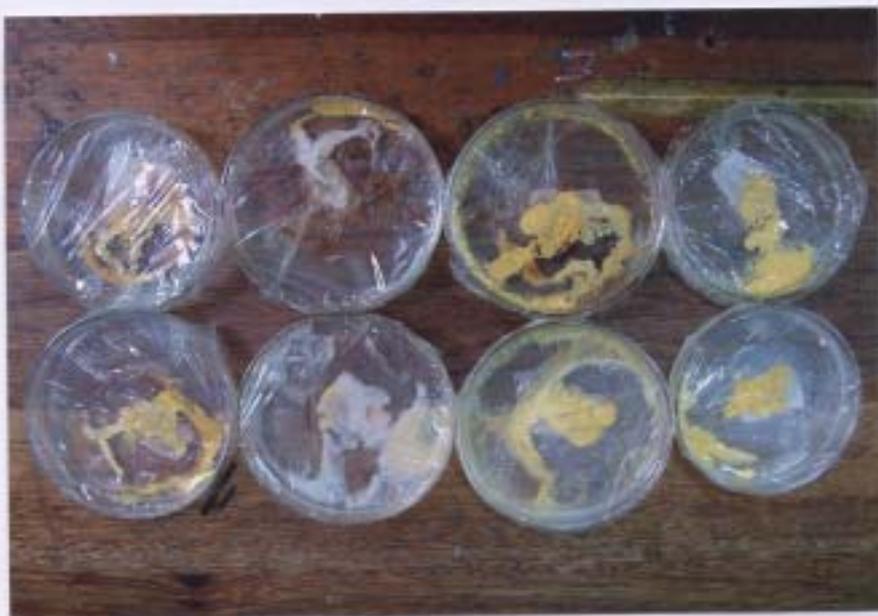
洋菜垂直放置



國中選修碘化鉛的生成數據



過量固體碘化鉀或硝酸鉛對碘鉛化合物的影響



洋菜水平放置



洋菜水平放置



國中選修碘化鉛的生成數據



8 種不同濃度的  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  加入 KI

8 種不同濃度的 KI 加入  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

## 評語

1. 本作品探討 KI 與  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  間反應平衡問題，主題與化學教材砌合。
2. KI 與  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  間化學反應相當複雜，四位作者分工合作，細心觀察，勇於嚐試值得鼓勵。
3. 實驗方法中以沉澱高度做為生成物多寡的判斷依據及溶液 PH 值以石蕊試紙觀察，稍嫌粗糙。