

# 看他或她往那裏跑

## 國中組化學科第二名

台南市立後甲國民中學

作 者：楊育青、張嘉豪

王慧芝、吳珮琪

指導教師：林麗華

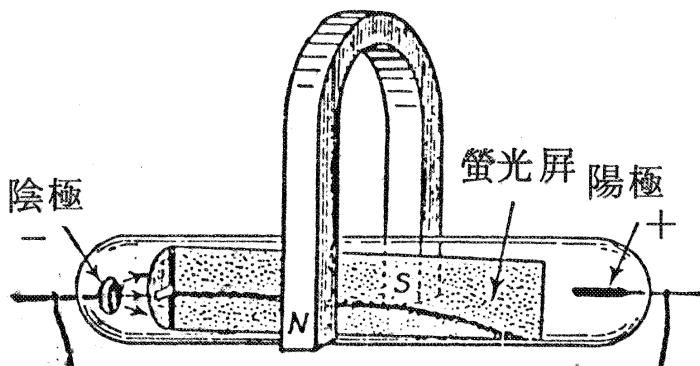
### 一、研究動機

報紙上轉載美國新聞與世界報導，其中詳述美國專家列舉許多數據，認為電氣化帶來致癌威脅，推測是導線中有電流通過時，產生之磁場所惹的禍，理化課中，我們學到：通電導線在磁場中會受力而移動

，其受力的方向可用右手開掌定則來比，陰極射線（電子）在磁場中受力的情形也是這樣（如圖一）。我們想生物體內有很多離子，會不會是因為離子受磁場作用偏移而對生物產生不良的影響？所以我們想研究在磁場中運動的陽離子及陰離子的偏移情形。

### 二、研究目的

1. 陽離子在磁場中運動，會不會受磁力作用而偏移？向何處偏移？
2. 陰離子在磁場中運動，會不會受磁力作用而偏移？向何處偏移？
3. 生物體內的離子在磁場中運動時，會不會受磁力作用而偏移？向何處偏移？



圖一

### 三、研究器材設備

自製壓克力儀器、游標尺、白金絲、銅片、研鉢及杵、強力磁鐵、整流變壓器、芹菜、洋菜、鹽酸、碳酸鈣、硫酸鈉、硫酸銅、氯化鋇、碳酸鈉、氯化鈣。

### 四、研究方法

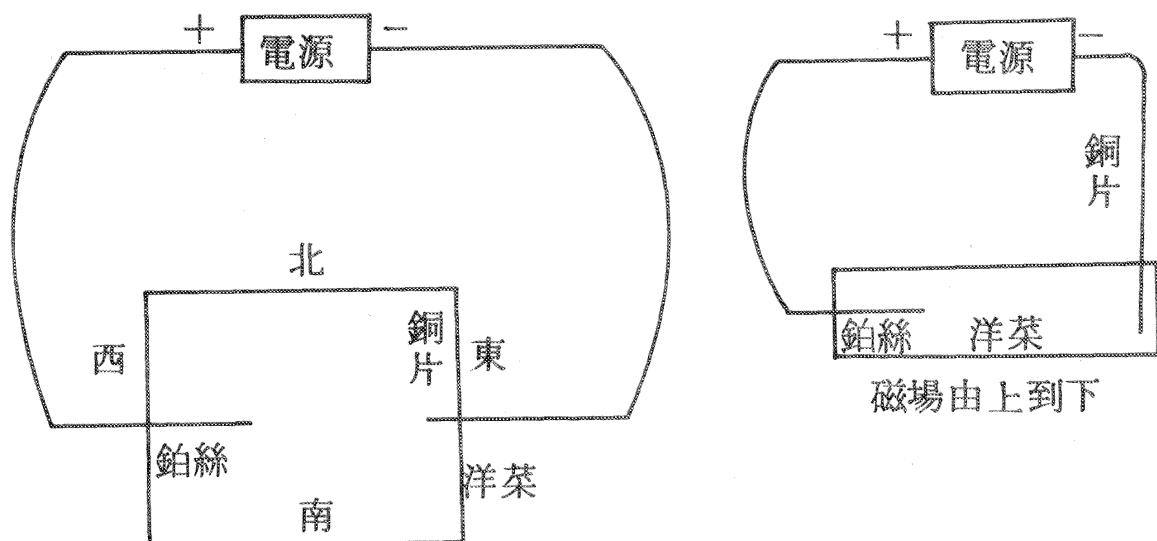
實驗一：探討在磁場中運動的  $H^+$ ，其偏移情形

1. 問題：如何讓無色的  $H^+$  顯現出來？

如何看到在磁場中運動的  $H^+$  偏移的軌跡？

2. 實驗設計

(1) 裝置如圖二



圖二  $H^+$  在電場或電場加磁場中移動的實驗裝置

## (2) 實驗步驟

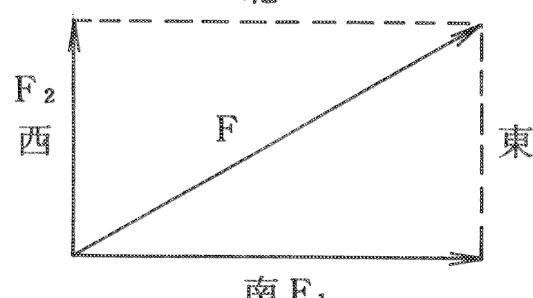
- ① 取 400ml 水加 4.8 克洋菜粉，煮沸後加入 0.04 莫耳  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和 15 克  $\text{CaCO}_3$  粉末，倒入模型，冷凝成長寬各 10 cm，厚 1 cm 的整塊濃白色洋菜。
- ② 以鉑絲為正極的電極，銅片為負極的電極，插在上述洋菜上面的西、東兩邊，如圖二。
- ③ 通電時，正極的反應是  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4e^-$ ，產生的  $\text{H}^+$  遇  $\text{CaCO}_3$  產生如下的反應： $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，洋菜中的碳酸鈣固體微粒，被  $\text{H}^+$  反應掉，產生  $\text{CO}_2$ ，而使白色的洋菜變成透明，以 36V 的直流電，通電數小時後，拆掉實驗裝置，把洋菜放置 15 天，使洋菜乾裂。
- ④ 重複步驟①②③在通電後，馬上加入一個垂直於電流方向的磁場，磁場方向由上向下，數小時後，拆掉實驗裝置，把洋菜放置 15 天，使洋菜乾裂。

## 3. 結果

- (1) 不加磁場的實驗，其透明部分，南北幾乎對稱，乾裂的痕跡幾乎是直線。
- (2) 加磁場的實驗，其透明部分，南北不對稱，乾裂的痕跡彎向東北。

## 4. 討論

- (1) 正極反應產生的  $\text{H}^+$ ，因受電場的作用力  $F_1$ ，所以向負極移動，即電流方向由西向東。
- (2) 磁場由上向下，恰與電流方向垂直，產生向北的磁力  $F_2$ 。
- (3)  $F_1$  與  $F_2$  兩力作用結果，如圖三，使  $\text{H}^+$  受到合力  $F$ ，於是偏轉向東北方向運動。
- (4) 洋菜中加入硫酸鈉可幫助導電。



圖三  $\text{H}^+$  在電場加磁場  
中受力的力圖

(5) 本實驗，我們可直接觀察到  $H^+$  在電場及磁場中的移動情形，有具體、踏實的感覺。

實驗二：探討在磁場中運動的  $CO_3^{2-}$ ，其偏移情形

1. 問題：如何知道在磁場中運動的  $CO_3^{2-}$ ，是否偏移？

2. 實驗設計：

(1) 裝置如圖四、圖五。

(2) 實驗步驟：

① 在圖四的容器中裝

水後，a 處滴入

$0.5\text{M Na}_2\text{CO}_3$  溶

液，b 處滴入  $0.5\text{M}$

$\text{CaCl}_2$  溶液，不

到五秒，即生成白

色  $\text{CaCO}_3$  沈澱，

若欲取其中一部分溶液做測定，因各處被擾

動、擴散混合，所以非常困難。

② 取  $100\text{ml}$  水加  $1.5$  克洋菜粉煮沸後，倒入圖

四的容器中，冷凝，並在 a 、 b 兩處各挖掉

長  $1\text{ cm}$  的洋菜後，分別加入上述的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

及  $\text{CaCl}_2$  溶液，約  $36$  小時後，在中間有白色固體的  $\text{CaCO}_3$

形成，可見離子在洋菜膠體中有擴散現象，但其擴散速率較

水中慢得多，所以我們可切割洋菜，取其一部份，做離子含

量的測定。

③ 步驟②中的洋菜，一組加磁場，一組不加磁場， $36$  小時後

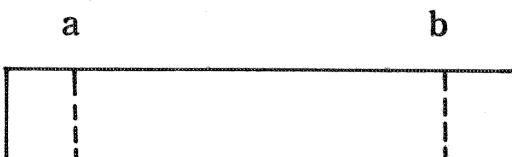
分割平分為甲、乙兩部份（如圖六），分別在研鉢中磨碎，

加水研磨後，放入錐形瓶中，（事先製好洋菜活），如圖五

，記下洋菜活塞原來的刻度，把錐形瓶傾斜，待試管中的鹽

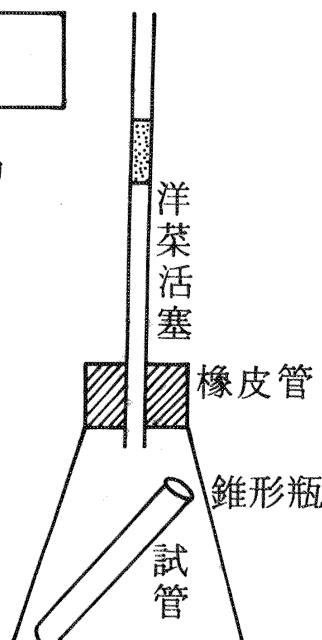
酸倒出反應後， $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  產生的  $\text{CO}_2$  可

使活塞移動，記下後來的刻度。



圖四 擴散實驗的壓克力

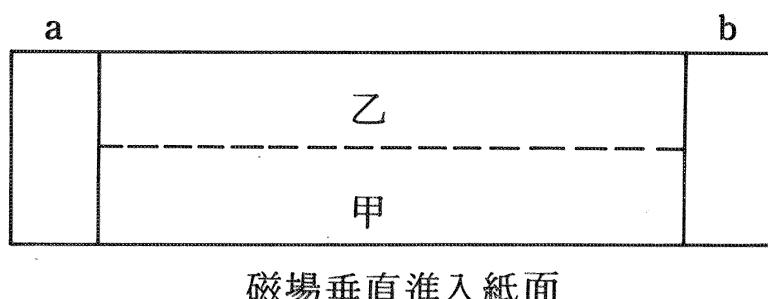
容器側視圖



圖五 利用洋菜活塞  
測量  $\text{CO}_2$  體積  
的實驗裝置

④把藥品改為 a , b 兩處都放  $0.5 \text{ MNa}_2\text{CO}_3$  溶液後，重覆上述實驗。

⑤ a 放  $0.5 \text{ MCuSO}_4$  溶液，b 放  $0.5 \text{ MBaCl}_2$  溶液一組加磁場，一組不加磁場，置放 36 小時，觀察其結果。



圖六 平分切割洋菜的俯視圖

### 3. 結果

(1) a :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，b :  $\text{CaCl}_2$  溶液

實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	$\text{CO}_2$ 含量 (以刻度 差表示)	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 含 量	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 差 額	甲、乙兩部分所 含 $\text{CO}_3^{2-}$ 的百分 率 平 均 差 額	
無 磁 場	甲	1.73	37.52	35.79	50.69 %	1.38 %	1.50 %	
	乙	2.68	37.50	34.82	49.31 %			
2	甲	1.78	36.13	34.35	50.66 %	1.32 %		
	乙	1.76	35.22	33.46	49.34 %			
3	甲	7.98	38.56	30.58	50.90 %	1.80 %		
	乙	12.16	41.66	29.50	49.10 %			

實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	$\text{CO}_2$ 含量 (以刻度 差表示)	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 含 量	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 差 額	甲、乙兩部分所 含 $\text{CO}_3^{2-}$ 的百分 率 平 均 差 額	
有 磁 場	甲	2.13	47.72	45.59	56.01 %	12.02 %	11.57 %	
	乙	13.72	49.52	35.80	43.99 %			
2	甲	2.11	62.83	60.72	56.34 %	12.68 %		
	乙	1.67	48.72	47.05	43.66 %			
3	甲	3.87	43.67	39.80	55.03 %	10.06 %		
	乙	2.59	35.11	32.52	44.97 %			

(2) a , b 都是  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液

實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	$\text{CO}_2$ 含量 (以刻度 差表示)	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 含 量	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 差 額	甲、乙兩部分所 含 $\text{CO}_3^{2-}$ 的百分 率 平 均 差 額	
無 磁 場	1 甲	8.84	35.66	26.82	51.80 %	3.60 %	2.80 %	
	1 乙	9.71	34.67	24.96	48.20 %			
	2 甲	8.46	31.72	23.26	48.74 %	2.52 %		
	2 乙	9.60	33.46	23.86	51.26 %			
有 磁 場	3 甲	16.47	49.28	32.81	48.86 %	2.28 %	2.28 %	
	3 乙	20.37	54.71	34.34	51.14 %			

實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	$\text{CO}_2$ 含量 (以刻度 差代表)	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 含 量	$\text{CO}_3^{2-}$ 百 分率 差 額	甲、乙兩部分所 含 $\text{CO}_3^{2-}$ 的百分 率 平 均 差 額	
有 磁 場	1 甲	1.12	20.41	19.29	48.98 %	2.04 %	2.18 %	
	1 乙	1.44	21.53	20.09	51.02 %			
2	甲	18.36	45.92	27.56	49.04 %	1.92 %		
	乙	16.12	44.76	28.64	50.96 %			
3	甲	1.57	33.12	31.55	48.71 %	2.58 %		
	乙	1.86	35.08	33.22	51.29 %			

(3)步驟⑤，有一層固體白色的  $\text{Ba SO}_4$  產生，不加磁場的，甲、乙兩部份的側面，其白色層的厚度大約相等。加磁場的，甲、乙兩部份側面，其白色層厚度甲約 6.5 mm、乙約 0.9 mm。  
甲部份較厚。

#### 4. 討論：

(1)不加磁場的實驗，其  $\text{CO}_3^{2-}$  均勻分布，所以甲、乙兩部份的  $\text{CO}_3^{2-}$  幾乎一樣多。

(2)加磁場的實驗，其  $\text{CO}_3^{2-}$  在甲、乙兩部份不一樣多， $\text{CO}_3^{2-}$  的偏移，符合右手開掌定則。

(3)如果 a、b 兩處都放  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，在磁場中由相反方向擴散而來的  $\text{CO}_3^{2-}$  各向一方偏移，所以甲、乙兩部份的  $\text{CO}_3^{2-}$  幾乎一樣多。

(4)若 a 放  $\text{CuSO}_4$  溶液，b 放  $\text{BaCl}_2$  溶液，加磁場時，來自左邊的  $\text{SO}_4^{2-}$  向甲部分偏移，來自右邊的  $\text{Ba}^{+2}$  也向甲部份偏移，所以甲部分側面的白色  $\text{BaSO}_4$  較厚，乙部份較薄，符合右手開掌定則。照片 H 是我們把三張照片剪貼接起來的，上：正面照片，中：甲部份側面照片，下：乙部份側面照片。

### 實驗三：探討生物體內在磁場中運動的離子，其偏移情形。

1.問題：如何測定芹菜內，在磁場中運動的  $\text{CO}_3^{2-}$ ，有沒有偏移？

2.實驗設計：

(1)裝置如圖七。

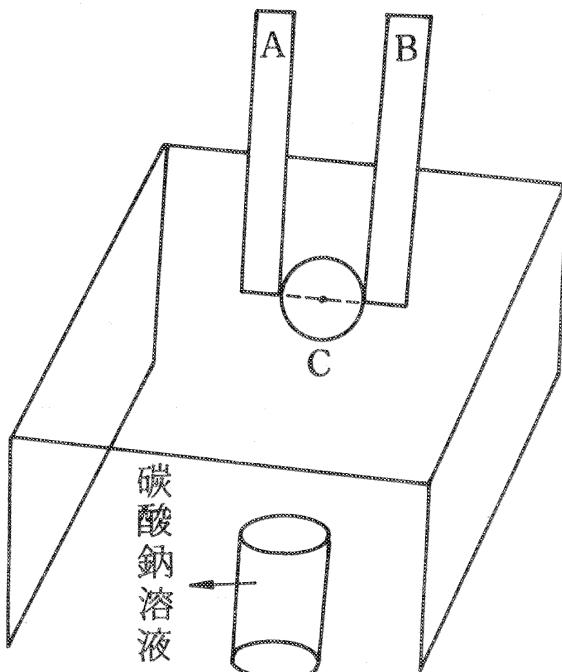
(2)實驗步驟：

①圖五試管中放鹽酸，把芹菜磨碎放入圖五的錐形瓶做實驗，觀察洋菜活塞有沒有移動。

②用游標尺定出芹菜莖的直徑，以數根竹針穿過後，固定在圖七的 A、B 之間，芹菜底端通過 C 處的圓洞，並浸在下面的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中。

③加磁場或不加磁場，分別做實驗，36 小時後，以小刀沿 A、B 平面及穿過芹菜的針切割芹菜，把芹菜切割平分為甲、乙兩部份。

④把芹菜磨碎後放入圖五的錐形瓶中，先記下洋菜活塞原來刻度，待試管中的鹽酸倒出反應後，產生的  $\text{CO}_2$  可使活塞移動，並記下活塞後來的刻度。



圖七 級子在芹菜中移動，加或不加磁場的實驗，平分切割芹菜的實驗裝置

C 處的圓洞，並浸在下面的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中。

— 53 —

### 3. 結果：

無 磁 場	實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	CO <sub>2</sub> 含量 (以刻度 差表示)	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 百 分 含 量	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 百 分 差	甲、乙兩部份所 含 CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 的百分 率 平 均 差 額
	1	甲	8.71	11.87	3.13	58.07 %	16.14 %	
2	乙	9.98	12.24	2.26	41.93 %			
	甲	11.87	13.10	1.23	44.40 %		11.20 %	10.73 %
3	乙	11.79	13.33	1.54	55.60 %			
	甲	14.75	17.46	2.71	52.42 %		4.84 %	
	乙	25.93	28.39	2.46	47.58 %			

有 磁 場	實驗 次數	甲或乙	原來 刻度 (cm)	後來 刻度 (cm)	CO <sub>2</sub> 含量 (以刻度 差表示)	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 百 分 含 量	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 百 分 差	甲、乙兩部分所 含 CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> 的百分 率 平 均 差 額
	1	甲	15.17	18.03	2.86	66.82 %	33.64 %	
2	乙	12.21	13.63	1.42	33.18 %			
	甲	13.29	17.98	4.69	68.67 %		37.34 %	29.39 %
3	乙	12.87	15.01	2.14	31.33 %			
	甲	23.51	27.09	3.58	58.59 %		17.18 %	
	乙	26.10	28.63	2.53	41.41 %			

### 4. 討論：

- (1) 實驗步驟①的洋菜活塞並不移動，表示原來芹菜中沒有 CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> 的成份。
- (2) 實驗步驟④中的芹菜因 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液往上升，所以芹菜中有 CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>。
- (3) 不加磁場的實驗，甲、乙兩部份的 CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> 含量差別較小。
- (4) 加磁場的實驗，甲、乙兩部分的 CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> 含量差別較大，CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> 的偏移符合右手開掌定則。
- (5) 不加磁場的實驗，實驗三的誤差比實驗二大，此因芹菜不是正

圓，平分切割不易之故。

## 五、總結論及總討論

1. 在磁場中運動的陽離子或陰離子和通電導線一樣，符合右手開掌定則。
2. 磁場會影響離子的移動方向，已知通有電流的導線，其周圍便有磁場，所以我們生活在各大小磁場之中，我們人體內循環流動的各種離子，受這些磁場的影響有多少？對健康有無影響。報紙上的報導「電氣化帶來幸福，也帶來致癌威脅」。也許本實驗的現象，是電氣化造成致癌威脅的因素之一。
3. 第廿七屆全國科展化學科第一名的作者發現，溶液中離子晶體的形成和磁場有關，但不知如何解釋此現象，本實驗的結果，也許可提供一個研究方向。

## 六、參考資料

1. 國中理化課本。
2. 第27屆全國科學展優勝作品專輯。
3. 國中物理，國立編譯館主編。
4. 化學，三民書局印行／王澄霞著。

## 評語

- 作者以簡單右手開掌定則來觀察陽離子和陰離子在磁場中的移動情況，頗值嘉許對生物體中離子移動及影響之實驗仍待加強，值得更進一步探討。