

有趣的浮力溫度計—— 固體溶解度與溫度關係的探討

國中組化學科第三名

基隆市立中正國民中學

作者：劉伊晟、朱育成、林清鐸、詹博硯
指導教師：徐增錦、何志清

一、研究動機

在一次偶然的機會中發現投入水中的雞蛋會在加了鹽巴之後上浮，我好奇的去問老師，當時老師告訴我是因為溶解度影響了溶液的密度而使浮力改變。我便想趁此機會探討溶解度與溫度的關係，又在查資料的過程中發現“浮沉子”的實驗很有趣，於是我聯想到可以利用改變溫度造成溶解度的變化進而影響物體的浮沉，再利用此原理做出趣味的浮力溫度計。

二、研究目的

- (一) 探討固體溶解度的測量方法。
- (二) 探討溫度與固體溶解度的關係。
- (三) 製作趣味的浮力溫度計。

三、研究器材設備

(一) 藥品：

硝酸鉀 氯化鈉 丙酮 氫氧化鈣 碳酸鈉 二鉻酸鉀 硫酸鈉

(二) 器材：

乒乓球 水槽 鐵架 燒杯 酒精燈 石綿心網 玻璃棒 三腳架 溫度計
電子秤 光電比色計 加熱棒 對流器 蒸餾水 漏斗 濾紙 量筒 滴管 燒杯

四、研究過程

(一) 探討固體溶解度的測量方法：

1. 〈方法一〉利用過濾法測固體溶解度。

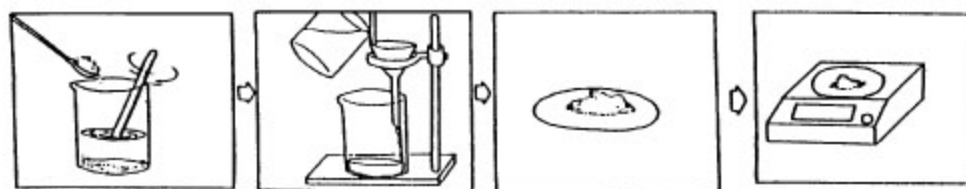
(1) 先秤硝酸鉀固體的質量設為X克，再將硝酸鉀固體置於燒杯內，倒入蒸餾水100ml，將杯內溶液溫度加熱至20℃，攪拌均勻使硝酸鉀溶液達飽和。

(2) 用秤過質量的濾紙過濾。

(3) 將未溶解的硝酸鉀連同濾紙置於空氣中或烘箱中，待乾後秤得硝酸鉀質量設為Y克。因而求得溶去硝酸鉀的質量 = X - Y

$$\text{溶解度 } S = (X - Y) / 100 \text{ (g/100 g 水)}$$

流程圖如下：



2. 〈方法二〉利用光電比色計測量固體溶解度。

(1) 將100克水加入500ml的燒杯中，加入5克硝酸鉀並將杯內溶液溫度加熱至20℃，於攪拌均勻後倒出5ml至試管中，使用光電比色計測出透光度。

(2) 加入10克硝酸鉀，其餘步驟同(1)。

(3) 依前步驟持續間隔加入5克硝酸鉀，直到光電比色計的透光度不再改變並記錄當時所加入的硝酸鉀克數×克（此時溶液恰達飽和）。

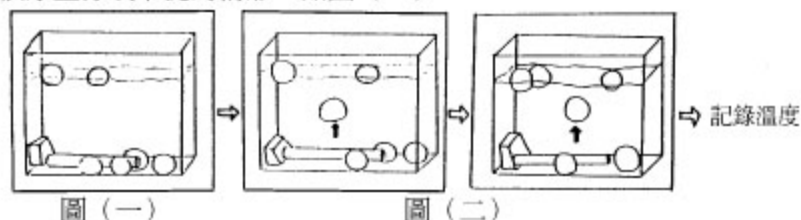
$$\text{溶解度 } S = Y / 100 \text{ (g/100 g 水)}$$

(二) 利用桌球的浮況來判斷固體溶解度與溫度的關係：

1. 探討KNO₃的溶解度與溫度的關係。

(1) 將六顆不同質量的桌球，依次投入裝有飽和硝酸鉀溶液，且有2~3cm深的KNO₃沉沒之燒杯中，而此時六顆球的質量依序為28.3 28.5 33.1 33.5 34 34.4克（使在溶液中二浮四沈），如圖（一）。

(2) 使用加熱棒在底部加熱並攪拌均勻，則隨溫度升高沈澱的KNO₃會逐漸減少，觀察桌球依序上浮或下沉的情形，如圖（二）。



(3)記錄每一顆桌球上浮的溫度，並將桌球本身的重量與其上浮的溫度作關係圖，因浮體原理 $B=W$ （ B ：浮力， W ：浮體重量）可知此關係圖即為浮力與溫度變化關係圖。

(4)將步驟(3)之關係圖轉換成密度與溫度之關係圖，並利用此圖形探討固體溶解度與溫度的關係。

2. 探討 NaCl 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 Na_2CO_3 的固體溶解度與溫度的關係。

步驟同上述之。

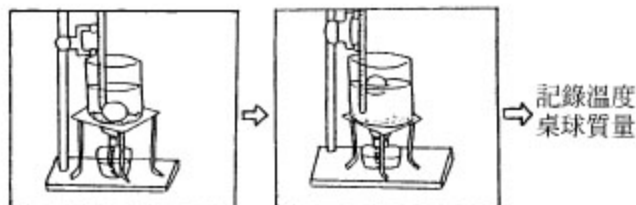
(三)製作趣味的浮力溫度計：

1. 配製 KNO_3 飽和溶液。

2. 填入質量不同的銅粒，製作出數個質量不同的桌球，依次為33~40克，並將其置入飽和 KNO_3 溶液中。

3. 加熱 KNO_3 飽和溶液，攪拌均勻後記錄每 1°C 上浮桌球之質量。

如圖所示：



4. 依步驟(3)量得的數據，製作浮力溫度計。

五、研究結果

(一) 探討固體溶解度的測量方法：

1. 〈方法一〉利用過濾法測得溶解度。

KNO_3 固體溶解度：

	1	2	3	平均
沉澱克數(g)	2.608	1.534	1.904	2.012
溶解度(g/100g)	29.392	30.466	30.096	29.988

同以上方式分別測得 $20\sim 50^\circ\text{C}$ 之 KNO_3 溶解度如下：

水溫($^\circ\text{C}$)	20	25	30	35	40	45	50
溶解度(g/100g)	29.988	37.260	41.304	47.880	55.072	67.880	75.064
實際值(g/100g)	30	36	43	52	60	71	80
誤差	2	3.5	3.9	7.9	8.2	4.7	6.1

平均誤差：4.9%

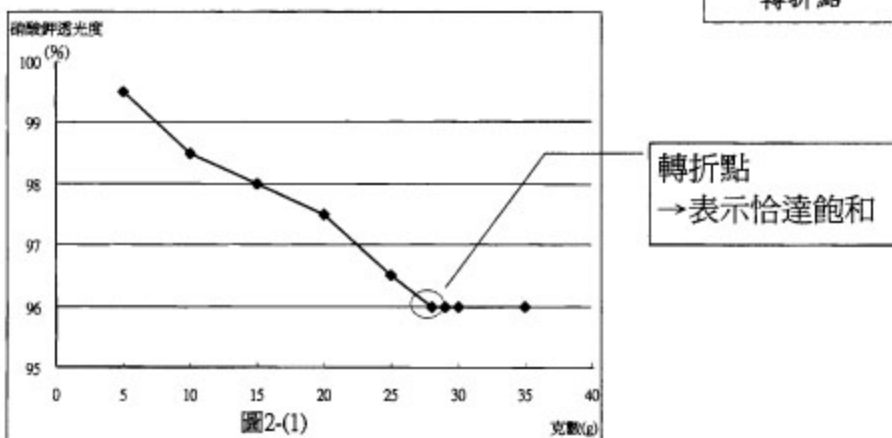
2.〈方法二〉利用光電比色計測得溶解度

KNO_3 固體溶解度：

(1)數據如下：

克數(g)	5	10	15	20	25	28	29	30	35
透光度(g/100g)	99.5	98.5	98	97.5	96.5	96	96	96	96

(2)作圖如下：



同以上方式，分別測得20~50°C之 KNO_3 溶解度如下：

水溫(°C)	20	25	30	35	40	45	50
溶解度(g/100g)	29	34	37.5	48	54	68	73
實際值(g/100g)	30	36	43	52	60	71	80
誤差	3.3%	5.6%	12.8%	7.7%	10.0%	4.2%	8.8%

平均誤差：7.5%

(二) 利用桌球的浮沈來判斷固體溶解度與溫度的關係：

1. 探討 KNO_3 溶解度與溫度的關係：

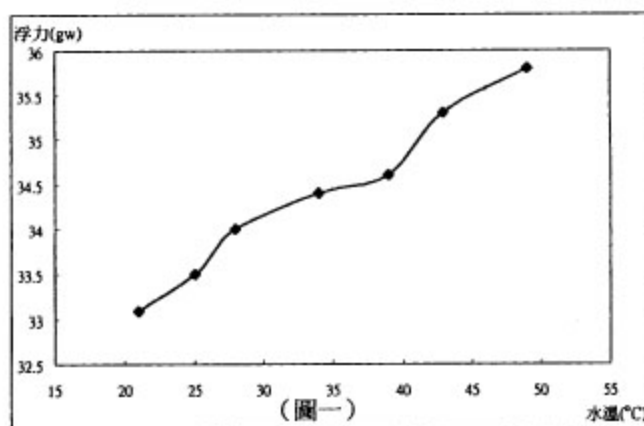
(1)由實驗過程觀察得知：

隨著溫度上升，桌球依重量由小到大依序上浮，因浮體原理。

$B=W$ (B：浮力，W：浮體重量)。

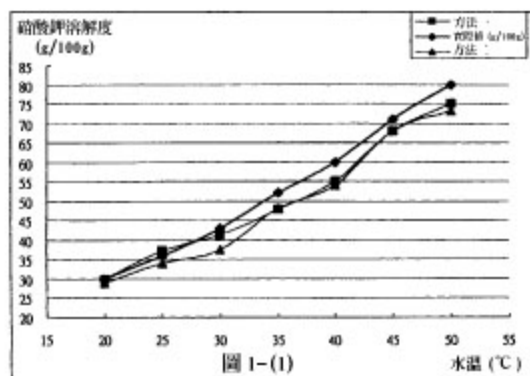
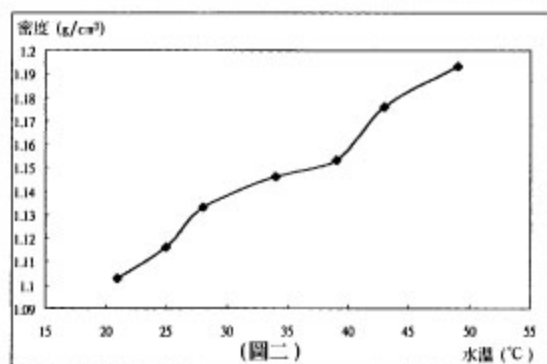
得知桌球所受的浮力與溫度變化關係作圖（如圖一）。

浮力(gw)	33.1	33.5	34	34.4	34.6	35.3	35.8
水溫(°C)	21	25	28	34	39	43	49



(2)又因浮力公式 $B=V \times D$ ，而桌球體積在實驗溫度範圍內變化不大，所以桌球所受浮力隨溫度的上升而增加，必因液體密度變大所造成。因此可將 KNO_3 液體密度與溫度變化關係作圖（如圖二）。（桌球體積 $=30\text{cm}^3$ ， $D=\frac{M}{30} \rightarrow D=\frac{M}{30}$ ， M ：桌球質量）

密度 (g/cm^3)	1.103	1.116	1.133	1.146	1.153	1.176	1.193
水溫 (°C)	21	25	28	34	39	43	49

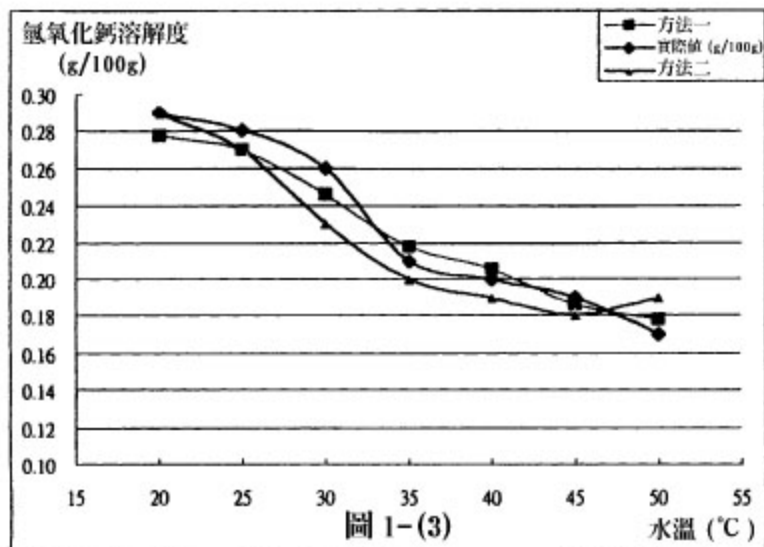
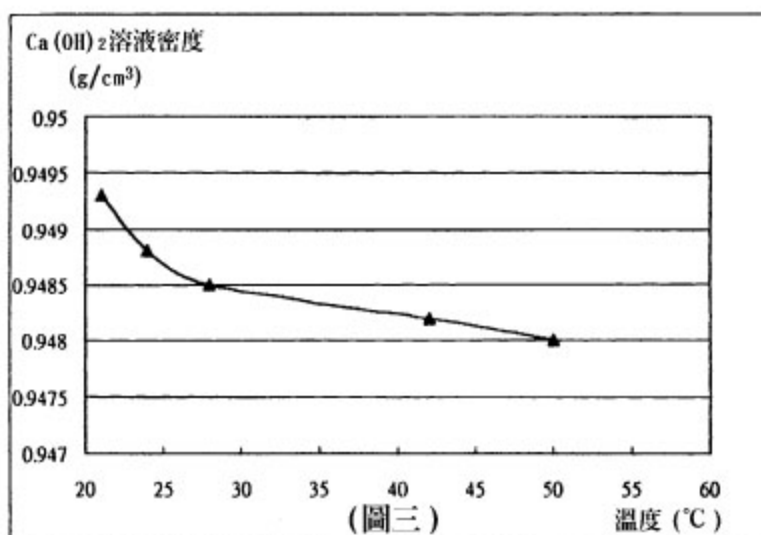


由（圖二）與圖 1—(1)比較可得知：

KNO_3 固體溶解度隨溫度上升而增加。由利用質量不同的桌球隨著溫度上升而依序上浮的結果，亦獲得相同的結論。

2. 探討 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶解度與溫度的關係：

水溫(°C)	21	24	28	42	50
浮力(gw)	28.48	28.465	28.455	28.447	28.44
密度 (g/cm ³)	0.9493	0.9488	0.9485	0.9482	0.948

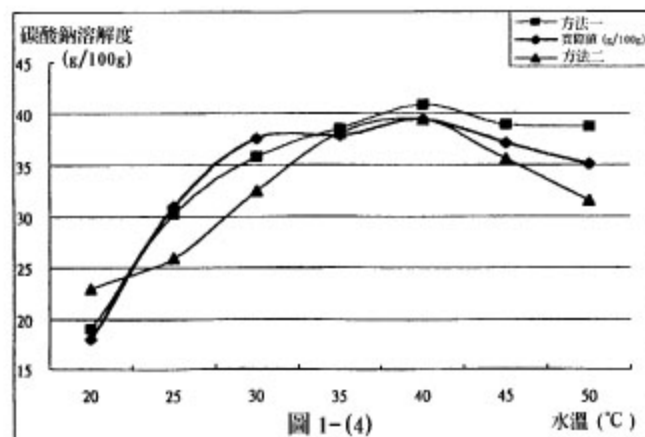
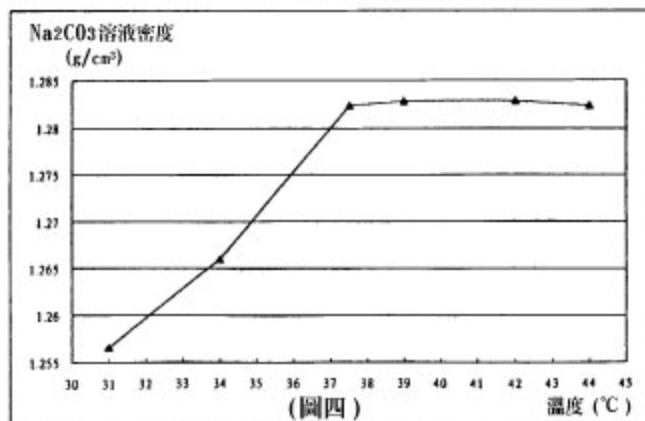


由（圖三）與圖 1—(3)比較可得知：

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固體溶解度隨溫度上升而下降。利用質量不同的桌球隨溫度上升而依序下沉的結果，亦獲得相同的結論。

3. 探討 Na_2CO_3 溶解度與溫度的關係：

水溫(°C)	31	34	37.5	39	42	44
浮力(gw)	37.7	38	28.475	28.485	28.485	28.475
密度 (g/cm ³)	1.256	1.266	0.9491	0.9495	0.9495	0.9491



由（圖四）與圖 1—(4)比較可得知：

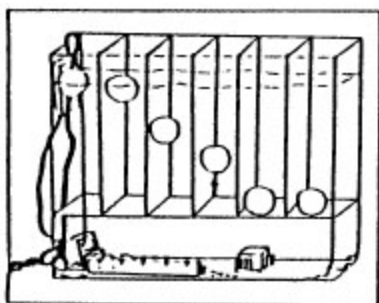
Na_2CO_3 固體溶解度在 0~40°C 之間隨溫度上升而增加，一旦超過 40°C，反而隨溫度上升而降低。由利用不同質量的桌球在溫度 0~40°C 之間隨溫度上升而依序上浮，一旦超過 40°C，桌球依序下沉，亦可獲得相同的結論。

（三）製作浮力溫度計：

溫度(°C)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
克數(g)	32.0	32.1	32.3	32.4	32.6	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5	33.7	33.8	34

溫度(°C)	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
克數(g)	34.2	34.3	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	35.1	35.2	35.3	35.35	35.4

由以上數據可製得浮力溫度計成品，如附圖：



六、討論

(一) 探討固體溶解度的測量方法：

1. 以（方法一）測固體溶解度其實驗步驟易有人為誤差的存在，特別是在過濾及烘乾步驟，常出現實驗誤差過大的實驗結果。

改進方法：必須加強實驗技巧降低人為誤差，且實驗次數不得少於三次，並將某次誤差過大的實驗結果排除不計。

2. 以（方法二）測固體溶解度可在很短時間求出溶解度的約略值，且不需肉眼判斷溶液是否已達飽和。但因需採用二分逼近法會受限於電子儀器的最小刻度，會有無法避免的誤差。

改進方法：降低光電比色計之最小刻度，以提高靈敏度；若能將光電比色計改為數位式，則此方法不僅簡便而且可以更精確。

(二) 利用桌球的浮沉探討固體溶解度與溫度的關係：

1. 優點：實驗步驟簡單又有趣，只要透過觀察桌球的浮沉，即可簡易地判斷出溶解度隨溫度的變化。

2. 缺點：因底部有固體沈澱，加熱時需不斷攪拌，否則水溶液的密度會不均勻，如此會造成實驗的誤差。

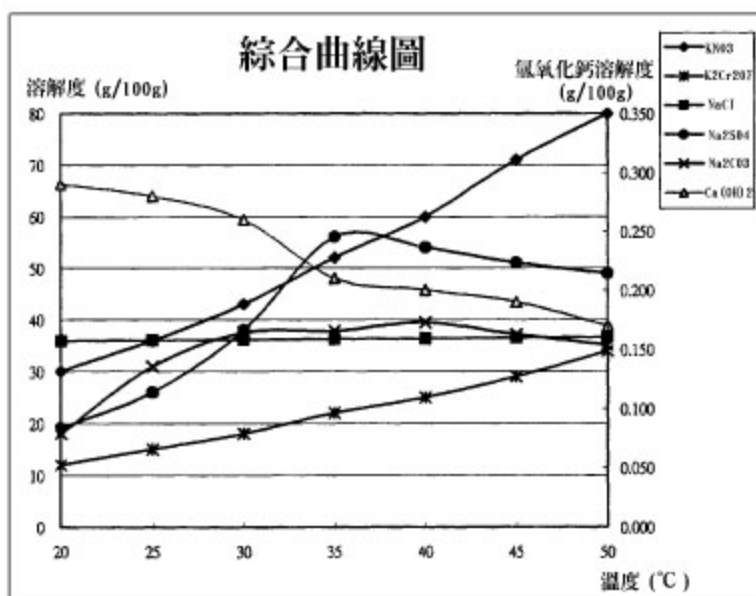
(三) 利用桌球的浮沈製作有趣的浮力溫度計：

1. 優點：此溫度計將許多國中理化課程所學應用上，如溶解度、浮力密度等，適合教學示範。另外具有趣味性，可增加同學學習理化的興趣。

2. 缺點：此浮力溫度計可測量的範圍僅限於3~80℃，其原因乃低溫時 KNO_3 溶解度變化極小，且高溫時桌球易受熱而變形所致。又此浮力溫水計之最小刻度若要增加，則桌球的數目需增加，如此會使此溫度計所佔的體積過於龐大，此乃日後需再研究改進之處。

七、結論

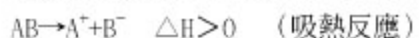
(一) 1. 由以上的實驗結果，將各固體溶解度與溫度的關係繪製一綜合曲線圖如下：



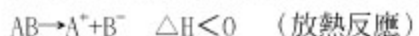
由圖可知，並非所有的固體溶解度都隨溫度上升而增加。我們將固體溶解度與溫度的關係分為三類：

- (1) 固體溶解度隨溫水上升而增加：如硝酸鉀、二鉻酸鉀及大多數的鹽類。
 - (2) 固體溶解度隨溫度上升而下降：如少數的氫氧化鈣等。
 - (3) 固體溶解度隨溫度上升而呈不規則的變化：如碳酸鈉、硫酸鈉。
2. 造成固體溶解度曲線不同的原因如下：

根據勒沙特列原理得知：若固體AB溶於水的反應如下：



則加熱時反應朝溶解方向移動，造成固體溶解度增加。



則加熱時反應朝析出方向移動，造成固體溶解度減少。

而大多數的固體溶於水的反應為吸熱反應，所以溫水上升溶解度增加；只有少數的固體溶於水的反應為放熱反應，所以溫度上升溶解度下降。

(二) 利用桌球的浮沈來判斷固體溶解度的影響及製作溫度計，此種方法既有趣又簡單，更加吸引我們學習理念的興趣。

八、參考資料

- (一) 國中理化課本(一)。
- (二) 高中化學課本(二)。
- (三) 高中化學實驗手冊(二)。
- (四) 科學研習二十七卷第八期。
- (五) 普通化學原理(常伯華 譯)。
- (六) 定量分析化學(薛立人)。
- (七) 分析化學(李俊義)。

評語

本研究旨在探討測量各種金屬鹽類固體在水中溶解度之測量方法以及溫度對固體溶解度影響，並利用溫度對固體溶解度之關係巧妙製作趣味十足之浮力溫度計。本研究成果相當豐碩，探討也相當深入，研究態度認真。在浮力溫度計製作方面研究，確有創意，此研究成果可做為國中實驗教學之參考。

