

奇妙的水平線

初小組化學科第二名

基隆市五堵國民小學

作者：劉奕政、周玉軒

指導教師：張桂蘭、郭庭清

一、研究動機

有一天，奕政上自然課的時候，聽到老師對大家說：「小朋友們，現在你們每一組的桌上，都放著一個有刻度的量筒，量筒裡裝著水，你會正確地讀出水的容量嗎？」

對自然科學一向很有興趣的奕政，自信滿滿地回答：「我會。」可是當他朝量筒水面平視時，驚訝地說：「怎麼不像海水的水平線一樣地平？而是像天空的一彎新月！」

當時雖然經過老師的解說，叫大家眼睛平視彎月型的底部，所讀出來的刻度，那就是水的真正容量。但是奕政還是似懂非懂地在下課後追問老師：「為什麼上課時觀察到的水面不像一條水平線？」老師笑著說：「你們想瞭解其中的秘密，就讓我們來共同研究吧！」

於是，這次的研究活動就因此而展開了。

二、研究問題

- (一)瞭解不同管徑的玻璃柱，水面彎月型會有變化嗎？
- (二)探討溫度會對水面的彎月型產生影響嗎？
- (三)不同濃度的水溶液，會使彎月型改變嗎？
- (四)不同的液體，在玻璃管柱中，液面會有相同的形狀嗎？
- (五)瞭解玻璃管中的水面，為何呈彎月型？
- (六)如何才能知道材質不透明的管柱，管中液面的形狀？

三、研究設備器材

- (一)器具：燒杯、量筒、放大鏡、上皿天平、攪拌器（玻璃棒）、溫度計、酒精燈、石棉網、三角架、滴管、尺、試管、試管架、藥匙、標籤紙、鐵夾、大玻璃筒、本生燈、火柴、玻璃板、毛玻璃板、壓力克板、平底磁盤、不銹鋼飯盒、照相機、底片。

(二)材料：水、酒精、食鹽、白砂糖、味精、硫酸銅晶體（含五個結晶水）、小蘇打、工研酢、雙氧水、冰醋酸、沙拉油、冰塊。

四、研究過程、結果

[問題一]瞭解不同管徑的玻璃柱，水面彎月型會有變化嗎？

- 方法：1. 取內徑各為 0.45、0.55、0.65、1.0、1.25、1.35、1.5、2.0、2.5、5.0 公分的玻璃試管，洗淨、烘乾。
2. 取室溫下的水（約 18℃），倒入上述十件容器中，並使水面高度一樣，將它們整齊地排放在試管架上。
3. 令一人拿放大鏡觀察各管內水面彎月型的變化；一人拿長尺保持觀察者的眼睛與彎月型底部呈水平；一人控制試管與長尺垂直。
4. 三位參與者須互換執行工作，每人觀察三次，以求結果更精確。

結果：（表一）

| 管內徑 (公分) | 0.45 | 0.55 | 0.65 | 1.0 | 1.25 | 1.35 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 5.0 |
|---|--------|--------|--------|--------|------|------|-----|-----|-----|------|
| 水面彎 曲程度 | 正 正 | 正 下 | 正 下 | 正 一 | 正 | 正 | 下 | 下 | 一 | (水平) |
| 備註：①以內徑 1.25 公分的水面彎曲（凹下）程度為對照標準值，用“正”表示之。若凹下程度愈大，畫記愈多；凹下程度愈小，畫記愈少。 ②若油面為水平，則不畫任何記號。 ③若液面為凸起，則以紅筆畫記，愈凸則畫記愈多。 | | | | | | | | | | |

[問題二]

- 方法：1. 取內徑為 0.55、1.0、1.25、1.5、2.5、5.0 公分的試管（每種 12 支），洗淨、烘乾。
2. 取溫度為 0、10、室溫（15~20℃）、20、30、40、50、60、70、80、90、100℃ 的水，依次放入前述六種口徑的試管中（使水面同高）。
3. 觀察同內徑的試管，加入不同溫度的水，水面凹下的形狀有何改變？（觀察方法同前不變）

結果：

(表二)

| 溫度(℃) | 0 | 10 | 室溫 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 液面彎曲程度 | | | | | | | | | | | | |
| 管內徑(公分) | | | | | | | | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 | 正 下 |
| 1.0 | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — | 正 — |
| 1.25 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 | 正 |
| 1.5 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 | 下 |
| 2.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：畫記原則同(表一)。 | | | | | | | | | | | | |

[問題三]瞭解不同濃度的水溶液，會使彎月型改變嗎？

- 方法：1. 準備內徑為 0.55、1.0、1.25、1.5、2.5、5.0 公分的試管各數支，洗淨、烘乾。
2. 將食鹽、白砂糖、小蘇打、味精、硫酸銅晶體分別與水配成不同濃度的水溶液。
3. 觀察同一物所配成的不同濃度水溶液，液面有何變化。

結果：

(表三之一) 食鹽水溶液

| 濃度 | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 飽和 |
|---------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 液面彎曲程度 | | | | | | | | |
| 管內徑(公分) | (水) | | | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 T _{##} | 正 T _{##} | 正 T _{##} | 正 T ₊ | 正 T | 正 — _{##} | 正 — _{##} |
| 1.0 | 正 — | 正 _{##} | 正 _{##} | 正 _{##} | 正 + | 正 | 正 _{##} | 正 _{##} |
| 1.25 | 正 | 正 _{##} | 正 _{##} | 正 _{##} | 正 ₊ | 正 | 正 _{##} | 正 _{##} |
| 1.5 | 下 | T _{##} | T _{##} | T _{##} | T ₊ | T | T _{##} | T _{##} |
| 2.5 | — | _{##} | _{##} | _{##} | _{##} | _{##} | _{##} | _{##} |

| | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：①畫記原則同（表一）。 | | | | | | | | |
| ②另外設計更小的畫記“+”以補充不足，便利解釋。令每五個“+”（即卅）等於一個“正”中的一筆畫。 | | | | | | | | |

（表三之二）白砂糖水溶液

| 濃度 | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 飽和 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 液面彎曲程度 | (水) | | | | | | |
| 管內徑（公分） | | | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.0 | 正 一 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.25 | 正 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.5 | 下 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 2.5 | 一 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：畫記原則同（表一）。 | | | | | | | |

（表三之三）味精水溶液

| 濃度 | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 飽和 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 液面彎曲程度 | (水) | | | | | |
| 管內徑（公分） | | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.0 | 正 一 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.25 | 正 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.5 | 下 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 2.5 | 一 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：畫記原則同（表一）。 | | | | | | |

（表三之四）硫酸銅水溶液

| 濃度 | 0% | 5% | 10% | 15% | 飽和 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 液面彎曲程度 | (水) | | | | |
| 管內徑（公分） | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.0 | 正 一 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.25 | 正 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 | 正 卅 |
| 1.5 | 下 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 2.5 | 一 | 卅 | 卅 | 卅 | 卅 |
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：畫記原則同（表一）。 | | | | | |

(表三之五) 水蘇打水溶液

| 濃度 | 0% | | | | |
|---------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 液面彎曲程度 | (水) | 4% | 8% | 12% | 飽和 |
| 管內徑 (公分) | | | | | |
| 0.55 | 正 下 | 正 T _冊 | 正 T _冊 | 正 T _冊 | 正 T ₊ |
| 1.0 | 正 — | 正 冊 | 正 冊 | 正 冊 | 正 + |
| 1.25 | 正 | 正 _冊 | 正 _冊 | 正 _冊 | 正 ₊ |
| 1.5 | 下 | T _冊 | T _冊 | T _冊 | T ₊ |
| 2.5 | — | 冊 | 冊 | 冊 | 冊 |
| 5.0 | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) | (水平) |
| 備註：畫記原則同(表一)。 | | | | | |

[問題四] 探討不同成分的液體物質在玻管中，液面形狀相同嗎？

方法：1. 取內徑為 1.0、1.25、1.5 公分的試管各六支，洗淨、烘乾。

2. 將水、雙氧水、工研酢、酒精、冰醋酸、沙拉油六樣液體物，分批裝入三種內徑不同的試管中（使液面同高）。

3. 將同管徑內含液體的試管，整齊排放在同一試管架上，觀察液面形狀是否相同。（觀察方法同前）

結果：

(表四)

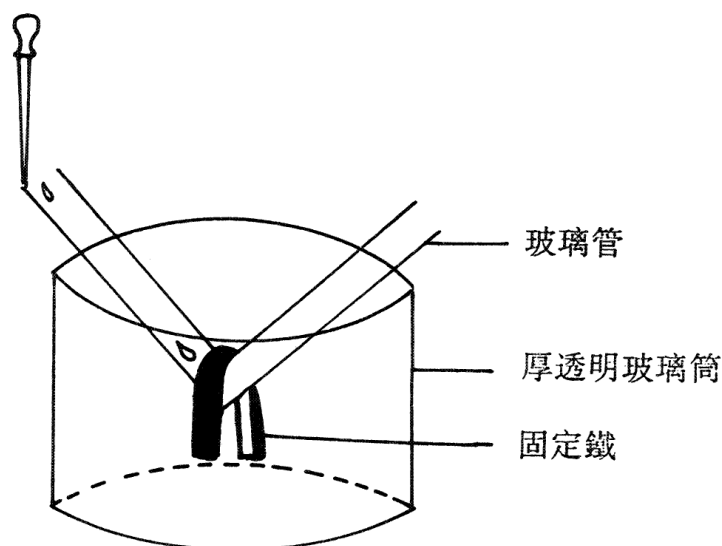
| 液體物名稱 | | | | | | | |
|--|--------|----------------|-----|----------------|-----|-----|--------|
| 液面彎曲程度 | 水 | 雙氧水 | 工研酢 | 酒精 | 冰醋酸 | 沙拉油 | 水銀 |
| 管內徑 (公分) | | | | | | | |
| 1.0 | 正 — | 正 | 正 | 下 | T | — | 正 — |
| 1.25 | 正 | 正 _冊 | 下 | T | — | 冊 | 正 |
| 1.5 | 下 | T _冊 | T | — _冊 | 冊 | + | 下 |
| 備註：①畫記原則同(表三之一)。 ②水銀有劇毒，故以觀察寒暑表和閱讀有關書籍、資料、圖片推測畫記多寡。但以“紅”色畫記表示水銀在玻管中液面為“凸出”(非凹下)是絕對真實可信。 | | | | | | | |

[問題五]瞭解玻璃管中，水面為何呈彎月型？

方法：1. ㄅ、取前後流通的玻璃管柱數支（內徑=0.55公分，長度=40公分），洗淨、烘乾。

ㄆ、用本生燈在玻管正中央處加熱，將管彎曲成90°。

ㄏ、如（圖一）所示，製作簡易測量設備。



（圖一）

ㄏ、選擇擠出量很相近的試管六支，洗淨、烘乾。

ㄏ、將六支試管由預定的人吸出同量的六種液體（水、雙氧水、工研酢、酒精、冰醋酸、沙拉油），以同力道擠出一滴液滴，使之流入彎曲玻璃管中。

ㄏ、觀察六種不同液滴流下管柱的情形，並測量速度。

結果：（表五之一）

| 液體物名稱 | 水 | 雙氧水 | 工研酢 | 酒精 | 冰醋酸 | 沙拉油 | 水銀 |
|----------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 流下時間 | 20 秒 | 30 秒 | 60 秒 | 80 秒 | 3 分鐘 | 8 分鐘 | 小於 20 秒 |
| 速度（公分／秒） | 1 | 2/3 | 1/3 | 1/4 | 1/9 | 1/24 | 大於 1公分／秒 |
| 附著管壁 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 無 |

備註：① $\frac{\text{液滴流經距離}}{\text{液滴流經時間}} = \text{速度}$

②六種液滴流下時，都拖了一條長長的尾巴，表示有部分液滴附著於管壁。

方法：2. ㄅ、取一光滑平面玻璃板，選擇恰當滴管，將滴管吸水距玻璃板正上方三公分處，垂直滴下 10 滴以上，選取板上適當液滴（捨去誤差大的），求其直徑平均值。

ㄆ、將雙氧水、工研酢、酒精、冰醋酸、沙拉油等同上個步驟，分別測出滴在玻璃板上的液滴直徑。

ㄏ、我們發現：酒精、冰醋酸在滴下玻璃板十秒內，擴散很開並揮發在空氣中，而工研酢亦有擴散特性，故此三種液滴之測量不列入結果表中。

結果：（表五之二）

| 藥材名稱 | 水 | 雙氧水 | 沙拉油 |
|---------------------------------------|--------|---------|--------|
| 液滴直徑 | 1.5 公分 | 1.35 公分 | 0.7 公分 |
| 由表中可知水被玻板拉得最開，即最易被玻璃吸附，其次是雙氧水，最後是沙拉油。 | | | |

[問題六]

方法：1. 延續問題五、方法 2 的做法，以毛玻璃、磁器、壓克力、不銹鋼板來取代玻璃板，測各種液滴滴在板上直徑。

2. 我們發現：毛玻璃板上液滴都有擴散現象，不易測其直徑，故不將此實驗結果列入表中。

結果：（表六）

| 板材 | 玻璃板 | 磁器板 | 壓克力板 | 不銹鋼板 |
|---|---------|--------|--------|---------|
| 板面液滴直徑 | | | | |
| 藥材 | | | | |
| 水 | 1.5 公分 | 1.3 公分 | 0.8 公分 | 0.6 公分 |
| 雙氧水 | 1.35 公分 | 1.2 公分 | 0.7 公分 | 0.58 公分 |
| 沙拉油 | 0.7 公分 | 0.7 公分 | 0.6 公分 | 0.55 公分 |
| 由表中得知各板材中的液滴直徑恰好是依照水、雙氧水、沙拉油遞減。又沙拉油在玻璃與磁器板上直徑很相近；而不銹鋼板上之各種液滴之直徑差距都很小。 | | | | |

3. 根據（表六）的結果，我們推測，若將水、雙氧水、沙拉油分別裝入同管徑的磁器管、壓克力管、不銹鋼管，其液面形狀，會有如下

可能：

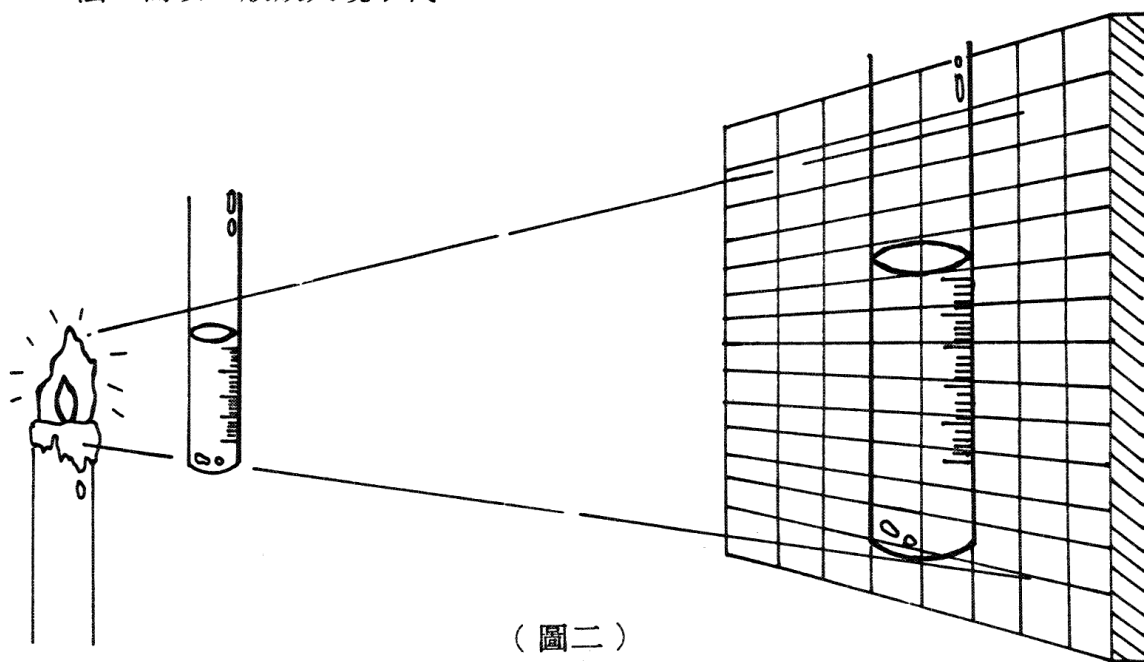
預測：

| 管材 | 玻璃板 | 磁器板 | 壓克力板 | 不銹鋼板 |
|--------|-----|-----|---------|------|
| 液面彎曲程度 | | | | |
| 藥材 | | | | |
| 水 | 正 | 正 | — ++ | ++ |
| 雙氧水 | 正 | 下 | — | ++ |
| 沙拉油 | — | — | ++ | ++ |

備註：設管內徑為 1.25 公分，且畫記原則同前。
 由本表可知管內液面向下彎曲的程度是：玻璃管 > 磁器管 > 壓克力管 > 不銹鋼管。

五、討論

(一)本次實驗所使用的科學方法，最重要的是“觀察”，觀察的精確與否，關係著研究的成敗。我們原先設計將所觀察的現象在暗室以光源照射，放大於事先畫好座標方格的壁報紙（如圖二）。我們試過以蠟燭、手電筒作光源，試管放於壁報紙、光源間，調整適當距離（試管較近光源），使試管呈像清楚地出現於壁報紙。但發現試管呈像清楚放大，而管中液面模糊不清，故放棄此法，而以一般放大鏡取代。



(二)因無法將要觀察的現象清楚地放大很多倍，所以在觀察時我們儘量控制影響結果的變因，如：增加觀察次數，保持眼睛平視水面，控制試管垂直直立，三人參與觀看……等。

- (三)試管、滴管等物一定洗淨、烘乾，也是控制變因的方法之一。
- (四)玻璃管的厚度及內徑均勻與否，也是變因之一。因此我們在使用前都仔細篩選過。
- (五)硫酸銅晶體內含結晶水，在配成某濃度水溶液時，須將此列入計算。
- (六)我們所使用的藥品、材料，以就近取得為主，故若以其他來源的做研究，結果或許會有些差異。
- (七)、表中自行設定的畫記，主要在“比較”表格中橫向的變化，較不具“絕對”的意義，若能有一套精確的儀器，以數據表示出液面的形狀，才能表示液面彎曲程度的絕對值。
- (八)在問題五、問題六的實驗中，我們發現滴管與板面一定要垂直控制在所設定的三公分處，否則會造成很大的誤差，這也就是為什麼我們要滴十滴以上的液滴，捨去誤差大的，將所選用的液滴取直徑平均值的原因。

六、結論

- (一)由(表一)的結果得知：玻璃管內徑愈小，水面彎月型愈向下凹；反之，若內徑愈大，水面愈接近水平。這是因為靠近玻璃壁的水，感受到玻璃的吸附力量較大，使得口徑愈大的玻璃管的水面愈接近水平。(因中央的水感受到的吸力小)
- (二)由(表二)的結果得知：溫度對玻璃管內水面的彎月型影響非常小，肉眼觀察不出有何變化。(因玻管中水的溫度改變，也使玻管溫度跟著改變。
- (三)由(表三之一)、(表三之二)、(表三之三)、(表三之四)、(表三之五)的結果得知：一般(非所有)會溶於水的固體物質加入水中，會使水面凹下的彎月型會有變平的趨勢。(因加入物改變了原先物質間力的平衡。
- (四)由(表四)、(表五之一)、(表五之二)結果，揭開了本次研究的神秘面紗。在自然界裡，當液體和固體相接觸的時候，產生了兩種力：①液體～固體間的附著力。②液體本身的內聚力。兩種力之間的平衡，總不外乎兩種可能：一種是液體和固體間互相吸引的力，比液體自己相互吸引的力要大一些(如表四，管中液面凹下之例)；另一種則是液體和固體相互之間的吸引力，比液體自己相互吸引的力要小一些(如表四，管中凸出之水銀)。一滴水落在紙上很快就滲開，而落在荷葉上卻立刻縮成一粒明珠，就是這個緣故。
- (五)由問題六的探討得到的結果，我們可以使自己的眼睛像 X 光一樣，穿過不透明的管柱，瞭解管中液面形狀，這就是科學的理論研究延伸到實際應用的最終目的，也是最佳表現。

七、參考資料

- (一)中山自然科學大辭典 台灣商務印書局
- (二)幼獅少年百科全書 幼獅文化事業公司
- (三)科學常識百科 雪山圖書有限公司
- (四)國民小學自然課本第五冊 國立編譯館。

評語

作者對毛細管現象，液相與玻璃管壁之間的相互作用，都能對答如流，頗能掌握其中道理。