

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030101

翻滾吧!水孩子

學校名稱：屏東縣立中正國民中學

作者：	指導老師：
國二 舒俞寧	王相川
國二 林昀儒	蔡東谷
國二 宋佳瑜	

關鍵詞：熱對流、熱平衡

摘要

水與人息息相關，當然到處也都有水的蹤跡，但是經過搜集，我們發現水的性質十分特別。本研究的目的就是在測試不同的溫度下，水的流動情形。實驗結果發現：水在大於 4°C 的溫度下，溫度越高，密度越小，因此水會上升；水在小於 4°C 的溫度下，溫度越低，密度越小，因此水會往上升；而水等於 4°C 時，密度呈現最大的狀態，因此水會下沉。我們又發現若兩邊水槽裡溫度都是大於 4°C 的水，而右邊水槽的水溫大於左邊水槽的水溫下，水的流動方向則會呈現逆時針狀態；如果兩邊水槽裡溫度都是小於的水，而右邊水槽的水溫又大於左邊水槽的水溫下，水的流動方向則會呈現順時針狀態。而如果一邊水槽的水溫度低於 4°C ，一邊水槽的水溫度高於 4°C ，水則會呈現雙向的狀態。經過這次實驗，讓我對水的認知更廣博，而且也讓我們清楚的記下水的流動，永遠不會忘記。

壹、研究動機

國中八年級，我們剛接觸到理化這一科，所以老師就先介紹這一學期的課程內容，其中「水和空氣－生活的要素」讓我們感到很有興趣，因為人們的日常生活中與水息息相關，我們更不能沒有水，所以我們就立刻回家查詢有關水的資料，結果發現水非常的特別，它的密度、體積，都與其它物質不大一樣，有屬於自己的特性，這些資料讓充滿好奇心的我們，感到興致勃勃，那麼就讓我們自己去揭發它的神祕面紗吧！

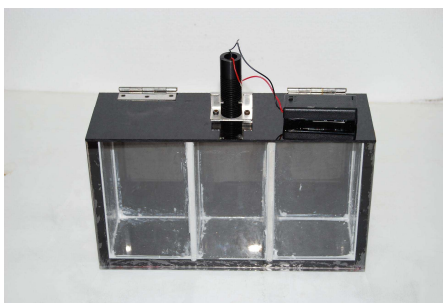
貳、研究目的

本研究的目的是利用溫度的差異，去測試水在不同溫度下的流動並觀察記錄隨時間變化， 4°C 水流動情形。

叁、研究設備及器材

本研究所使用之研究器具如下

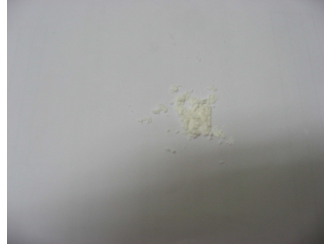
1. 水箱



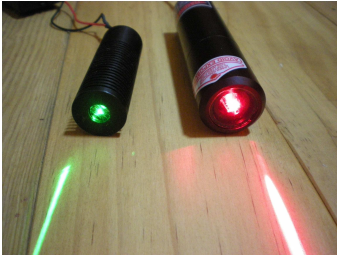
2. 燒杯



3. 追蹤粉



4. 雷射槍（綠光和紅光）



5. 水



6. 溫度計



7. 紙



9. 冰塊



10. 保麗龍板

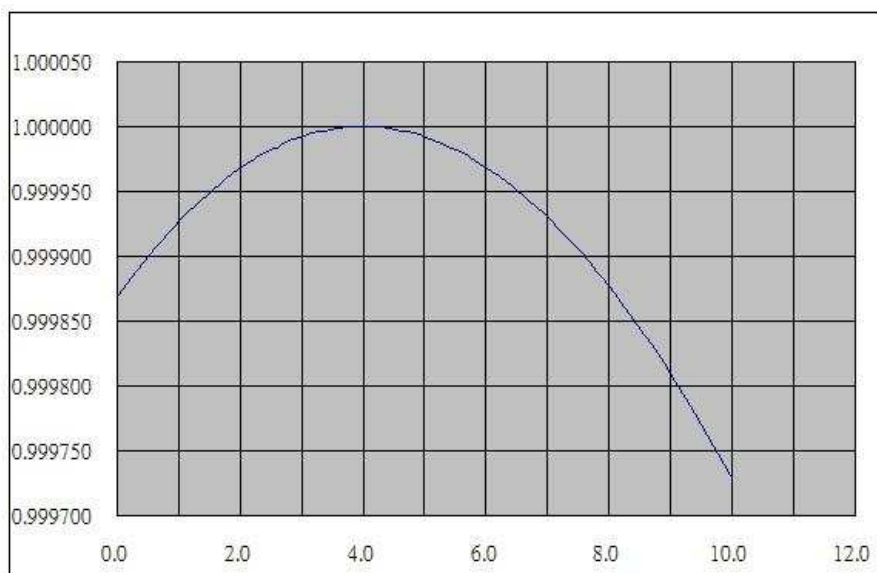


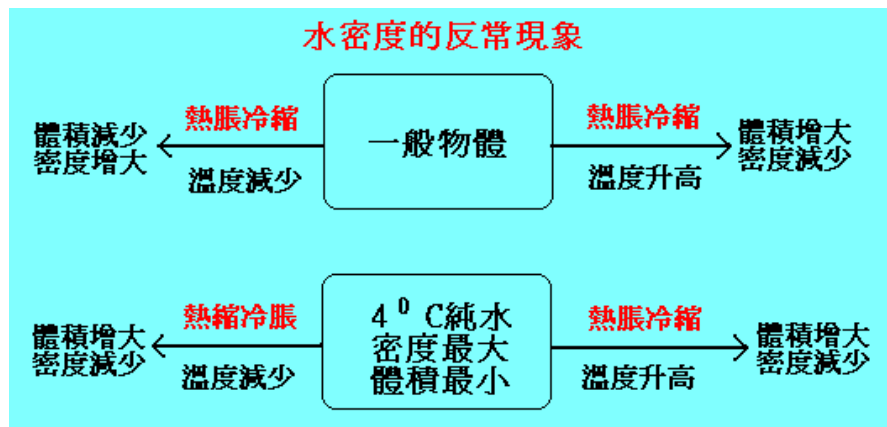
11. 上皿天平



肆、文獻探討

在自然界裡面，許多現象是無法解釋，因此我們把它們叫做『物性』，也就是物質的一種固有性質。物質的熱脹冷縮是一種普遍的原則，但是卻有一個例外：在水分子中，氫原子略帶正電，氧原子略帶負電，因此，一個水分子中的氧原子，會吸引其他水分子中的氫原子，而形成一種鍵結，叫做『氫鍵』。這種氫鍵使水分子靠攏在一起，而水分子之間的距離，會因溫度的變化而改變。剛好在 4°C 時，水分子之間達到一個最緊密的狀態，所以，密度在 4°C 時會最大。



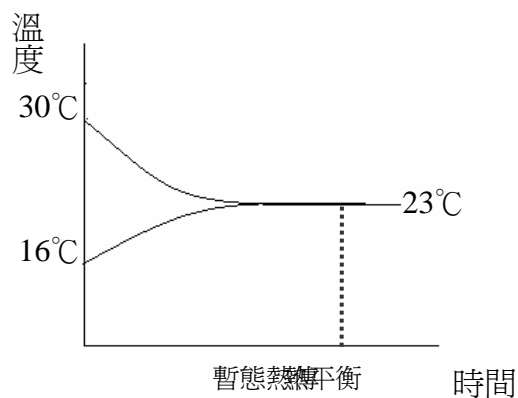


伍、研究流程

- 一、討論不同物質的密度與特性。結果發現：水的密度、體積，都與其它物質不大一樣，皆有屬於自己的特性，於是大家就分頭尋找有關水的資料。
- 二、根據所蒐集的資料，進行討論，找出哪些因素（變因）會影響水的流動。
- 三、接著動手做實驗，觀察水在各種溫度下如何流動
- 四、提出結論與建議。

陸、名詞釋義

- 一、暫態熱傳觀測法：不同溫度的兩物體接觸後，熱量從高溫者流向低溫者，溫度隨時間的改變的過程，稱為暫態熱傳。
- 二、熱平衡：不同溫度的兩物體接觸後，熱量從高溫者流向低溫者，最後當兩物溫度一樣時，將不再有熱量的流動，此時兩物體也可稱作達到熱平衡狀態，如圖（一）所示。



圖(一)

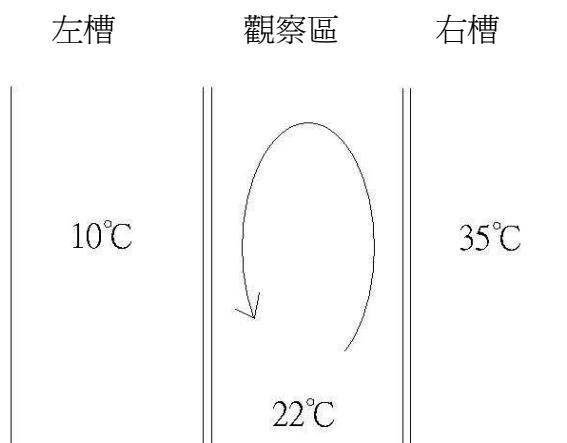
柒、實驗過程和結果

【實驗一】35°C的熱水和 10°C的水熱平衡過程中水流動軌跡觀察

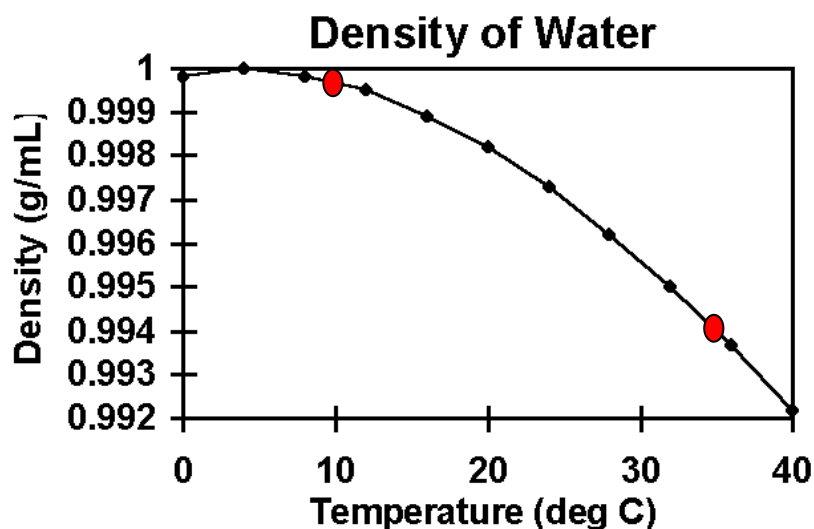
步驟：

- (一) 先調好 35°C 的水溫和 10°C 的水溫各 500 cc，分別倒入左右兩邊的水槽。
- (二) 利用熱平衡的公式，算出觀察區應倒入的水溫。
- (三) 靜置一分鐘後，將少許追蹤粉加入觀察區中，使觀察時，能更清楚看到水的流動。
- (四) 用雷射光照入水中，觀看水流動

結果：



圖（二）

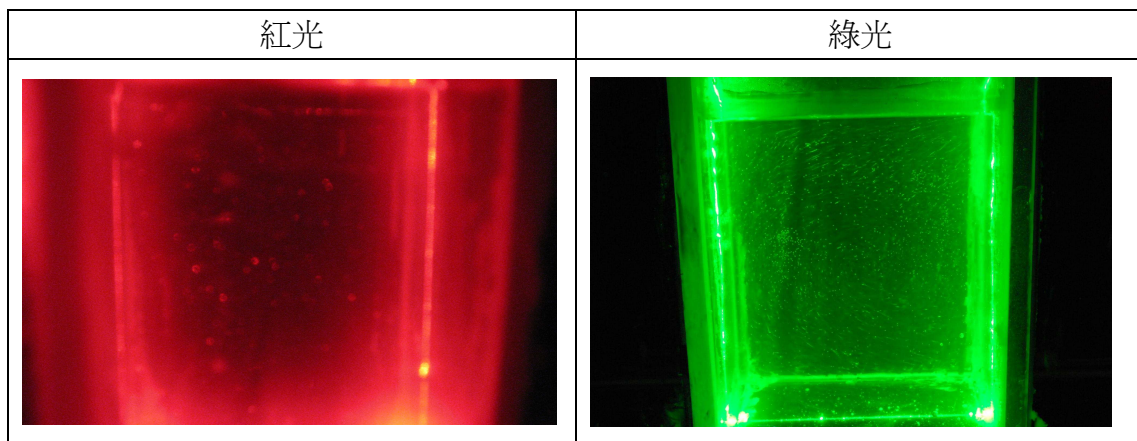


圖（三）

發現：在觀察水的流動方向時，發現在靠近右邊 35°C 的水槽隔板附近的水區，水會往上流動後轉彎，沿著水平面流動到達左邊 10°C 的水槽隔板，開始往下流動，流動的示意圖如圖（二）。

討論：如圖（三）的密度對溫度變化曲線分布看出 35°C 的密度比較輕、10°C 的密度比較重，所以水在 35°C 附近比較輕就往上浮在 10°C 附近會比較重最後導致逆時鐘的流動方向。

改進：我們使用紅色雷射槍協助觀察時，拍照的效果會模糊不清，而改用綠色的雷射槍協助觀察時，拍照的效果極為清晰，如圖（四）。



圖（四）

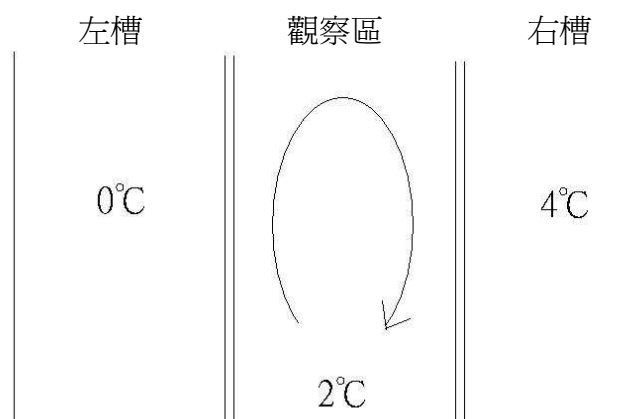
討論：因為紅光會使底片曝光，導致拍攝效果極差，而綠光並不會，所以後面的實驗我們改採用綠色的雷射槍協助觀察。

【實驗二】4℃的水和0℃的水熱平衡過程中水流動軌跡觀察

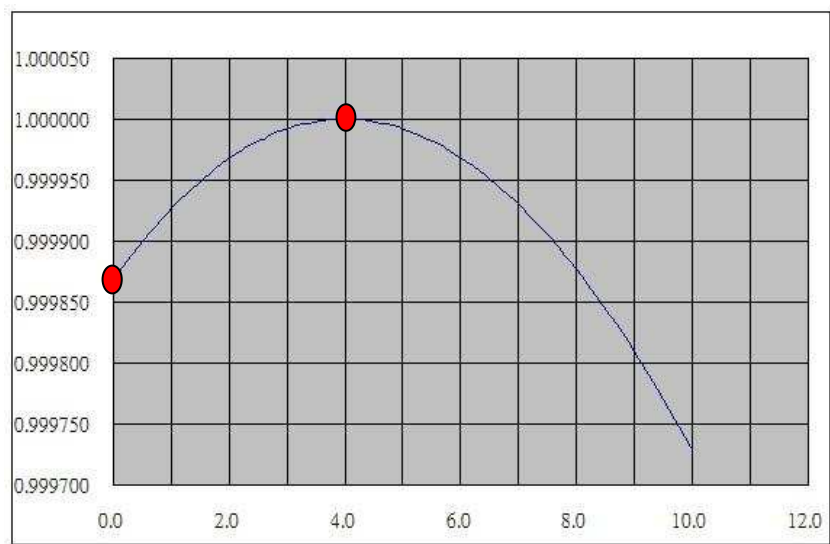
步驟：

- （一）先調好 4℃ 的水溫和 0℃ 的水溫各 500 cc，再分別倒入左右兩邊的水槽。
- （二）利用熱平衡的公式，算出觀察區應倒入的水溫。
- （三）靜置一分鐘後，將少許追蹤粉加入觀察區中，使觀察時，能更清楚看到水流動。
- （四）用雷射光照入水中，觀看水流動。

結果：



圖（五）



圖（六）

發現：在觀察水的流動方向上，發現在靠近左邊 0°C 的水槽隔板附近的水區，水會往上流動後轉彎，沿著水平面流動到達右邊 4°C 的水槽隔板，開始往下流動，流動的示意圖如圖（五）。

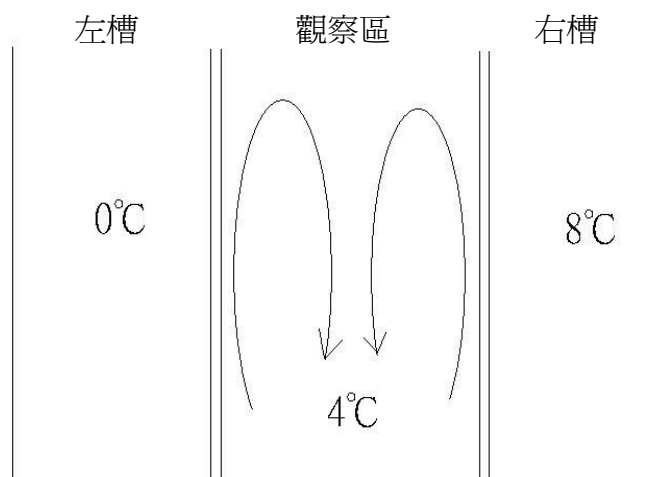
討論：如圖（六）的密度對溫度變化曲線分布看出 0°C 的密度比較輕、 4°C 的密度比較重，所以水在 0°C 附近比較輕就往上浮在 4°C 附近會比較重最後導致順時鐘的流動方向。

【實驗三】 0°C 的水和 8°C 的水熱平衡過程中水流動軌跡觀察

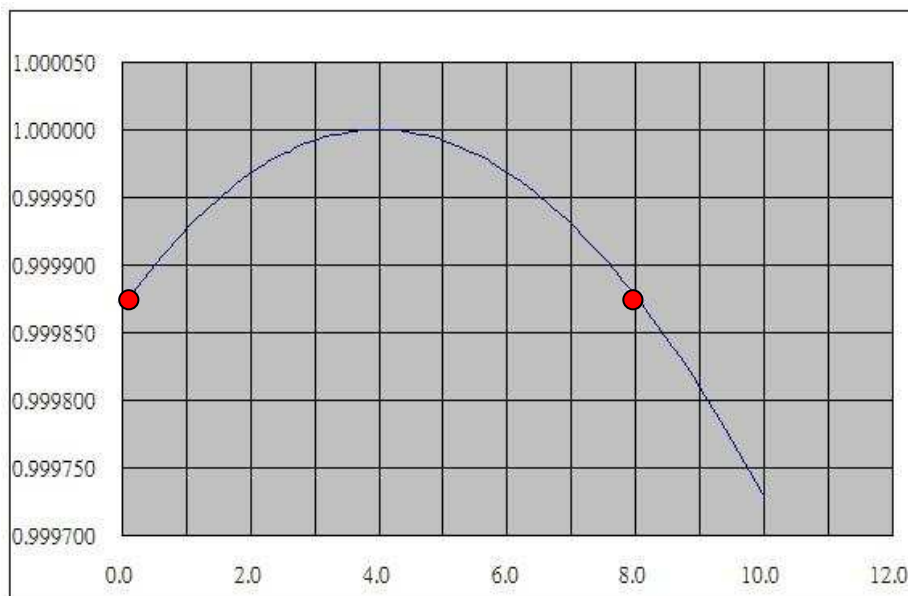
步驟：

- （一）先調好 0°C 的水溫和 8°C 的水溫各 500 cc，再分別倒入左右兩邊的水槽。
- （二）利用熱平衡的公式，算出觀察區應倒入的水溫。
- （三）靜置一分鐘後，將少許追蹤粉加入觀察區中，使觀察時，能更清楚看到水流動。
- （四）用雷射光照入水中，觀看水流動

結果：



圖（七）



圖（八）

發現：在觀察水的流動方向上，發現在靠近右邊 8°C 的水槽隔板附近的水區，水會往上流動後向左轉彎，接著到達中央時，會往下流動，而靠近左邊 0°C 的水槽隔板附近的水區，則是往上流動後向右轉彎，同樣到達中央時，往下流動，流動的示意圖如圖（七）。

討論：如圖（八）的密度對溫度變化曲線分布看出 8°C 的密度和 0°C 的密度幾乎相等，所以水在 8°C 附近和在 0°C 附近，皆會往上浮，而到了中間時，水會比較重而向下沉，因此較靠近 0°C 的水域，會導致順時鐘的流動方向，而比較靠近 8°C 的水域，會導致逆時鐘的流動方向。

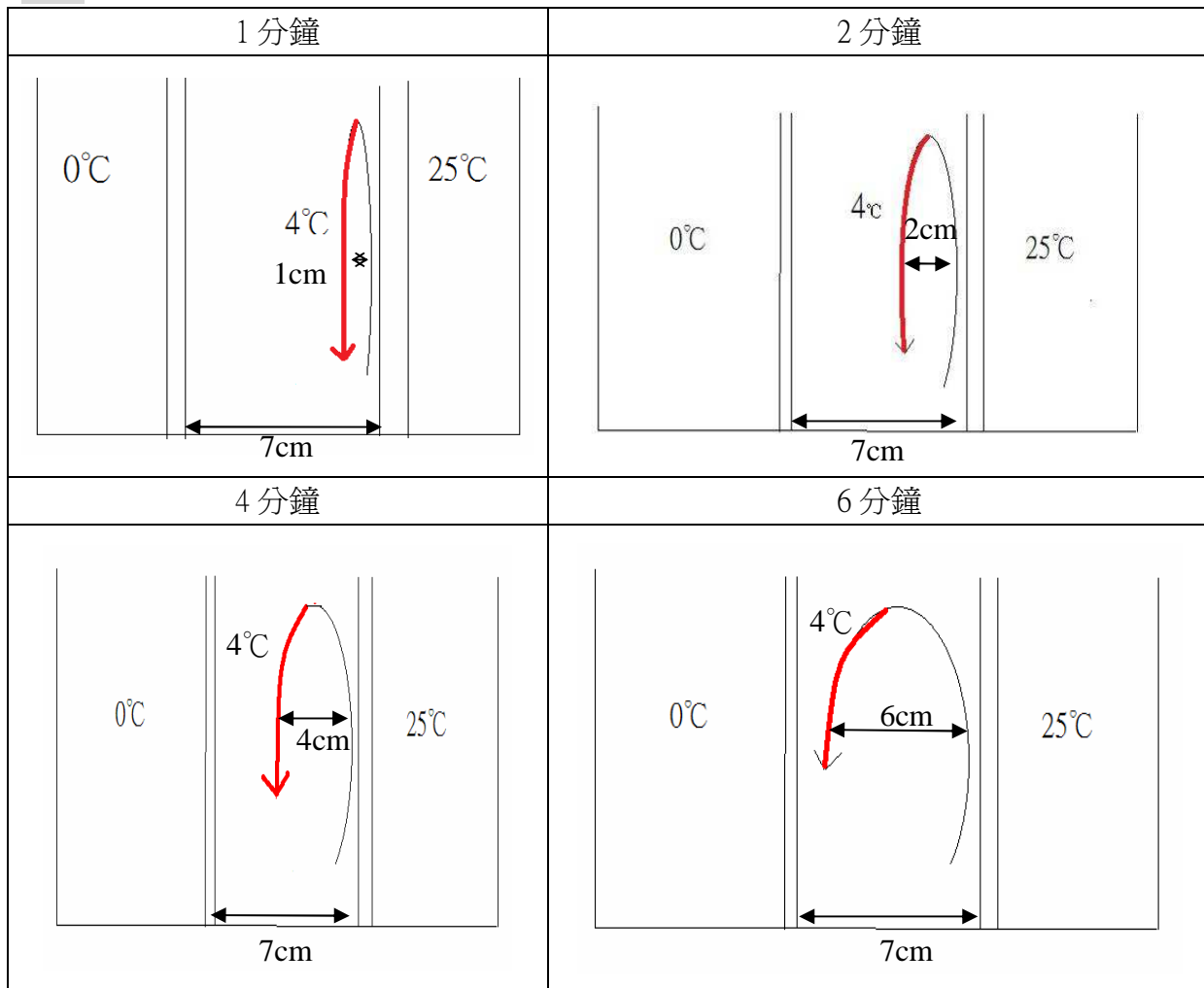
【實驗四】暫態傳熱實驗(1)：在不同的時間下， 4°C 水的流動軌跡觀察

由於【實驗三】中，觀察區中的水溫 4°C，恰為左槽(0°C)和右槽(8°C)的均溫。導致兩邊產生兩個勢力相當的順時鐘與逆時鐘流動。對此，我們將右槽溫度加高，選定實驗的水溫(25°C)，方便實驗操作，觀察是否會有不同結果的呈現。

步驟：

- （一）先調好 0°C 和 25°C 的水溫各 500 cc，再分別倒入左右兩個水槽。
- （二）中間水槽倒入 4°C 的水，接著加入 200 毫克的追蹤粉，使觀察時，能更清楚看到水流動。
- （三）靜置一分鐘後，用雷射光照入水中，進行第一次的觀測。
- （四）再過一分鐘，進行第二次的觀測。
- （五）再過兩分鐘，進行第三次的觀測。
- （六）再過四分鐘，進行第四次的觀測。
- （七）再過六分鐘，進行最後一次的觀測。

結果：



圖（九）

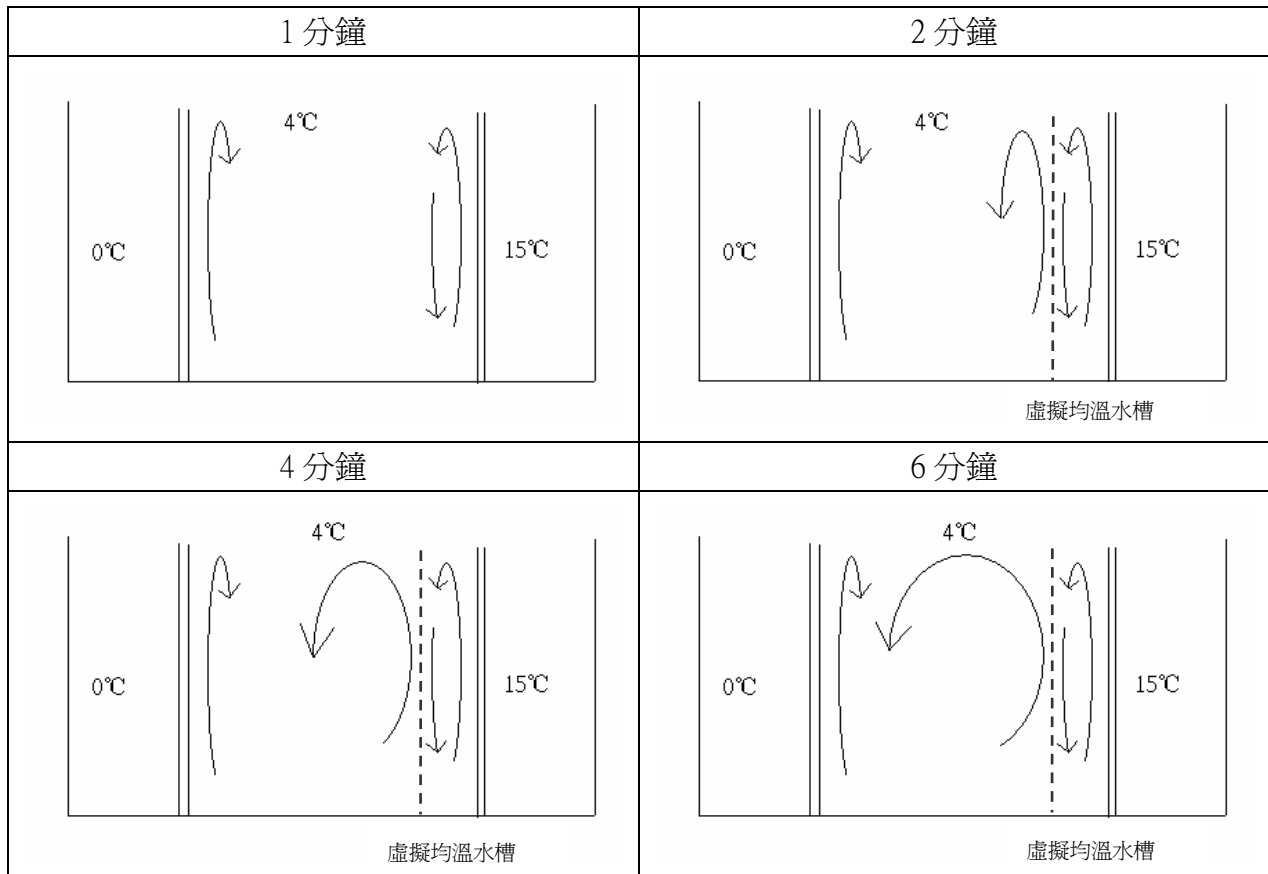
發現：觀察水的流動方向，發現靜置的時間越短，流動的範圍越小，時間越長，範圍則越大，而且又發現靜置的時間與流動的大小成正比。

討論：在圖（九）中紅色的流線代表 4°C 水流動的位置、方向和範圍，所以 4°C 水的流動，會隨著時間的增加而愈往左邊移動，證明了暫態熱傳的現象，也說明熱傳是由高溫往低溫移動，加上右槽水溫 25°C ，左槽僅有 0°C ，因此也符合我們當初開始的假設，右槽與觀察區的溫差較大，故可加大水逆時鐘流動的勢力，並使水順時鐘流動方向無法明顯呈現。

【實驗五】暫態傳熱實驗(2)：在不同的時間下， 4°C 水的流動軌跡觀察

我們觀察出上述結果後，再度引發另一個想法：如果左槽與觀察區溫差，和右槽與觀察區溫差差距縮小，是否仍有與【實驗四】相同結果。因此我們將右槽水溫選定為 15°C 。此溫度選定為【實驗三】右槽的 8°C 與當時實驗時的室溫 22°C 之平均溫度。

步驟：同【實驗四】，但右槽水溫改為 15°C 。



圖（十）

發現：圖（十）中我們發現靜置 1 分鐘時，出現了左右兩道水流，且左邊水流較為緩慢。靜置 2 分鐘後，在觀察區中發現第三道水流，而時間越長，第三道水流的範圍就會越來越大，同樣出現暫態熱傳現象。

討論：我們推論：靜置一分鐘時，觀察區左右兩邊，各產生一道水流，但右邊熱對流明顯。持續熱對流下，如同在此範圍形成一道虛擬的均溫水槽，溫度介於 $4^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之間，爾後又出現第三道水流，再度出現暫態熱傳的現象。

捌、結論與建議

一、結論

- (一) 水在高於 4°C 的溫度下，溫度越高，密度越小，所以水會往上流動。
- (二) 水在低於 4°C 的溫度下，溫度越低，密度越小，水亦是往上流動。
- (三) 水等於 4°C 時，密度呈現最大的狀態，所以，水是往下流動。
- (四) 爲了讓實驗更精準、容易觀察到水的流動，我們在實驗時加入追蹤粉，因爲追蹤粉的密度與水的密度相近，因此能在水中產生懸浮效果，可協助我們觀察。
- (五) 如果左右水槽溫度都是高於 4°C 的水，而右槽的水溫又大於左槽的水溫，水的流動方向呈現逆時鐘狀態。
- (六) 如果左右兩槽溫度都是低於 4°C 的水，而右槽的水溫又大於左槽的水溫，水的流動方向呈現順時鐘狀態。
- (七) 如果左槽水溫爲 0°C ，右槽水溫爲 8°C ，觀察區爲 4°C 而水則會呈現雙向的狀態。
- (八) 暫態傳熱實驗中，當左槽水溫爲 0°C ，右槽水溫爲 25°C ，觀察區水溫爲 4°C 。水的流動方向呈現逆時鐘狀態。靜置的時間越短，流動的範圍越小，時間越長，範圍則越大。
- (九) 暫態傳熱實驗中，當左槽水溫爲 0°C ，右槽水溫爲 15°C ，觀察區的水溫爲 4°C 。觀察區左右兩邊，各產生一道水流，但右邊熱對流明顯，靜置 2 分鐘後第三道水流出現且爲逆時鐘，流動範圍亦隨時間而加大。

二、建議

- (一) 因爲實驗中，必須使用到低溫度的水，但是與外界的溫度差太多，而冷空氣碰到熱空氣就會產生水霧，導致在觀察時，要一直擦拭塑膠板，將水霧擦掉，所以我們在水箱觀察面上塗上奈米水溶液 (GF744)，以減少霧氣附著在觀察面上。
- (二) 因爲白天時外界的亮度太大，即使放入追蹤粉及使用雷射光，仍然無法清楚的看見水的流動情形，因此我們做一個暗箱，以擋住外界的光，這樣即使是在大白天做實驗，也能清楚的觀察水的流動。
- (三) 我們建議應該要在水箱的外圍，用厚的保麗龍板包圍住，以避免外界溫度的干擾。因我們的雷射光線使用爲二維空間光線，故盡量使觀察水流的位置接近觀察區中央位置，亦可減少外界溫度干擾觀察結果。

玖、研究心得

這次的研究讓我們更了解水是如何流動，還知道了水在不同溫度下，其密度的變化，對水流的影響，更做了許多有趣的實驗。讓原本對水特性不太了解的我們，終於有了進一步的了解。雖然在實驗過程中，遇到許多的困難，像是實驗失敗、不知如何解釋實驗結果等，但是在老師的鼓勵和同學們努力合作下，我們終於一一克服難關，順利完成這項困難的實驗，並且讓我們學到如何做實驗、如何寫實驗報告的能力，對於以後的學習，有極大的幫助。

另外我們藉著這個實驗，不僅驗證了課本上所寫的內容，還解開了我們心中的疑惑，更讓我們能夠清楚及永久的記下水的流動方式。也因為此實驗，讓我想起水對人類生活的重要性，所以，我們要節約用水，不要浪費水資源，愛惜美麗的地球之母。

拾、參考資料

- 一、河馬教授的網站。民 99 年 2 月 27 日，取自：
<http://hippo.bse.ntu.edu.tw/~wenlian/t-water/twA/twA-1.htm>。
- 二、科學小芽子，<http://www.bud.org.tw/answer/9904/990407.htm>。
- 三、The Sextant，<http://www.marietta.edu/~mcshaffd/aquatic/sextant/physics.htm>。
- 四、國民中學自然與生活科技第三冊，修訂四版，翰林出版社，p32-38，p112-119，民國 98 年。

【評語】 030101

- 1.以三個不同的溫度之水箱觀察水的對流現象，以微小粒子輔以雷射光，粒子的運動可以顯示流體的對流現象。對幫助學生瞭解對流現象有教育功效。
- 2.實驗的光源及顆粒設計，使粒子的運動不易由肉眼觀察，為可待改進的地方。