

作品名稱：小鳥飲水器的狂想曲-大氣壓力及浮力原理之設計及其應用

高小組 應用科學科 第一名

縣市：高雄市

作者： 陳郁庭、王業翔

吳勃誼、蔡怡君

校名：高雄市三民區愛國國民小學

指導教師： 葉安琦

關鍵詞：大氣壓力、浮力、補給量



一、 研究動機：

家裡有一隻小鳥，每一天我都會去餵食，有一次家裡要外出旅遊，擔心小鳥沒人餵食。於是爸爸又重買一個小鳥飲水器，把玩小鳥飲水器，我很好奇，為什麼水可以源源不絕的流出，而不會溢出，查閱百科全書，卻只有寫著「大氣壓力」四個字。於是在老師的指導下進行研究，並且在研究的過程中，我又有了其他的想法，並設計改良了一個自動補給器。

二、研究目的：

- (一) 了解小鳥的飲水器的設計原理。
- (二) 設計製作一個可以讓裡面的液體不會一次流光，並自動控制用量的用具。

三、 研究問題：

- (一) 影響小鳥飲水器中飲水槽液面高低的變因為何？
- (二) 為什麼小鳥飲水器中水罐的水不會一次流光？飲水槽的水為何可以保持一定高度？
- (三) 如何改進小鳥飲水器，構想定量補充器？
- (四) 如何設計完成一個自動補給器？

四、 研究器材：小鳥飲水器、寶特瓶、鑽孔器、尺、大水罐、膠帶、剪刀、鐵絲、釣魚線、筆

五、 研究過程：

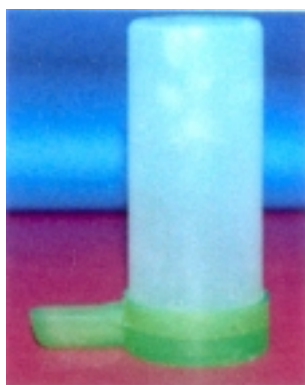
初步研究：觀察小鳥飲水器的構造包含了水罐和盛水盤，盛水盤處有一個開口的飲水槽。離水罐表面開口處 1.1 公分處有一凸緣，當水罐和盛水盤接合時，水罐中的凸緣便頂住了盛水盤，造成了飲水槽後端出現了一個水閘，如圖(一)及照片(一)。

研究(一)：影響小鳥飲水器中飲水槽液面高低的變因為何？

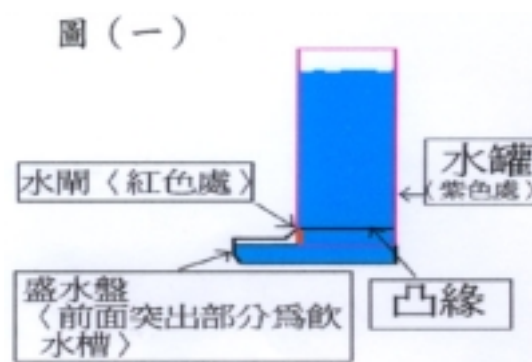
實驗 1：水罐的液面高度對飲水槽液面高低有何影響？

方法：改變水罐的液面高度，將其倒放進入盛水盤中，觀察其對飲水槽的液面高低有何影響？

結果：



照片一



水罐中水的高度	13 公分	10 公分	7 公分	4 公分
飲水槽液面高度	1.2 公分	1.2 公分	1.2 公分	1.2 公分

發現：飲水槽液面的液面高度與水罐的液面高度無關。

實驗 2：水罐的長短對飲水槽的液面高低有何影響？

方法：製作半徑相同，長短不同的水罐，倒放入盛水盤中，並使水罐中的水維持一定高度，觀察水罐的長短對飲水槽液面高低有何影響？

結果：

水罐長度	4 公分	7.5 公分	12 公分	16 公分	20 公分
飲水槽液面高度	0.9 公分	0.8 公分	0.9 公分	0.9 公分	0.9 公分

發現：水罐長度不影響飲水槽液面高度。

實驗 3：水閘的高低位置對小鳥飲水槽的液面高低有何影響？

方法：先將水罐凸緣磨除後，水罐裝滿水，倒放進入盛水盤中，利用調整水罐深入盛水盤的深度，來改變水閘的高度，觀察對飲水槽液面高低有何影響？

結果：

水罐深入盛水盤的深度	0 公分	0.4 公分	0.8 公分	1.2 公分
飲水槽液面高度	1.7 公分	1.6 公分	1.3 公分	0.6 公分

發現：調整水閘高度後發現水罐深入盛水盤的深度愈深，水閘開口愈低，飲水槽液面也隨之降低。

問題：為什麼飲水槽液面超過飲水槽高度(1.5 公分)，水也不會流出來？

觀察：水面突起呈現圓弧狀，應該是水有表面張力所造成。

再驗證：添加清潔劑於飲水槽水面上，破壞表面張力。水面高於飲水槽高度的水就流出來，液位也降低至 1.5 公分。

實驗 4：水盤面積的大小會不會影響飲水槽液面的高度？

動機：若盛水盤的外圍面積變大，再利用黏土來控制水閘的高低位置，飲水槽液面的高度會不會有變化？

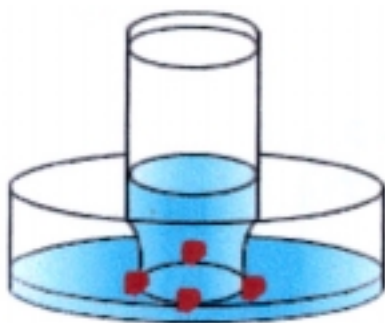


圖 (二)

結果：

飲水槽半徑	2 公分	2.5 公分	3 公分
飲水槽液面的高度	0.5 公分	0.5 公分	0.5 公分

發現：飲水槽液面的高度和飲水槽的面積無關。

討論：小鳥飲水器中的水每次只能使飲水槽補給到一定高度，如果是大鳥要喝水要如何？如何適度的調整飲水槽的高度，使小鳥飲水器成為可調節的器具？

方法：利用本實驗，改變黏土的高低位置來調整水閘的高低位置，就可以適度的調整水位，適應各種鳥類的喝水習慣。

研究二：為什麼水罐中的水不會一次流光？飲水槽中的水為何能保持一定高度？

假設 1：小鳥每喝一口水，水罐的水就立刻補充到飲水槽嗎？

驗證：在 A 點鑽孔使水流出，模擬小鳥喝水，觀察水罐及飲水槽中的水位的變化。

發現：(1) 水從 A 點流出，飲水槽內的水位由 12mm 開始下降，水罐內液位不變；也就是小鳥每喝一口水，水罐的水不會立刻補充到飲水槽。如圖(三)

(2) 當飲水槽液位降為 10mm，則有空氣由水閘下方跑進水罐內，水罐液位亦下降，補充飲水槽的液位。

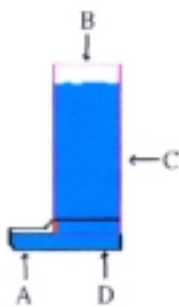
問題 2：當空氣跑進去時，水罐的水補到飲水槽時為何不會一直流出？

假設：水罐內的水是否被吸住？水罐內的壓力是否為負壓？

註：所謂負壓是指罐內的壓力小於外界的大氣壓力

動機：飲水槽的水受到大氣壓力，水罐的水的壓力是否小於外界的大氣壓力，因此水罐的水會被吸住？

方法：在小鳥飲水器上 B、C、D 點處鑽一小孔，觀察水罐液位變化。如圖(三)



發現：

B 點鑽孔	空氣跑進水罐內，水罐液位下降
C 點鑽孔	空氣跑進水罐內，產生泡泡，水罐液位下降
D 點鑽孔	水流出，飲水槽液位下降，水罐液位沒有變化，當液位降到 10mm，空氣由水閘下方跑進水罐內，水罐的液位開始下降。(情形與在 A 點鑽孔類似)

結論：由 B、C 點鑽孔，空氣跑進水罐內，水罐液位下降表示，水罐內為負壓。

猜想：由 D 點鑽孔中觀察得知，水罐下方的水和盛水盤內的水可能不混合，為了解釋實驗所觀察到的現象，我們將水罐和盛水盤的水視為兩個子系統。

驗證：證實水罐和盛水盤的水是否為兩個系統

方法：寶特瓶裝滿紅色水倒立沒入杯子內，杯子內先裝入清水，杯子下方鑽孔排水。

發現：1. 寶特瓶內紅色水並未流出，不與杯子內的清水混合，只看到些微的濃度擴散現象。

2. 杯子內的清水流出來，杯子水位快速下降，但是寶特瓶仍保持滿瓶水，當杯子水位降到瓶口時，空氣跑入瓶內，瓶內紅色發生變化。

結論：水罐和盛水盤的水為兩個系統。

問題 3：水罐內負壓的程度為何？

方法：在寶特瓶底部鑽孔接水管，接口密封，寶特瓶裝水沒入水槽，水管內裝水，呈 U 型。如圖(四)。

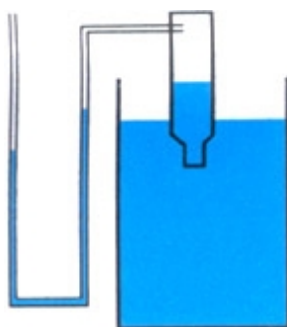


圖 (四)

液面上的負壓情形：

操作 (1)：改變寶特瓶沒入水中的深度，紀錄 U 型水管兩端的水位差，及測量寶特瓶內的水面與水槽水面的距離。

結果：

U 型水管兩端的水位差	24mm	35 mm	46.5 mm	68 mm
寶特瓶與水槽的水位差	23.5 mm	35.5 mm	46 mm	68 mm

發現 (1)：1. 接寶特瓶一端的 U 型水管水位較高，顯示寶特瓶內的壓力較大氣壓力低，為負壓。

2. U 型水管兩端的水位和寶特瓶與水槽的水位差幾乎一致。

3. 寶特瓶上方氣體的負壓程度就是 U 型水管兩邊的水位差，也

就是瓶內與水槽的水位差。

液面下的負壓情形：

操作（2）：固定寶特瓶沒入水中的深度，使 U 型水管沒入瓶內液面下，觀察 U 型水管兩邊的水位差。

發現（2）：接寶特瓶的一端的 U 型水管水位高於接大氣的一端，表示寶特瓶瓶內液面下為負壓。U 型水管兩邊的水位差較小。

由發現（1）、發現（2）可證實：

（A）小鳥飲水器中的水罐裡面無論液面上或液面下都是負壓，液面下的負壓較小。

（B）液面上負壓的程度由水罐內與飲水槽的液位差的大小所決定。

結論：小鳥飲水器的補水原理是當飲水槽液面下降，造成水罐內與飲水槽的液位差變大，因此使水罐內負壓變大，當飲水槽液位下降，低於水閘開口位置，則空氣被吸入，使罐內負壓變小。部分水則被排到飲水槽，與外界的大氣壓力，形成新的水罐與飲水槽的液位差，建立新的平衡狀態。這就是為何飲水槽能夠固定液位而水罐的水不會一直流出的原因。

研究（三）：如何改進小鳥飲水器，構想定量補充器

由前面的研究可知，小鳥飲水器是利用大氣壓力的原理封住罐內的液體。當水位低於水閘位置時，水罐內的水會補充定量的水至飲水槽，但卻無法達成有效定量取用。如何使小鳥飲水器成為可以定量，甚至可以自動關閉及調節用量的用具，是本研究的重點。

1. 構想：如何達成自動補給且自動關閉的效果。

方法：取水罐，倒立放在較大的盛水盤，利用大氣壓力來封住水罐中的水，想要關閉時利用盛水盤來封住水，阻止水的流出。

缺點：水罐的水倒放時，流出量大；位置沒有放好時，水也容易大量流光。

改進：如何減少水量的流失？

方法【1】：取數個瓶子，瓶中盛水倒立，使水排放，利用保鮮膜來控制封口的大小，瓶口分別是（1）未封口（2）封一半（3）封四分之三（4）封六分之五。觀察瓶子的漏水情況結果如下：

封口程度	未封口	封一半	封四分之三	封六分之五
漏水情形	瓶內的水迅速流光	流水速度緩慢，不易流出	流水速度更慢，呈水滴流出	水幾乎不會流出，呈小水滴流出

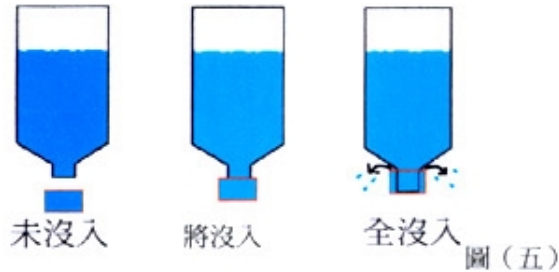
發現：未封口時水很快流光，封六分之五時水流不出來，瓶口封一半及封四分之三之間可以達成自動關閉的最佳效果。

討論：若將水罐改成飲料罐或寶特瓶，恰好符合實驗中封口的條件，

因此，以下的實驗將用寶特瓶進行實驗。

改進：如何控制水罐和盛水盤的相對位置？

方法：取一個瓶子，瓶中盛水倒立，使水排放，並用以盛滿水的瓶蓋迅速至於瓶口下方；觀察瓶口（1）未沒入（2）將沒入（3）全沒入；瓶蓋內的水位變化。 如圖(五)



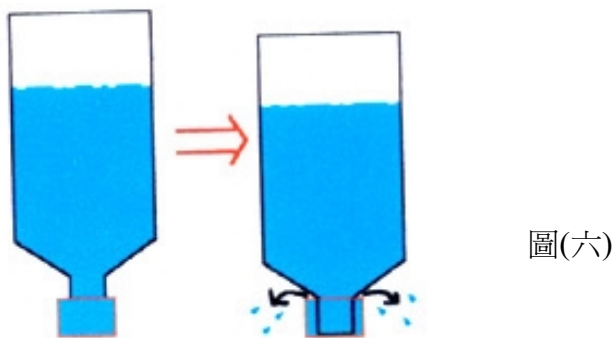
結果：

瓶子與瓶蓋的相對位置	未沒入	將沒入	全沒入
瓶蓋內的水位變化	瓶內水迅速流光	瓶內水迅速流光，同時空氣間斷進入瓶內	瓶內水位被封住，停止流出，亦無空氣進入。

發現：瓶內水必須沒入瓶蓋之間，水位才會停止流出。

3. 構想一個自動補給且自動關閉的補給器

- （1）將寶特瓶裝水，以裝滿水的瓶蓋封住瓶口，使瓶蓋邊緣與瓶口同高。
- （2）固定寶特瓶，將瓶蓋上移，使瓶蓋內液體壓出定量（瓶口沒入液面下）液體的體積，如圖（六）。
- （3）固定寶特瓶，瓶蓋下移，使瓶蓋恢復至原來位置，則瓶蓋就能自動補充液體。



註：以手動來假設向上推的力量，就可以達成自動補給且自動關閉的效果。
缺點：

若不能有效的控制瓶蓋與瓶子之間的距離，則可能造成空氣進入，瓶內的液體流光的現象。

討論：（1）如何有效控制瓶蓋和瓶口之間的距離？

（2）如何將人工向上推的力量改為自動向上推的力量？

研究（四）：改進自動定量補給站

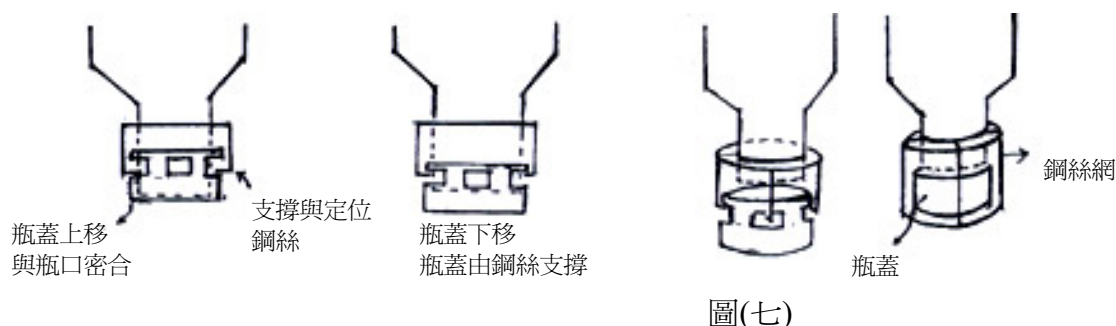
1. 利用研究（三）構想再做以下的改善

方案(1)：

利用膠水瓶底部做成的瓶蓋(以下簡稱膠水瓶底蓋)開四個缺口，由缺口高度與固定在瓶口的鋼絲，來控制上下移動的距離。如圖(七)。

方案 (2)：

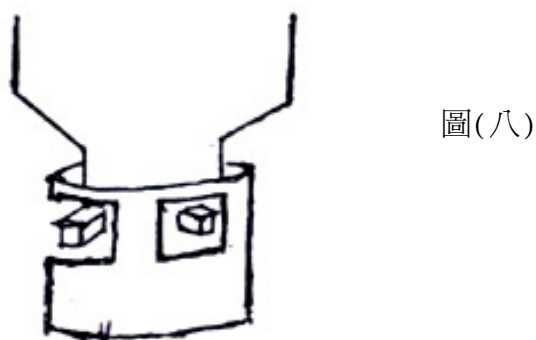
瓶口裝鋼絲網，寶特瓶原瓶蓋置於其內，以鋼絲網高度作為瓶蓋上下移動的距離的控制。如圖(八)



討論：

- (1)鋼絲鉤製作不易，膠水瓶底蓋上下左右控制及固定效果不佳。
- (2)鋼絲網雖可改進固定效果，但瓶蓋仍然容易左右搖晃，製作也費時。
- (3)兩者都會因為搖晃而導致漏水，便無法達成極佳的定量效果。

改進：修改瓶口的凸緣為鋸齒狀，以它代替鐵絲鉤的功能，鋸齒配合膠水瓶蓋的四個缺口，由它的缺口高度作為瓶蓋上下移動距離的控制。如圖(九)



2. 瓶蓋上下移動力量的來源

動機：家裡廁所所用的「免你洗」就是用浮力向上的原理，將瓶內的液體擠壓而出，因此，我們便想利用浮力來作為自動向上的力量。

發現：如果只使用圖(九)的裝置，利用浮力時容易造成傾斜，造成漏水。

改進方法(1)：

在膠水瓶底蓋下方增加寶麗龍板，當液位上升時使瓶蓋利用浮力向上移動。液位下降則受重力自然落下。

缺點：保麗龍板需要切得很大塊，才能達到不傾斜的效果。使用不易。

改進方法(2)：

在瓶蓋下方增加中空圓筒(用膠水蓋代替)，當液位上升時使瓶蓋利用浮力向上移動。液位下降則受重力自然落下。

缺點：上浮時，中空圓筒易傾斜，造成瓶蓋無法與瓶口結合。

改進方法(3)：在鋸齒凸緣下黏上一個延伸的大中空圓筒(稱為套筒)，用來限制裝置搖晃的程度，就不會產生漏水情況。

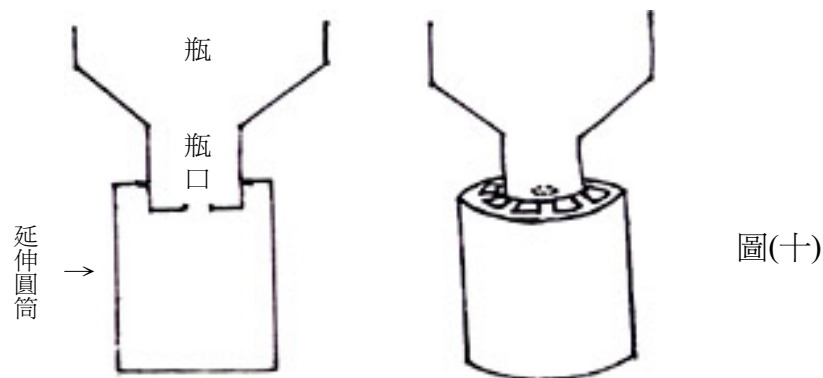
3.設計的選定與組合

【1】 修改瓶口的凸緣為鋸齒狀，鋸齒配合膠水瓶底蓋的四個缺口，由瓶蓋缺口高度作為瓶蓋上下移動距離的控制。

在瓶蓋下方增加中空圓筒，當液位上升時使瓶蓋利用浮力向上移動。液位下降則受重力自然落下。

【2】 在【1】中的凸緣黏上套筒，避免瓶蓋下方的中空圓筒上浮時發生傾斜卡住現象。

【3】 瓶蓋底部增加凸起的軟墊，配合瓶口，上升時更能密合，避免高液位時，瓶內液體洩漏。如圖(十)



缺點改進

1. 所做出的自動補給器，當瓶內的液體用光時能否應用在其他的容器上，達成環保效應

方法：

- (1) 將世界通用規格的瓶蓋底部挖空。
- (2) 把連接在瓶頸的裝置切下來。
- (3) 把(1)、(2)的裝置接在一起。

利用上述方法就可以做出適用在各種不同大小的寶特瓶，且達成自動補給一定的量、不用時自動關閉的自動補給器。

2.如何改變自動補給器取用的量？

(1)補給量增加的方法：

- ㄅ.把膠水瓶底蓋的缺口及底座的高度增高。
- ㄆ.將膠水瓶底蓋的上緣部分的高度減少。

(2)補給量減少的方法：

- ㄅ.把膠水瓶底蓋的缺口及底座的高度減少。
- ㄆ.將膠水瓶底蓋的上緣部分的高度增高。

五、結論

1. 影響小鳥的飲水器中飲水槽液面高度的因素為出水閘開口愈低，飲水槽水封液面也隨之降低。
2. 小鳥的飲水器的設計原理主要是利用改變水罐與飲水槽液位差，破壞原來與大氣壓力的平衡狀態，使水罐內的水重新調整到飲水槽，建立新的平衡。
3. 本研究設計原理和小鳥的飲水器的設計原理類似，但是增加浮力原理的應用來控制出水口流出一定的水量。
4. 自動補給器運作情形為
 - (1) 當調配筒低於液位時，瓶蓋脫離瓶口，空氣進入。瓶內的高濃度液體流到瓶蓋。
 - (2) 當調配筒加水重新調配，水位上升。瓶蓋受到浮力向上頂。使瓶蓋內高濃度液體定量排出。
5. 本設計除了利用大氣壓力和浮力原理製作出自動補給器以外，並加以改良成為可以適用在各種規格寶特瓶的瓶蓋，可重複使用，具有環保效應。
6. 本設計可配合排蓋缺口及位置來調整出水口液體流量。

和同學不斷的腦力激盪，設計並改良我們的產品。才發現到創造發明就是利用舊有的知識經驗重新組合而產生，真是收穫頗多。

七、參考資料

- 1．國中理化第二冊
- 2．小博士教室 物理篇 展智文化事業股份有限公司
- 3．中時兒童好好站-瘋狂實驗之大氣壓力 3：DIY 自動給水器
<http://www.ckids.com.tw/kid/lab/file/press3/lab.htm>

評語：

- 1 設計與研製一個小鳥飲水自動補給器，是符合國小程度能進行的研究題目，主題是探討氣體壓力、浮力原理與飲水器的相關性，是具有創意而具優良的作品。
- 2 本主題是設計與研製自動的小鳥飲水器的補給裝置，研發的態度與方法，是合乎科技研究的嚴謹態度，成果也完整而可用。
- 3 作者對作品之原理描述，講解均十分生動而清楚，表達能力顯示極優。

作者簡介

我是愛國國小六年級資優班的學生，我叫做吳勃誼，我在班上的成績還好，我喜歡玩電腦遊戲，也喜歡看課外讀物，我的家人有爸爸、媽媽、爺爺、哥哥和我，我在家常常跟我哥哥聊天，但常常聊到太晚輩媽媽罵，我希望我能在學校考更好的成績。

在 77 年 12 月 20 日我出生了，我來到世上後，我就叫做陳郁庭。

從小我就生長在一個書香世家中，父母親都是老師，父母從小就鼓勵我參加課外活動，因此等到我上幼稚園後，父母就買許多書來加強我的知識，而後，等我上小學後，父母儘量帶我去科學博物館或一些博物館去，之後，我到了四年級時，學校來了一位葉安琦老師，他幫助我們做科展，到我五年級時，第一次參加了科學展覽會，到了六年級時，又再次參加了科展。參加兩次科展或許是我整個小學六年以來最好的回憶了。

我叫蔡怡君，1989 年生，今年 13 歲，在高雄市立愛國國小就讀。平常喜歡閱讀一些人物傳記，目前研讀了一本有趣的書——牛頓的蘋果，他用簡單的事實(現象)，去解釋一些艱澀難懂的物理現象。偶爾也寫寫書法，夏季時也會去游泳。

王業翔，出生民國七十七年十月一日，家庭的成員有奶奶、爸爸、媽媽、弟弟，住在高雄市三民區十全一路四十二號。天秤座、B 型，富有正義感，熱心服務助人。現在就讀高雄市愛國國民小學六年一班，喜歡打桌球、看歷史故事書，及愛研究有趣的化學物理等現象。得過全市科學展覽三次第一名，全國科學展覽兩次第一名。