

第一梯次「提昇大學基礎教育計畫」
輔英科技大學通識教育實施模式之建立

博雅涵養課程教材

動手做科學的體驗與探究

總編審：陳忠志

輔英科技大學

民國九十三年七月

第一梯次「提昇大學基礎教育計畫」
輔英科技大學通識教育實施模式之建立

博雅涵養課程教材

動手做科學的體驗與探究

總編審：陳忠志

編撰者：陳忠志

輔英科技大學

民國九十三年七月

序

本教材的編輯，係針對科技校院自然科學通識課程的實施而設計。教材編輯的主要精神，在提供學生於通識課程的課堂親自動手做科學的學習機會，在真實的情境中進行自然科學的體驗與探究，從中感受科學的奇妙、瞭解科學的真理、發揚科學的應用，期能達成下列目標：

1. 認識一般自然現象及其依行的規律。
2. 增進學生對自然現象的興趣和理解。
3. 培養學生動手實作的能力與習慣，啟發學生問題解決及應用知識的能力。

一般咸認為欲在普通教室的環境中進行學生動手做科學實驗是一件不容易的事，故自然科學通識課程大多採用講述、討論等教學方式，間接將科學交給學生，較少能讓學生親自在科學的真實情境中直接建構科學的理念。本教材為能提供學生第一手科學的經驗，並配合普通教室的場地限制，在教材編輯方面力求滿足下列要求：

1. 本教材編輯的出發點，著重學生在課堂學習活動參與度 (involvement) 的提升，雖然較難兼顧科學整體篇幅的涵蓋性 (coverage)，但經由學生主動性的投入學習，方能實現“涵蓋的篇幅較少，學生反而學到更多” (Less is more) 的目標。
2. 內容的難易程度，以符合修習博雅涵養課程的學生程度。
3. 在科學領域的統整方式上，以聚集屬性相同的自然現象形成主體的方式作處理。
4. 體驗與探究活動的內容多選取生動有趣的實例，以激發學生的興趣，引發學生愛好科學。
5. 動手做的體驗與探究活動所需的器材，為了因應環境的限制，絕對避開制式化的科學儀器，全部選用學生在日常生活中所用到的物品，且選用的物品均符合價廉的要求與重覆使用環保的理念。
6. 動手做的體驗與探究活動的項目，以場地在一般普通教室便能進行者為考量，儘量克服普通教室無水源、熱源或電源的限制。
7. 器材的來源，絕大多數為學生可自備者，其餘少數學生難以配合而需教師代為準備者，亦皆為價廉而容易取得者。
8. 本教材所編列的各項實驗活動，皆已在教室場景中做過教學測試，確定所有實驗均可順利進行且安全無虞。
9. 由於體驗與探究科學活動是屬動態過程，為彌補純文字敘述之不足，在適當位置附有插圖，以增加本教材的可讀性。

本教材的實施要領如下：

1. 本教材的內容份量供自然科學通識課程一學期 2 學分的教學之需。

2. 可採分組活動進行，以增進學生間同儕的互動。
3. 動手做科學的體驗活動，要求學生一方面親自實作，同時也請同學隨堂作紀錄，作為教師評量的依據。
4. 動手做科學的探究活動，每遇需學生經測量取得數據時，可請所有學生上台將數據寫在黑板，如此可供教師掌握學生的進度並就學生的成果作即時評量，同時也可供同學將自己與他人的結果作比較與對照，達成交流與分享的社會化效果。
5. 由於時間倉促，本教材若有未盡完善之處，尚祈各界不吝指正以作修訂。

陳忠志 謹序

民國 93 年 6 月 10 日

於

輔英科技大學應用化學系

輔英科技大學
博雅涵養教材
動手做科學的體驗與探究
目 錄

序		2
第一篇 動手做科學的體驗		6
實驗 1	會跳舞的洋菜紙	7
實驗 2	自由落體運動	8
實驗 3	跳跳豆	9
實驗 4-1	紙蜻蜓-1	11
實驗 4-2	紙蜻蜓-2	13
實驗 5-1	火箭模擬實驗	15
實驗 5-2	火柴棒火箭	16
實驗 5-3	水火箭	18
實驗 6-1	吸盤	21
實驗 6-2	單手吸盤	22
實驗 7-1	馬德堡半球	24
實驗 7-2	雙手吸盤	25
實驗 8	肺呼吸的模型	26
實驗 9-1	無法吹脹的氣球	28
實驗 9-2	脹大後不消氣的氣球	30
實驗 9-3	寶特瓶噴泉	32
實驗 10	杯子內倒不掉的水	35
實驗 11	讓水只進不出的杯子	37
實驗 12	壓力艙中的棉花糖	39
實驗 13	自動爬升的吸管	41
實驗 14	自動膨脹氣球	43
實驗 15	化學地雷與燙手山芋	44
實驗 16	簡易內燃機-酒精炮	46
實驗 17	氣流造成低氣壓	48
實驗 18	吹不走的乒乓球	50
實驗 19	吹不掉的紙片	52
實驗 20	吹 BB 彈	54
實驗 21	變化球的模擬	56
實驗 22	半截的火焰—熱傳導	57

實驗 23	旋轉的紙蛇	59
實驗 24	熱對流	61
實驗 25	溫水在注射筒中沸騰	63
實驗 26	簡易水果電池	65
實驗 27	木炭鋁箔電池	67
實驗 28	電流的磁效應	69
實驗 29	簡易傳統馬達	71
實驗 30	簡易另類馬達	73
實驗 31	電磁感應	75
實驗 32	揭開魔術的面紗	77
第二篇 動手做科學的探究		79
探究 1	測量工具的設計與製作	80
探究 2	利用自由落體測定反應時間	83
探究 3	吹箭	88
探究 4	運動量對肺活量的影響	90
探究 5	放射性衰變過程的模擬	93
探究 6	脈搏速率隨運動量的關係	95
探究 7	運動後心跳速率的恢復	97
參考書目		101
誌謝		102

第一篇 動手做科學的體驗

實驗 1 會跳舞的洋菜紙

〔旨趣〕

將親水性的材料（洋菜紙）置於手掌上，洋菜紙吸收手掌汗腺所排出的水份，會產生蜷曲或翻滾的現象，令人印象深刻。

〔科學概念〕

1. 親水性
2. 汗腺

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	洋菜紙及塑膠袋	片	2
2.	噴霧器	個	1

〔動手做做看〕

1. 取 2 片洋菜紙，將其中一片置於乾淨的桌面（或課本）上，將另一片置於你的手掌心上，觀察並比較這兩片洋菜紙的反應是否相同？

〔問題討論〕

1. 洋菜紙受什麼因素的影響？
2. 請設計實驗來驗證你的想法。

（參考答案：洋菜紙置於掌心時，會產生蜷曲或翻滾的現象，這個現象的發生主要是因為洋菜紙吸收了由手掌汗腺所排出的水份，之後吸收的水份又快速蒸發。洋菜紙是一種“親水性”的材質，內部含有許多小氣孔，水分子可進出這些氣孔。又由於來自手掌的熱使水分子蒸發，形成一股氣流，洋菜紙的質量非常輕，便會在氣流中隨之“起舞”。

如果我們先在手掌上墊一張塑膠紙，再於塑膠紙上擺放洋菜紙，則由於塑膠紙隔絕手掌汗腺所排出的水份，使洋菜紙吸收不到水份，洋菜紙便無法在塑膠紙上跳舞了。

此外另一常見的例子，宴席上常會出現一種菜餚，在熱騰騰的羹上，灑上一些柴魚干的薄片，我們也會看到魚干薄片在熱羹上舞動。）

實驗 2 自由落體運動

〔旨趣〕

不論質量或體積的大小，任何物體若從同一個高度落下，理應同時到達地面，但由於空氣阻力的存在，實際的實驗並無法符合同時著地的理論，即使伽利略在比薩斜塔所作的實驗，仍清楚顯示重的物體比輕的物體先著地。本實驗旨在排除空氣阻力的障礙，證明自由落體確實是同時落地。

〔科學概念〕

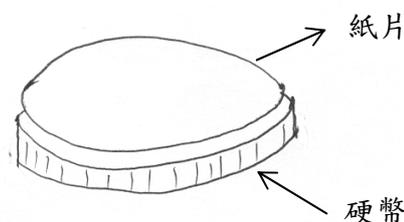
1. 自由落體運動
2. 空氣阻力

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	硬幣	枚	1
2.	厚紙片	片	1

〔動手做做看〕

1. 取一厚紙片，剪成與硬幣一樣大。
2. 一手持紙片，另一手持硬幣，讓紙片與硬幣同時由同一高度釋放，觀察何者先著地。
3. 一手持硬幣邊緣，硬幣保持於水平面，再將紙片平放於硬幣上面，如圖。



4. 放開硬幣任其落下（控制釋放的動作，讓硬幣與紙片在落下期間均保持在水平面），觀察硬幣與紙片是否同時抵達地面。

〔問題討論〕

1. 一手拿硬幣另一手拿紙片，兩手同時由同一高度釋放，硬幣與紙片是否同時著地？為什麼？
(參考答案：硬幣較紙片先著地，因為空氣阻力對紙片的影響比硬幣來得大，使得紙片比硬幣較晚著地。)
2. 當硬幣在下紙片在上，同時釋放時，兩者是否同時著地？為什麼？
(參考答案：兩者同時著地，因此在狀況中的紙片未受到的空氣阻力的影響。)

實驗 3 跳跳豆

〔旨趣〕

本實驗寓教於樂，以極簡單的材料便可製作出極生動的科學玩具—跳跳豆 (crazy beans)，旨在讓學生透過製作的過程，培養親自動手做的習慣與實作的能力。

〔科學概念〕

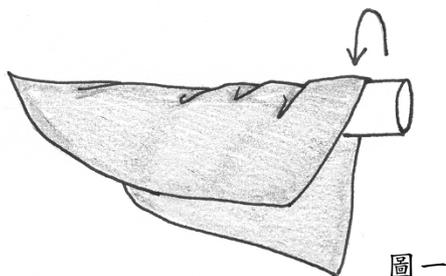
1. 滾動

〔實驗器材〕

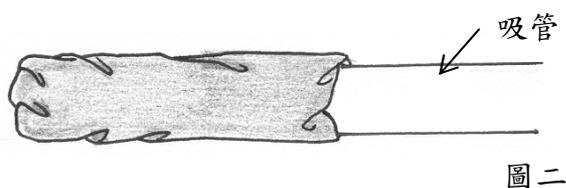
序號	品名	單位	數量
1.	鋼珠	粒	1
2.	廚房用鋁箔	片	1
3.	底片盒	個	1
4.	塑膠吸管 (珍珠奶茶用)	支	1

〔動手做做看〕

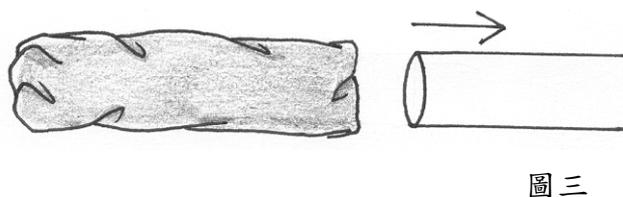
1. 將鋁箔片捲在吸管上，鋁箔片稍伸出吸管末端約 1 cm，並於鋁箔捲的腹部接縫處貼上膠帶加以固定，如圖一。



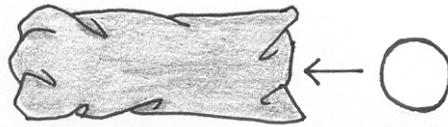
2. 將鋁箔伸出吸管頂端的部分向內輕輕壓摺，將吸管管口包住，形成一端封口另一端開口的鋁箔套，如圖二。



3. 將吸管自鋁箔套由開口端抽出，如圖三。

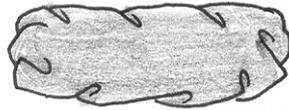


4. 將鋼珠自開口端放進鋁箔套，如圖四。



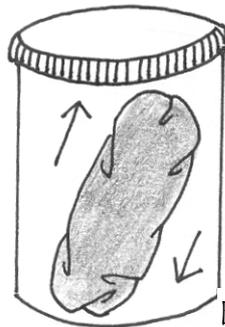
圖四

- 將鋁箔套的開口端向內輕輕壓摺加以封閉，此時鋁箔的外貌酷似一顆蠶繭，跳跳豆的雛形便出現，如圖五。



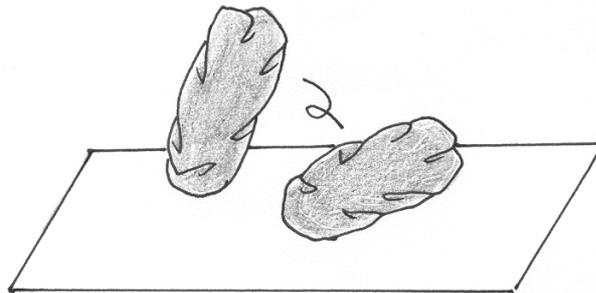
圖五

- 為了使跳跳豆兩端封口更加密實，將跳跳豆放進底片盒，蓋緊盒蓋後，拿起底片盒加以搖晃數次，跳跳豆的鋁箔外皮會更加結實，如圖六。



圖六

- 取出跳跳豆，讓跳跳豆在掌上、桌面上或地板上滾動，觀察跳跳豆的運動情形，如圖七。



圖七

〔問題討論〕

- 當跳跳豆在平面上滾動時，其運動情形如何？
 (參考答案：跳跳豆的運動情形大致如下：首先某一端(甲)固定，另一端(乙)繞著甲端旋轉，由上升而下降畫出一道半圓弧後，跳跳豆靜止短暫時間，接著乙端固定，甲端繞著乙端旋轉，又畫出另一道半圓弧，如此交替進行，跳跳豆便以一起一伏的方式行走前進，甚為可愛有趣。)

實驗 4-1 紙蜻蜓-1

〔旨趣〕

螺旋槳的轉動可提供車輛、輪船、飛機等交通工具的動力。一般人所熟知的竹蜻蜓，可做為螺旋槳的教學模型，但常見的竹蜻蜓以竹肌為材料，製做起來較費力、耗時，令人怯步。本實驗設計僅以厚紙片及飲料用吸管，便可快速做出紙蜻蜓，提供螺旋槳原理的教學。

〔科學概念〕

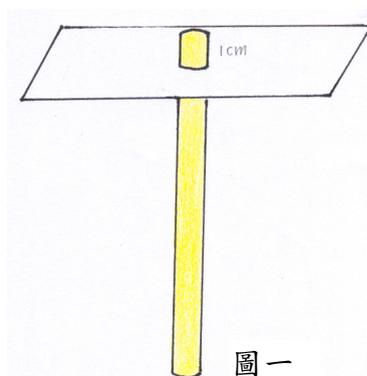
1. 反作用力
2. 牛頓第三運動定律

〔實驗器材〕

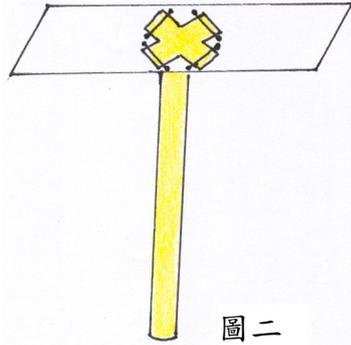
序號	品名	單位	數量
1.	厚紙板 (馬糞紙)	片	1
2.	吸管	支	1

〔動手做做看〕

1. 剪取一片厚紙板。
2. 找出厚紙板的中心點。
3. 於中心點的位置上，利用打洞器剪出一個洞。
4. 將吸管的一端插入紙片中心的洞，並調整吸管伸出紙面的長度約 1 cm，如圖一。

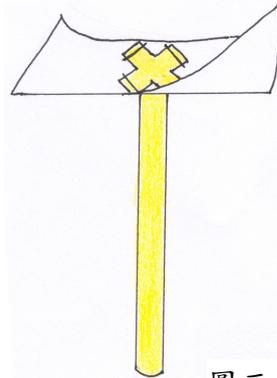


5. 將吸管伸出的長度，沿著縱向剪成 4 個分叉。
6. 將 4 個分叉分別向外扳倒，使其貼緊厚紙片，再用釘書機加以釘牢，如圖二。



圖二

7. 雙手分別抓住厚紙片的兩翼並將紙片加以扭轉，使紙面彎曲變形成螺旋槳的形狀，紙蜻蜓便告完成，如圖三。



圖三

8. 將紙蜻蜓的吸管部位置於兩手掌之間，沿某一方向搓吸管，使紙蜻蜓的雙翼繞吸管轉動後並即刻放手，觀察紙蜻蜓如何飛行。
9. 若沿相反方向搓吸管並放手，再觀察紙蜻蜓如何飛行。

〔問題討論〕

1. 吸管的旋轉方向與紙蜻蜓上升或下降有何關係？
(參考答案：若吸管的旋轉造成雙翼轉動時前緣高於後緣，則雙翼將空氣向下推，空氣施予雙翼的反作用力使紙蜻蜓上升。反之，若吸管的旋轉造成雙翼轉動時前緣低於後緣，則雙翼將空氣向上推，紙蜻蜓便向下降。)

實驗 4-2 紙蜻蜓-2

〔旨趣〕

利用一張小紙片製作類似紙蜻蜓，當此紙蜻蜓自空中落下時，會產生自旋，將位能化為紙蜻蜓的轉動動能，因而延遲落下的時間。本實驗可透過個人競賽方式，激發學生思考如何讓紙蜻蜓在空中停留最久，從活動中辨認相關的變因與提升解決相關的問題的能力。

〔科學概念〕

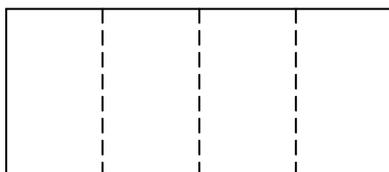
1. 力矩
2. 轉動
3. 能量轉換

〔實驗器材〕

品名	單位	數量
A4 紙	張	1

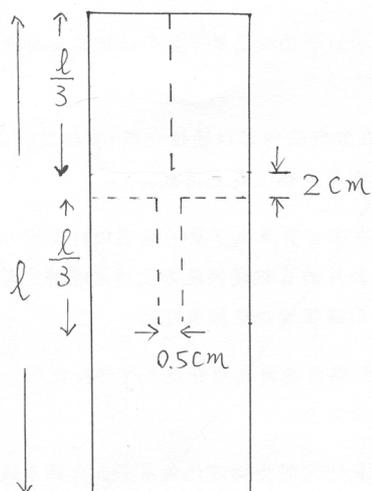
〔動手做做看〕

1. 將 A4 紙沿較窄的方向裁成四等分。如圖一。



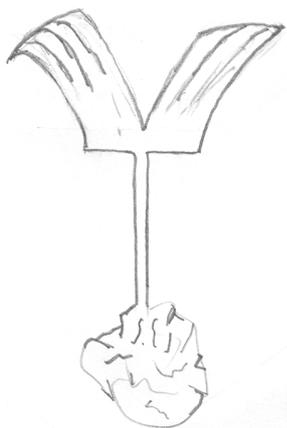
圖一

2. 取出其中的一等分，按下圖虛線剪開，如圖二。



圖二

3. 將紙片上方的兩開叉向外折，如圖三。



圖三

4. 將紙片下方揉成一團，如圖三，紙蜻蜓便告完成。
5. 讓紙蜻蜓自空中落下，觀察紙蜻蜓的運動情形，列舉影響紙蜻蜓落下快慢的可能變因有那些，並就所列的變因提出假設。
6. 根據所提出的變因及假設，自行設計並製作紙蜻蜓加以驗證。
7. 同組同學作競賽，角逐那個人的紙蜻蜓落下最慢，選出組代表。
8. 全班各組代表作競賽，角逐落下最慢的紙蜻蜓為優勝者。

[問題討論]

1. 請從能量觀點說明紙蜻蜓的運動。
2. 影響紙蜻蜓落下時間的變因有那些？就這些變因可作什麼假設？

實驗 5-1 火箭模擬實驗

〔旨趣〕

推動火箭升空的動力，來自燃燒氣體噴出時所產生後座力，本實驗基於同樣的原理，讓一脹大的氣球將氣體從其吹嘴噴出，利用後座力使氣球前進，透過此模擬實驗，學生同時可練習辨識影響一個實驗的變因。

〔科學概念〕 彈性，牛頓第三運動定律，作用力與反作用力

〔實驗器材〕

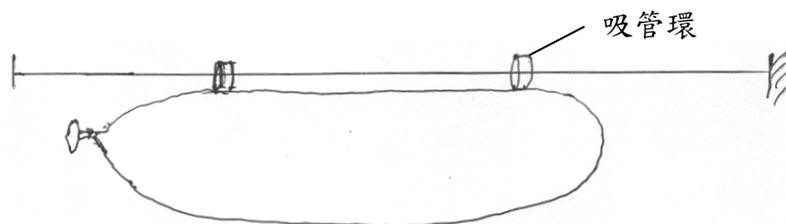
序號	品名	單位	數量
1.	氣球囊	只	1
2.	吸管	支	1
3.	縫紉細線	段	1

〔動手做做看〕

1. 自吸管剪取兩小段圓環備用。
2. 將氣球囊吹氣使其脹滿後，捏緊吹嘴。
3. 以雙面膠帶在氣球的縱貫方向黏貼兩截吸管環。
4. 將線穿過黏在氣球上的圓環。
5. 將細線的兩端分別繫在兩固定點（或請兩人分別在兩端拉緊細線）。
6. 放開氣球的吹嘴，讓氣球自行沿細線滑行。測量氣球滑行的距離。
7. 嘗試找出影響氣球滑行遠近的變因，重覆實驗並加以改進，以逐次增加氣球滑行的距離。
8. 將全班予以分組，各組選派代表比賽。
9. 比較各組代表的實驗結果，作為競賽評定的依據。

〔問題討論〕

1. 如果我們希望氣球放氣後沿細線能滑行越遠越好，則那些變因會影響氣球滑行距離？
(參考答案：若全班使用相同的氣球囊，則氣球囊為控制變因，操縱變因則有：氣球釋放前脹滿的程度、細線曲直的程度、…等。)



實驗 5-2 火柴棒火箭

〔旨趣〕

利用傳統火柴棒可製作一火箭的超迷你模型，透過火柴棒火箭的發射，可提供作用力與反作用力的探討題材，亦可作為分組競賽的項目，寓教於樂。

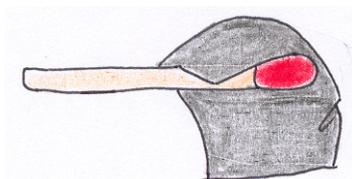
〔科學概念〕作用力；反作用力；牛頓第三運動定律

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	火柴棒	根	1
2.	鋁箔	片	1
3.	蠟燭	根	1
4.	鐵線	段	1

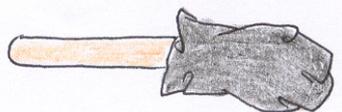
〔動手做做看〕

1. 將火柴棒沾黏火藥的一端以鋁箔包捲，如圖一，鋁箔片伸出火柴頂端約 1 cm。



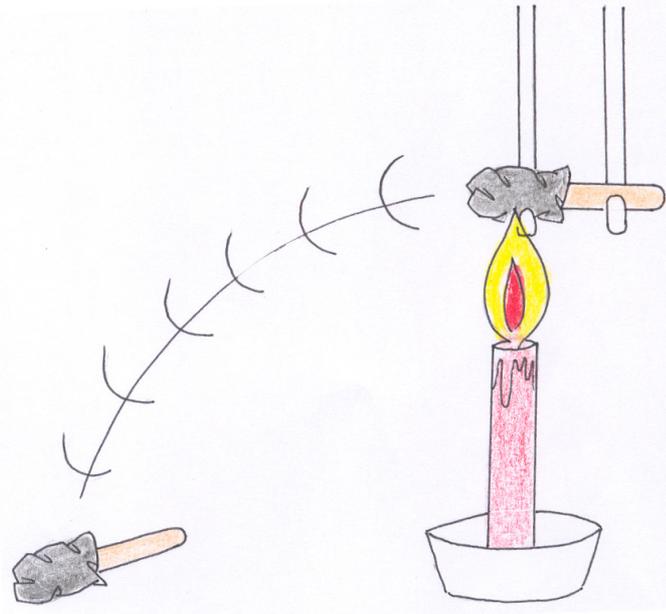
圖一

2. 將鋁箔捲的末端倒摺加以密封，如圖二。



圖二

3. 將鐵線摺成湯匙狀的支架，以便火柴棒可跨置於其上。
4. 點燃蠟燭，並將蠟燭豎立於淺碟上。
5. 將火柴棒水平跨置於鐵線支架上，並將包覆鋁箔的一端移到火焰上加熱，直到鋁箔內的火藥燃燒，並將火柴棒射出，如圖三。



圖三

6. 重覆上述實驗數次，找出影響火柴棒射程的因素有那些？

[問題討論]

1. 火柴棒火箭發射的動力從何而來？

(參考答案：當火柴棒的火藥點燃時，產生氣體，這些氣體自鋁箔與火柴棒之間的縫隙噴出時，會施予火柴棒一反作用力，使火柴棒射出，此原理與真正火箭的原理是相同的。)

2. 那些因素影響火柴棒的射程？

(參考答案：鋁箔片的重量、鋁箔包紮火柴棒的緊密程度、鋁箔所包住的空氣量、燃燒氣體從鋁箔的那一邊射出。)

實驗 5-3 水火箭

〔旨趣〕

火箭升空，乃利用燃料燃燒噴出氣體所造成的反作用力來推進火箭的上升，故火箭的升空是牛頓第三運動定律（作用力等於反作用力）的應用。基於類似的原理，本實驗利用水自寶特瓶噴出的反作用力，將寶特瓶推上天空。

〔科學概念〕

1. 反作用力
2. 牛頓第三運動定律
3. 摩擦力
4. 拋射運動

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	寶特瓶（大）	個	1
2.	腳踏車內胎氣嘴	個	1
3.	橡皮塞	個	1
4.	打氣筒	具	1
5.	塑膠筒	段	1

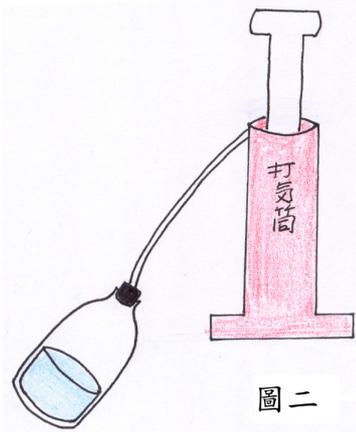
〔實驗步驟〕

1. 自回收的腳踏車內胎，取下氣嘴備用。
2. 在橡皮塞打洞。
3. 將氣嘴緊塞入橡皮塞。
4. 寶特瓶注入 1/3 滿的水。
5. 將附氣嘴的橡皮塞緊塞進寶特瓶口，如圖一。



圖一

6. 將打氣筒接上打氣嘴，如圖二。



圖二

7. 請助手持寶特瓶，以瓶口朝下瓶底朝上的角度，將寶特瓶放進塑膠筒。
8. 操作打氣筒，將空氣灌進寶特瓶，直到寶特瓶逃脫橡皮塞而自塑膠筒射向天空，如圖三。



圖三

9. 觀察寶特瓶的拋射運動與塑膠筒仰角的關係。
10. 以不裝水的空瓶，重複上述實驗，並比較寶特瓶在裝水與不裝水兩種情形，那一種情況下寶特瓶飛得遠。
11. 舉辦分組競賽，比較那一組使寶特瓶飛得最遠。

[問題討論]

1. 在此實驗中，寶特瓶為什麼會升空？
 (參考答案：因寶特瓶內的壓縮空氣將水自瓶口向下噴出，而噴出的水便施予寶特瓶向上的反作用力，使寶特瓶拋向天空，此乃牛頓第三運動定律的原理，當甲物體施一作用力予乙物體，則乙物體也同時施一反作用力予甲物體，作用力與反作用力大小相等，方向相反。)
2. 影響寶特瓶拋射距離的因素有那些？
 (參考答案：1. 橡皮塞與瓶口緊密的程度。
 2. 瓶內水量所佔的體積比例。
 3. 拋出時的發射角度。)

3. 比較寶特瓶在裝水與不裝水的情況下，在那一情況下寶特瓶可飛得較遠？
(參考答案：寶特瓶裝水比不裝水飛得較遠。)

實驗6-1 吸盤

〔旨趣〕

市售塑膠吸盤可吸住磁磚，並供我們吊掛日用品。吸盤可吸住哪些物體？我們如何使用吸盤？

〔科學概念〕

1. 大氣壓力

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	吸盤	個	1

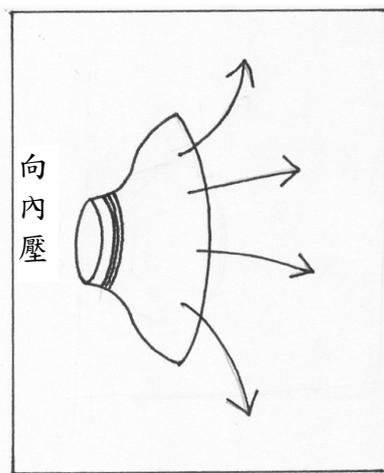
〔動手做做看〕

1. 取一吸盤，觀察並繪出其構造。（如圖一）
2. 根據你觀察的構造，指出應如何使用吸盤。（如圖二）

空氣跑出去，故可吸住物體（需平坦）
大氣壓力原理



（圖一）



（圖二）

3. 測試吸盤可吸住哪些物體？吸不住哪些物體？

〔問題討論〕

1. 吸盤的構造有何特別之處？

（參考答案：塑膠吸盤外緣成喇叭狀，若用手將吸盤頂住光滑的表面並用力壓，則原來困在吸盤內的部份空氣全被擠出；在放手後，吸盤本身的彈性使吸盤略微站起，吸盤內的體積增加，壓力減少，但吸盤外的壓力仍然為一大氣壓，內外的壓力差便將吸盤緊緊壓住在物體表面上。）

2. 可被吸盤吸住的物體或吸不住的物體，有何特徵？

（參考答案：可被吸盤吸住的物體，必須是光滑的表面，不容有氣體由外面經吸盤與表面的交界面滲入吸盤內部。）

實驗6-2 單手吸盤

〔旨趣〕利用大氣壓力的存在，我們可以手掌心當吸盤，輕而易舉地吸住空寶特瓶。

〔科學概念〕

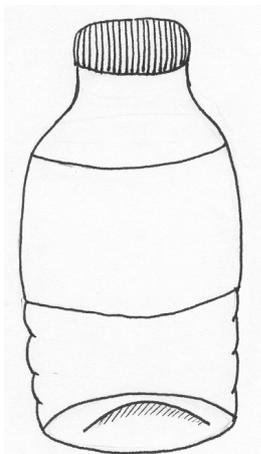
1. 大氣壓力
2. 波義耳定律

〔實驗器材〕

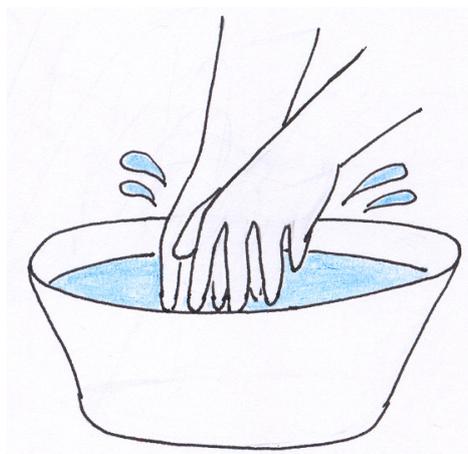
空寶特瓶 1個/人

〔動手做做看〕

1. 取一底部稍微凹陷的寶特瓶。(如圖一)
2. 將一手掌沾濕。(如圖二)

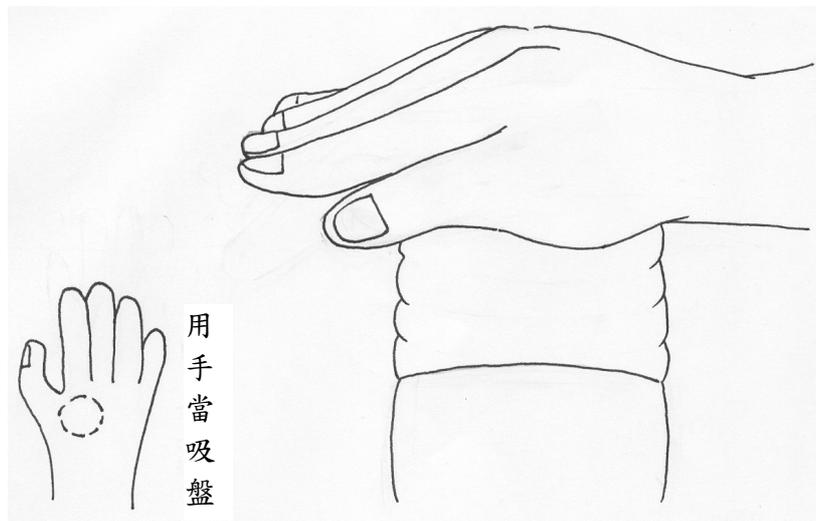


(圖一)



(圖二)

3. 如圖，以手掌大拇指下方的肥厚部分頂住瓶底，另一手持寶特瓶並將瓶底貼緊手掌緩慢平移，平移期間，瓶底的稜線須隨時與掌面保持接觸，使掌面與瓶底之間形成一密閉的氣室。
4. 當手掌心移動到瓶底的中心處，若你會感受到手掌皮膚被向外拉，則寶特瓶就被你的手掌吸住了。(如圖三)



(圖三)

〔問題討論〕

1. 平移期間，瓶底的稜線須隨時與掌面保持接觸，用意何在？
2. 手掌心能吸住空寶特瓶，我們可以如何解釋這個現象？
3. 取一小玻璃酒杯，裝一些水，也同樣可以手掌吸起，為什麼？（備註：酒杯裝越多水，越容易將酒杯以手掌吸起。）
4. 取一杯子，手持杯子並將杯口罩住口部，再以口吹氣，你感覺如何？若將持杯子的手放開，杯子是否仍被吸住？為什麼？

實驗 7-1 馬德堡半球

〔旨趣〕

在科學的歷史中，有一個很出名的實驗，此實驗證明大氣壓力的存在，此實驗將兩個鐵鑄成的中空半球，組合成一中空的圓球後，抽掉球內的氣體，大氣壓力便壓住此圓球，若欲將兩個半球再拆開，則各邊需動用數匹馬來拉才行。本實驗只利用很簡單的道具，便可充分顯現馬德堡半球實驗所欲表達的大氣壓力現象。

〔科學概念〕

1. 大氣壓力
2. 彈性
3. 波義耳定律

〔實驗器材〕

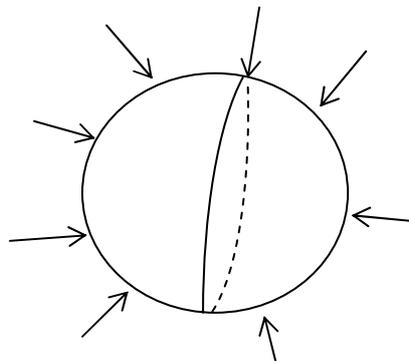
1. 塑膠半球（玩具店稱為金龜跳） 2 個

〔動手做做看〕

1. 將兩個塑膠半球的邊緣對齊相向靠緊，併湊成一圓球。
2. 以大拇指及食指捏住兩個半球的頂端並用力擠壓，使一些氣體自球內釋放出來，但隨時須保持兩球殼的邊緣貼緊。
3. 放手後，兩個半球便緊密結合成一個球體，將此球丟到地板便反彈。
4. 嘗試以雙手將組成的圓球拆開為兩個半球，體驗大氣壓力作用在組合球體上的力量方向。

〔問題討論〕

1. 在此實驗中，兩個半球為什麼會緊密結合成一個球體？
（參考答案：因實驗過程中，以大拇指及食指擠壓兩個半球頂端的動作，將一些空氣擠出球外，球體內部的空間空氣比大氣稀薄，形成負壓，球體外的大氣壓力便壓住兩半球，使其相向緊貼在一起。）
2. 大氣壓力施予組合球的力量方向為何？
（參考答案：如圖。）



實驗7-2 雙手吸盤

〔旨趣〕以我們自己的雙手做一個類似的馬德堡半球，並以手掌體驗大氣壓力的存在。

〔科學概念〕

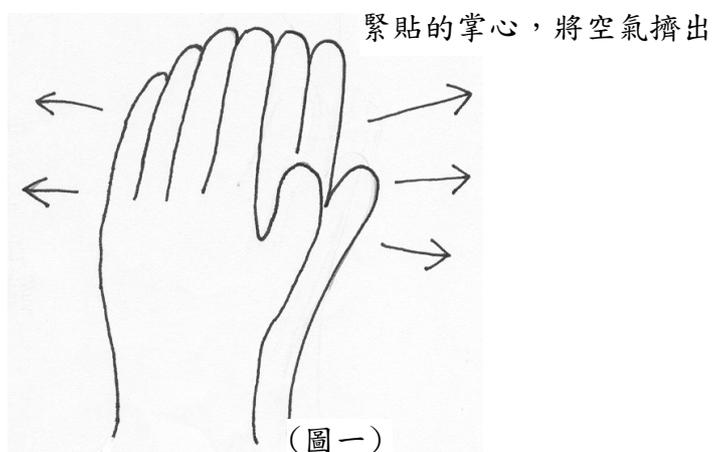
1. 大氣壓力
2. 波義耳定律

〔實驗器材〕

雙手

〔動手做做看〕

1. 伸出雙手合攏，兩手的五個手指交叉。
2. 兩手掌心撐平，並緊貼一起（儘量不要讓兩掌心之間有空隙存在）。（如圖一）



3. 弓起掌心且保持掌心外圍仍然緊密貼住，讓兩手掌之間形成一空腔逐漸加大，此時你的手掌有何感覺？
4. 當掌心弓到相當程度時，你便會聽到啪一聲。（如圖二）



打開掌心，有”啪”的聲音（圖二）

〔問題討論〕

當掌心弓到相當程度，你所聽的啪一聲，是如何產生的？

實驗8 肺呼吸的模型

〔旨趣〕每個人隨時都在呼吸，以自體外獲取氧並排出二氧化碳。至於肺呼吸時，空氣如何進入肺內或氣體如何由肺逸出體外的動作，我們可自製一簡易模型，並利用此模型來瞭解大氣壓力在肺呼吸過程中所扮演的角色。

〔科學概念〕

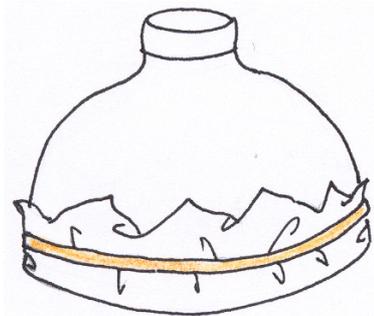
1. 肺的外呼吸
2. 大氣壓力
3. 波義耳定律

〔實驗器材〕

空寶特瓶（硬材質）	1支 / 人
乳膠手套	1支 / 人
橡皮塞（6號）	1個 / 人
空心塑膠管(競選旗幟用的手持小旗竿)	1段 / 人
小氣球	1個 / 人
橡皮筋	3條 / 人

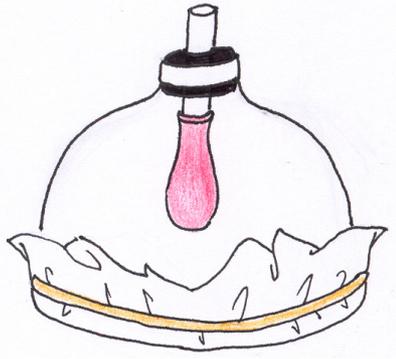
〔準備工作〕

1. 橫向切開寶特瓶，保留靠近瓶口的部分。
2. 自乳膠手套切取一塊薄膜。
3. 將乳膠薄膜罩住寶特瓶的切口處，瓶外以橡皮筋將乳膠膜束緊。（如圖一）



（圖一）

4. 在橡皮塞打孔，插緊空心塑膠管。再於管口處套上一小氣球。
5. 將上述接上氣球與塑膠管的橡皮塞，塞緊寶特瓶口。（如圖二）



(圖二)

6. 肺呼吸模型便告完成。

[動手做做看]

1. 以兩手指頭捏住乳膠膜再向瓶外拉，並觀察瓶內小氣球會有什麼動作。
2. 手指頭放開乳膠膜讓其回復原位，觀察瓶內小氣球跟著會有什麼動作。

[問題討論]

1. 肺呼吸模型中，

- (1)小氣球扮演人體那一器官的角色？(Ans：肺)
- (2)乳膠膜扮演人體那一器官的角色？(Ans：橫隔膜)
- (3)寶特瓶扮演人體那一器官的角色？(Ans：胸腔)
- (4)空心塑膠管扮演人體那一器官的角色？(Ans：氣管)

2. 以兩手指捏住乳膠膜再向瓶外拉時，

- (1)瓶內小氣球會有什麼動作？(Ans:小氣球會脹大)
- (2)瓶內小氣球為什麼會有此動作？(Ans:因膠膜向外拉時，瓶內體積增加，瓶內壓力降低到比大氣壓力小，大氣便由瓶外經塑膠管進入小氣球而使其脹大)
- (3)此動作類似肺呼吸的什麼動作？(Ans：吸氣；當我們吸氣時，橫隔膜肌肉向胸腔外拉，使胸腔的體積變大，壓力減小，肺臟內就有負壓產生，體外的大氣壓力就將空氣推入氣管再進入肺部，形成吸氣的動作)

3. 放開模型的乳膠膜讓其回到原位時，

- (1)瓶內小氣球會隨著有什麼動作？
(參考答案：小氣球會縮小)
- (2)瓶內小氣球為什麼會有此動作？
(參考答案：因膠膜回復原位的期間，瓶內體積減小，壓力增大到一大氣壓力以上，壓縮小氣球，使小氣球內的氣體逸出瓶外)
- (3)此動作類似於肺呼吸的什麼動作？
(參考答案：不再贅述；請參閱問題討論 2-(3))

實驗 9-1 無法吹脹的氣球

〔旨趣〕在人們的直覺中，要以口吹氣使氣球膨脹非常容易，但若將氣球套住寶特瓶口，則要吹脹瓶內氣球，就非易事了，這是許多人難以想像的事。

〔科學概念〕

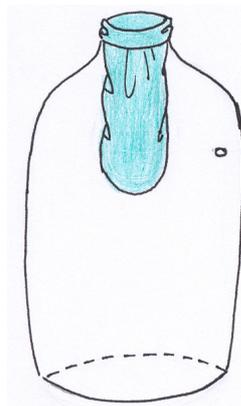
1. 大氣壓力
2. 力的平衡

〔實驗器材〕

- 寶特瓶 1 支 / 人
氣球 1 個 / 人

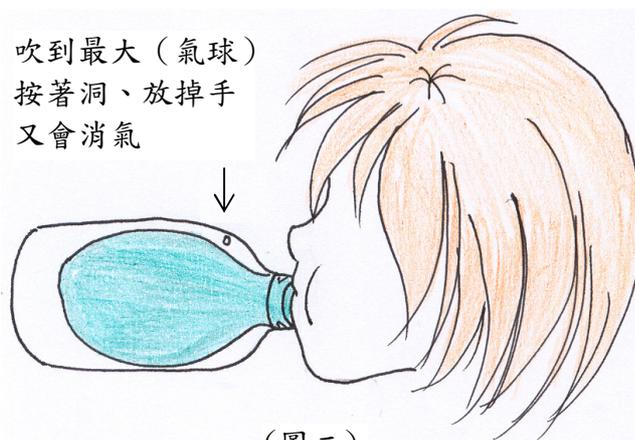
〔動手做做看〕

1. 取一寶特瓶，在腹部戳一個小孔。
2. 取一氣球，將氣球吹嘴套住寶特瓶口，如圖，再將氣球全部塞進寶特瓶內。(如圖一)



(圖一)

3. 先以手指按住小孔，再請你口含瓶口向瓶內吹氣，體驗是否能將氣球吹脹。
4. 放開小孔，再嘗試吹氣球，體驗是否可將氣球吹脹。(如圖二)



(圖二)

〔問題討論〕

1. 當堵住寶特瓶上的小孔時，氣球是否可被吹脹？（參考答案：否。）
為什麼？（參考答案：因小孔被堵住，瓶與氣球之間的氣體量便被固定，若氣球脹大，則該定量氣體體積減小，其壓力便自一個大氣壓力開始增大，吹的人須使出大於一大氣壓力的力氣，方能使氣球脹大，這個力氣是多數人所辦不到的。）
2. 當寶特瓶上的小孔暢通無阻時，氣球是否可被吹脹？（參考答案：是。）
為什麼？（參考答案：當瓶上小孔暢通無阻時，瓶與氣球之間氣體的壓力，隨時都保持在一個大氣壓，故嘗試吹脹此氣球，與寶特瓶不存在時吹同一氣球所需的力氣是一樣的。）

實驗 9-2 脹大後不消氣的氣球

〔旨趣〕本實驗介紹一脹大的氣球，在其吹嘴仍與大氣相通而未予封閉的情況下，氣球不會消氣。

〔科學概念〕

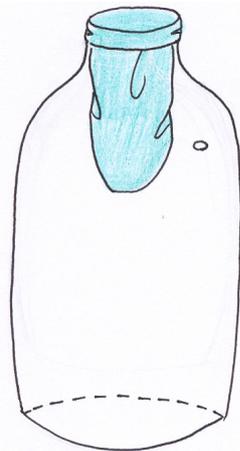
1. 大氣壓力
2. 力的平衡

〔實驗器材〕

寶特瓶
氣球囊

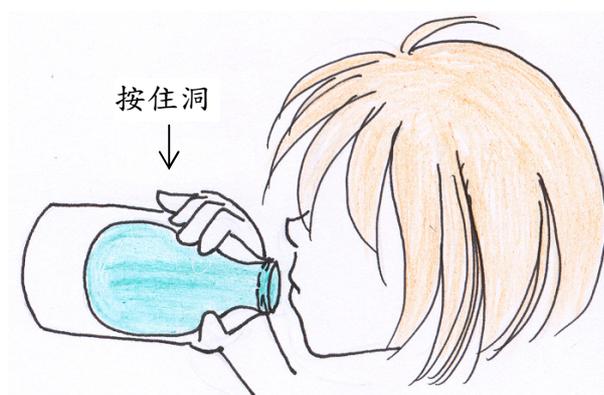
〔動手做做看〕

1. 取一寶特瓶，在其腹部戳一個小孔。
2. 取一氣球囊，將其吹嘴套住寶特瓶的瓶口，如圖，再將氣球全部塞入瓶內。(如圖一)



(圖一)

3. 保持寶特瓶腹部洞口敞開，口含瓶口並向瓶內吹氣，待氣球脹至最大的時刻，立刻以手指頭堵住寶特瓶的洞口，再將寶特瓶移開嘴巴。觀察瓶內氣球會如何。(如圖二)



(圖二)

4. 手指頭移開洞口，觀察瓶內氣球會如何。

〔問題討論〕

1. 當瓶內氣球被吹脹並堵住寶特瓶的洞口，寶特瓶移離嘴巴後，瓶內氣球是否會消氣？

（參考答案：否。）為什麼？（參考答案：當寶特瓶的洞口被堵住，瓶壁與氣球之間的空間形成一定量的氣體，若氣球消氣，則該空間體積增加，其壓力減小，小於氣球內的一大氣壓，故氣球內的大氣便施一大氣壓的力，使氣球皮保持向外擴張。）

2. 當手指移開洞口，瓶內氣球是否會消氣？（參考答案：是。）為什麼？（參考答案：當手指移開後，瓶壁與氣球囊之間的空間與大氣相通，其壓力便與大氣壓力相同，此時寶特瓶對氣球不發生任何作用，此時的氣球就如同單獨位於大氣中的氣球，球囊收縮的力，便將氣球內的空氣排出。）

實驗 9-3 寶特瓶噴泉

〔旨趣〕結合鑽孔的寶特瓶與氣球囊，將氣球囊灌水後，可形成一寶特瓶噴泉，甚為神奇。

〔科學概念〕

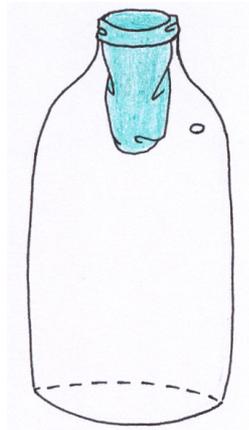
1. 大氣壓力
2. 彈性

〔實驗器材〕

1. 寶特瓶
2. 氣球囊

〔動手做做看〕

1. 取一寶特瓶，在其腹部戳一個小孔，在其瓶蓋也戳一個小孔。
2. 取一氣球囊，將其吹嘴套住寶特瓶的瓶口，如圖，再將氣球全部塞入瓶內。（如圖一）



（圖一）

3. 保持寶特瓶的洞口敞開，至自來水龍頭處，將自來水灌進寶特瓶內的氣球囊袋中。
4. 待氣球囊袋裝滿水，立刻以手指頭堵住寶特瓶的洞口，再關閉水源。（如圖二）



（圖二）

5. 手指持續堵住寶特瓶的洞口，觀察裝在氣球囊內的水是否會溢出，再將鑽洞的瓶蓋旋緊寶特瓶的瓶口。（如圖三）



(圖三)

6. 若放開手指頭，注意氣球囊內的水是否會噴出。（如圖四）



(圖四)

〔問題討論〕

1. 當寶特瓶的洞口被堵住時，氣球囊袋內的水是否會溢出？
（參考答案：否。）為什麼？（參考答案：參閱”脹大後不消氣的氣球”實驗之答案。）
2. 若手指頭移開寶特瓶的洞口，氣球囊袋內的水是否會噴出？（參考答案：是。）為什麼？（參考答案：參閱”脹大後不消氣的氣球”之答案。）

瓶內氣球 工作單

姓名：_____系級：_____日期：____年____月____日星期____

1. 取一洩氣的氣球與一個寶特瓶，把氣球的吹嘴套住瓶口，再把其餘的部份塞進瓶內。現在先請你預測，若我們來吹瓶內的氣球，氣球將有什麼狀況會發生？_____

2. 請你吹瓶內的氣球，實際發生的結果如何？_____

3. 請你自瓶口取下氣球，再吹氣球，所發生的結果又如何？

4. 比較步驟2與步驟3的結果，請你解釋兩者的結果為何不同？（請與同組的組員討論）_____

5. 在寶特瓶的腹部鑽一小孔，並將氣球套住瓶口。現在先請你預測，如果我們來吹此氣球，氣球將會發生什麼狀況？_____

6. 請你實際吹吹看，記下實際所發生的狀況並加以解釋？

7. 在此實驗活動中，你學到了什麼？

實驗10 杯子內倒不掉的水

〔旨趣〕本實驗旨在演示裝滿水的底片盒，在倒放的時候，大氣壓力使水不會流下。

〔科學概念〕

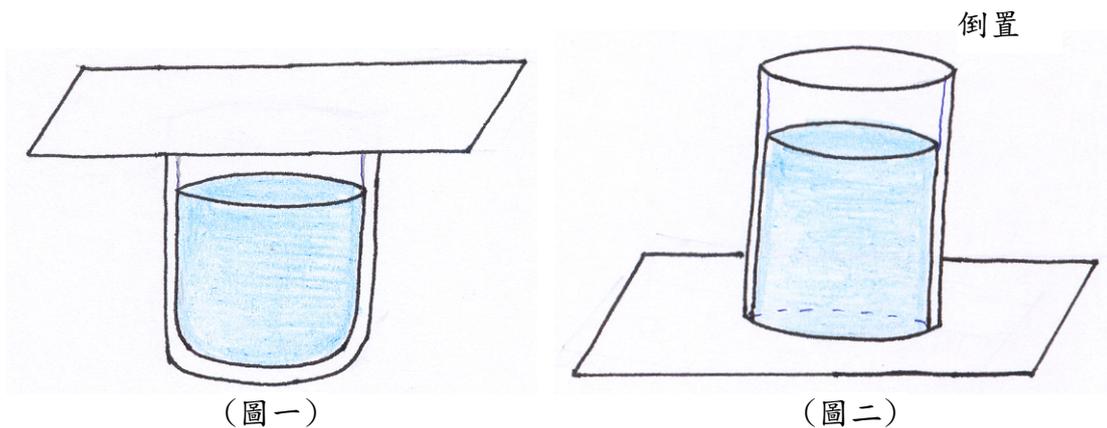
1. 大氣壓力
2. 力的平衡

〔實驗器材〕

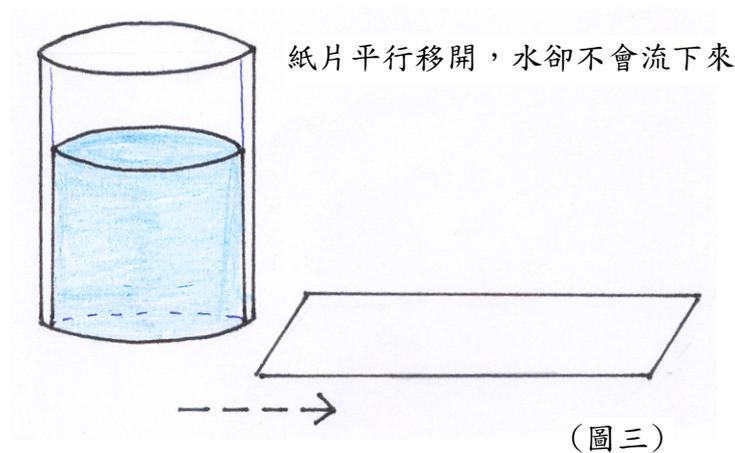
- 底片盒 1個 / 人
小紙片 1張 / 人

〔動手做做看〕

1. 一手持底片盒，開口朝上，並裝滿水。
(備註：水是否裝滿，均可做此實驗)
2. 取一張小紙片，蓋住底片盒的開口。(如圖一)
3. 另一手按住小紙片，雙手一起翻轉底片盒180度，使紙片及底片盒封口朝下，翻轉期間，須保持小紙片與開口密切接觸。(如圖二)



4. 移開按住小紙片的手後，紙片及水均停留在開口朝下的底片盒。(如圖三)



【問題討論】

1. 在底片盒翻轉，開口朝下之後，為何小紙片及水均仍停留在底片盒內？

實驗11 讓水只進不出的杯子

〔旨趣〕開口處黏貼一層紗網的杯子，裝水後，若將杯子倒拿，則水不會經過紗網流出，仍停留在杯子中，更進一步顯示大氣壓力的存在。

〔科學概念〕

1. 大氣壓力
2. 力的平衡

〔實驗器材〕

1. 塑膠杯 1個 / 人
2. 塑膠紗網（或療傷用紗布塊） 1片 / 人
3. 寫字用墊板 1塊 / 人

〔準備工作〕

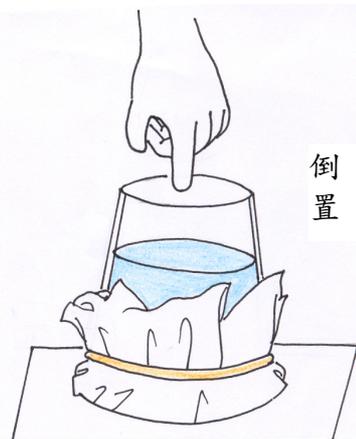
1. 以預熱後的電烙鐵在塑膠杯底部融化一個小孔。
2. 在塑膠杯的杯口罩上一紗布，再用橡皮筋將紗布加以束緊，使紗布固定在杯口，如圖。（如圖一）



3. 一個讓水只進不出的杯子，便告完成。

〔動手做做看〕

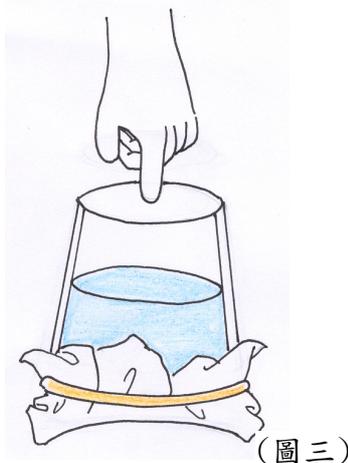
1. 一手持紗布塑膠杯，杯底以一手指堵住，保持杯子正立。
2. 將水倒入杯子。
3. 另一手持墊板蓋住杯口並按住不放，雙手一翻轉杯子180度，使杯口及墊板朝下。翻轉期間，杯底小洞隨時堵住。（如圖二）



(圖二)

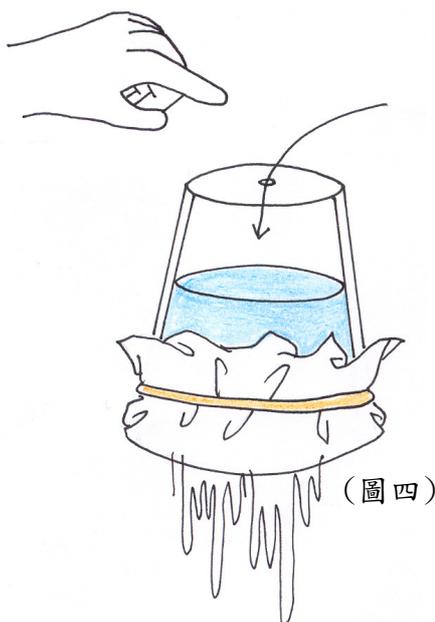
- 將墊板水平移開杯口後，水仍停留在杯口朝下的杯子中，並不會經紗布的網目流出。(杯底小孔須按住)
- 保持杯口朝下，觀察罩住杯口的紗布彎曲形狀。(如圖三)

紗布
向
內
凹



(圖三)

- 保持杯口朝下，若放開按住杯底的小孔，則見水便流出；若再按住小洞，則又可使水不流出。如此可重複數次加以觀察。(如圖四)



(圖四)

〔備註〕

在此實驗中，也可以廚房紙巾或面紙或蚊帳網取代紗布。

〔問題討論〕

- 當手堵住小洞，杯口朝下時，(1)為何水不會經紗布的網目流出？(2)此時紗布的形狀如何？(3)為何紗布會作此變形？
- 當杯口朝下時，若手指放開堵住杯底的小孔，則水會流出，這個現象我們可如何加以解釋？

實驗 12 壓力艙中的棉花糖

〔旨趣〕

將棉花糖放在密閉的注射筒內，抽拉或推擠活塞，小氣球或棉花糖的體積隨注射筒內壓力大小的變化，可一覽無遺。

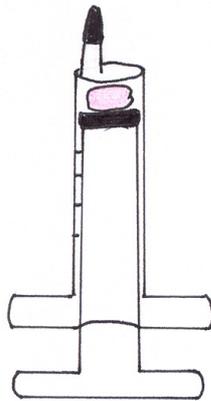
〔實驗器材〕

注射筒 (50cc) 1 個 / 人

棉花糖 (marshmallows) 2 顆 / 人

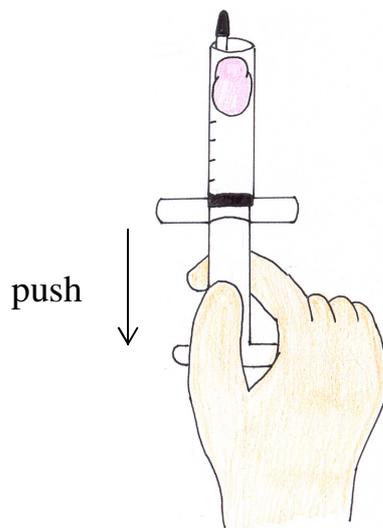
〔動手做做看〕

1. 取一注射筒。
2. 取下活塞及塑膠頭套。
3. 將一顆棉花糖放入筒身內以便實驗，另一顆置於桌上，以供對照。
4. 放回活塞並推進至約 30cc 處。
5. 將塑膠頭套封住注射筒的接口，如圖一。



圖一

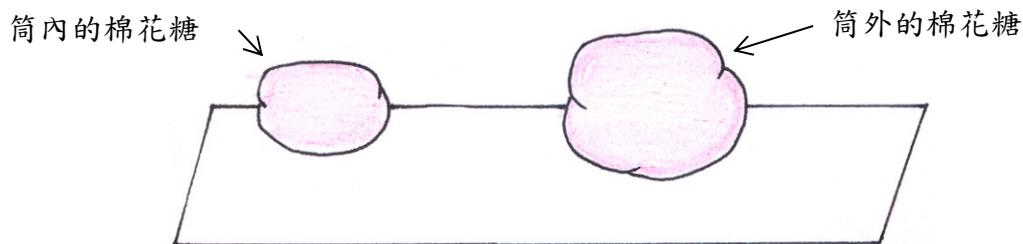
6. 抽拉 (或推壓) 活塞，觀察注射筒內的棉花糖作何反應？ (如圖二)



圖二

7. 重複步驟 6 數次。

8. 取出注射筒內的棉花糖，觀察棉花糖最後成了什麼樣子？（如圖三）
（並與在筒外的另一顆棉花糖作比較。）



圖三

〔問題討論〕

1. 當抽拉或推壓活塞時，棉花糖所作的反應，我們可如何加以解釋？
（參考答案：棉花糖的製造過程，將空氣困在糖中，因此糖中含有許多微小的氣室，這些小氣室隨著外加壓力的增減而縮小或膨脹。）
2. 最後棉花糖自注射筒取出時變得萎縮且皺皺的，我們可如何加以解釋？
（參考答案：在棉花糖歷經數次的收縮或膨脹，一些空氣逃脫，棉花糖便萎縮了。）

實驗 13 自動爬升的吸管

〔旨趣〕若無任何支撐，一個物體受重力作用，就自然而然往下掉，但在本實驗中，一根試管雖仍受重力的作用，大氣壓力卻可使其往上升。

〔科學概念〕

1. 大氣壓力

〔實驗器材〕

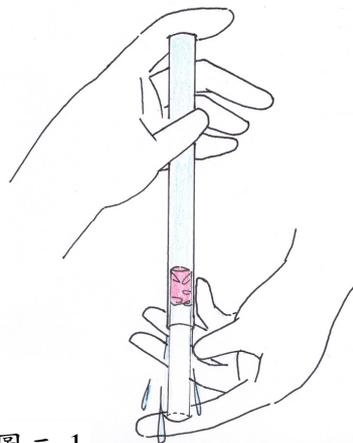
兩支口徑稍微不同的飲料塑膠吸管(口徑較小的吸管恰能插入口徑較大的吸管)

〔動手做〕

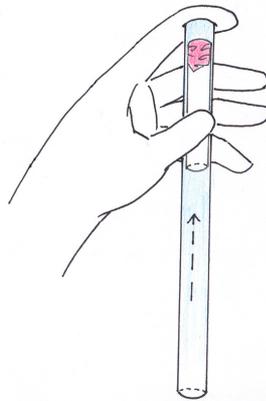
1. 將口徑較小的吸管的一端，以紙塞住。
2. 取一洗臉盆，裝半滿的水。
3. 將口徑較大的吸管，整支沒入水中，讓水流入並佔滿整支吸管。
4. 手指頭伸進水中，先堵住大吸管的一端開口，再將大吸管自水中提起，同時手指隨時堵住開口，大吸管保持封口在上、開口朝下的垂直方向。(如圖一)



5. 將小吸管自大吸管下方的開口插入，再向上推進一些，使大吸管內的水流出一些後，便會見到小吸管在大吸管內自動上升。(如圖二)



圖二-1



圖二-2

〔問題討論〕

1. 小吸管在大吸管內會自動上升，我們可如何解釋這個現象？

(參考答案：就小吸管所受的力量而言，其上方雖有水將小吸管向下推，但大氣壓力卻將小吸管向上推，當小吸管上方的水流出時，向下的推力漸減，但大氣施予小吸管的向上推力卻始終保持固定，若小吸管所受向下的推力減小到小於大氣所施予向上的推力時，小吸管便開始上升。一旦小吸管上升以後，更多的水繼續流出，向上與向下的力量差也隨著加大，小吸管上升也隨之加快。)

實驗 14 自動膨脹氣球

〔旨趣〕在密閉容器內，與氣體壓力大小有關的因素，除了體積與溫度兩變因之外，還有更基本的因素便是氣體分子的多寡，若分子數目越多，則氣體的體積或壓力就越大。本實驗先將化學反應物封裝在密閉容器內，利用該反應所產生的二氧化碳來呈現氣體壓力的增加與體積的膨脹。

〔科學概念〕

1. 化學反應
2. 壓力隨分子數增加

〔實驗器材〕

- | | |
|------|---------|
| 氣球 | 1 個 / 人 |
| 小蘇打粉 | 1 匙 / 人 |
| 醋 | 1 匙 / 人 |

〔動手做做看〕

1. 取一氣球囊。
2. 在氣球內裝填一匙小蘇打粉。
3. 再加入一匙醋至氣球中，隨後快速在氣球吹口處打結綁緊。
4. 觀察氣球會有什麼現象發生？這現象可如何加以解釋？

〔問題討論〕

1. 小蘇打粉與醋一起放入氣球囊後，氣球會有什麼現象發生？（參考答案：脹大）這現象可如何加以解釋？（參考答案：氣球囊內的氣體分子數目增加了。）
2. 小蘇打粉與醋的化學反應會產生何種氣體？（參考答案：二氧化碳 CO_2 ，市面販賣一種自我膨脹充氣包（self-inflatable balloon），廠商在製作該氣球時，先將醋封裝在一薄弱的小塑膠袋（子袋）中，再將該子袋連同一些小蘇打粉一起封裝在另一較大且堅韌的塑膠袋（母袋）中，將母袋的外表加以美化後，便是販售的成品，使用前成品扁而薄，不佔體積。顧客欲使用該充氣包時，先須隔著母袋將裝醋的子袋捏破，使醋與小蘇打在母袋內發生化學反應而產生二氧化碳（ CO_2 ），二氧化碳氣體便使母袋膨脹而形成一個脹飽氣體的充氣包。）

實驗 15 化學地雷與燙手山芋

〔旨趣〕將會產生氣體的化學反應在密閉的容器內進行，容器內所產生氣體的數量逐漸累積，壓力也隨著增加，當壓力增加到一臨界值，容器內的氣體便會沖爆容器同時發出聲響。本實驗所採用的反應物皆為製造食品的用料，不具有危險性，但生動性極高。

〔科學概念〕

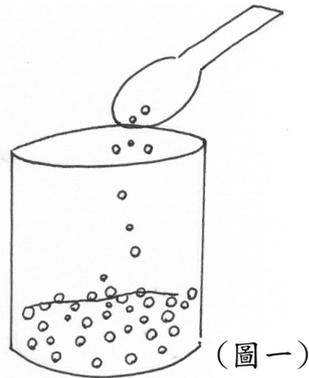
1. 化學反應
2. 壓力隨分子數增加

〔實驗器材〕

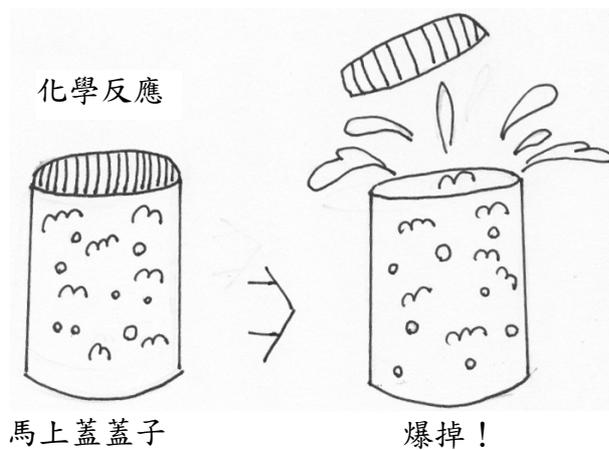
1. 底片盒 1 個 / 人
2. 小蘇打粉 1 匙 / 人
3. 醋 1 匙 / 人

〔動手做做看〕

1. 取底片盒一個，放置於桌上。
2. 在底片盒中裝填一匙小蘇打粉。(如圖一)



3. 再加入一匙醋，隨後快速將底片盒蓋緊。(如圖二)



(圖二)

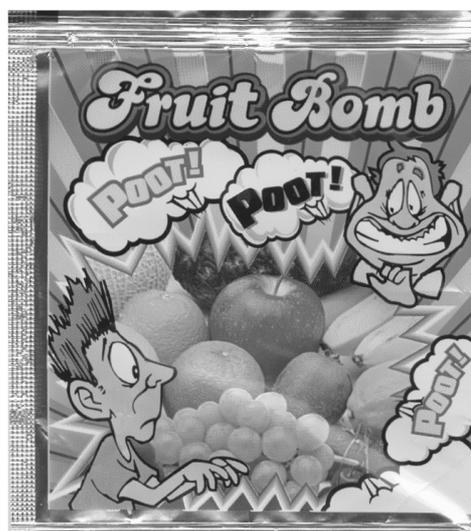
4. 靜候一會兒，觀察底片盒會有什麼現象發生？

5. 把底片盒重新裝填小蘇打及醋，加蓋後，再將底片盒置於裝水的臉盆中，觀察會如何？
6. 為增加上課的生動性，課堂上可進行如下的燙手山芋活動：
 - 甲、將全班同學予以分組，每組 10 人。
 - 乙、每組準備底片盒一個，裝妥小蘇打粉。
 - 丙、再加入一匙醋後，快速將底片盒蓋緊。
 - 丁、請同組同學傳遞上述底片盒，看看底片盒傳到誰的手中會爆開。

〔問題討論〕

填裝小蘇打粉及醋的密閉底片盒，靜候一會兒會有什麼現象發生？

(參考答案：底片盒蓋會被爆開飛出同時發出聲響。) 我們可如何解釋此現象？(參考答案：密閉的底片盒內填裝小蘇打粉及醋，兩者反應後會產生二氧化碳氣體，使盒內的壓力逐漸增加，當壓力增加至底片盒所能忍受的極限，盒蓋便會炸開。市面販售一種玩具叫做“水果炸彈”(fruit bomb)，如圖，該玩具強韌的母袋內裝有小蘇打粉及一塑膠子袋，子袋內另裝有醋，所包裝小蘇打粉及醋的劑量很大，當隔著母袋捏破子袋使小蘇打與醋混合後，所產生二氧化碳的量遠超過母袋所能容納，故二氧化碳氣體擠爆母袋便發出一聲足以嚇人的聲響。)



實驗 16 簡易內燃機-酒精炮

〔旨趣〕在密閉容器內，若氣體分子的數目增加，則壓力隨著增加。如果氣體分子數目的增加，是在瞬間發生，則氣體的壓力便可發揮具震撼性的威力，本實驗利用酒精蒸氣在密閉養樂多瓶內燃燒，瞬間產生大量的二氧化碳氣體，將養樂多瓶射出數公尺之遠，深具震撼力，本實驗也同時讓學生瞭解內燃機最基本的原理。

〔科學概念〕

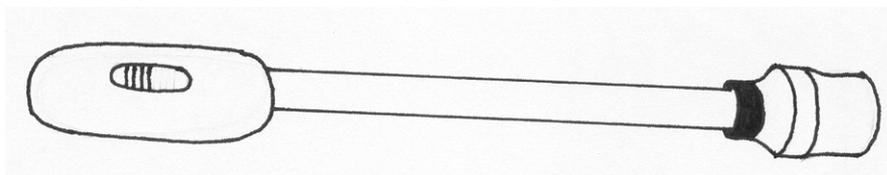
1. 蒸發
2. 內燃機

〔實驗器材〕

1. 養樂多瓶 1 個 / 人
2. 瓦斯槍 1 根 / 人
3. 酒精 數 cc / 人
4. 橡皮塞 1 個 / 人

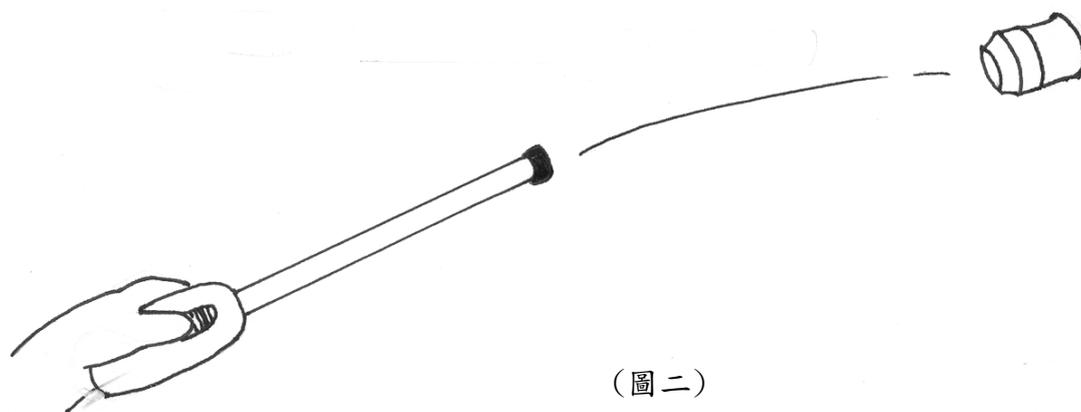
〔動手做做看〕

1. 取一 9 號橡皮塞，中心鑽孔，孔徑大小以橡皮塞恰能緊緊套住瓦斯槍頸部。
2. 人員攜至戶外場所。
3. 先將瓦斯槍的安全閥鎖住，使其喪失點燃功能。
4. 滴一滴酒精入養樂多瓶。(絕對不能超過一滴，否則威力太大)
5. 將養樂多瓶套住橡皮塞，酒精炮便告完成。(如圖一)



(圖一)

6. 解開瓦斯槍的安全閥。
7. 使瓦斯槍點火，養樂多瓶便被轟離橡皮塞，觀察一滴酒精所造成的威力多大？(如圖二)



(圖二)

〔問題討論〕

養樂多瓶被轟離橡皮塞的威力，從何而來？

(參考答案：滴進瓶內的酒精先蒸發，便成酒精蒸氣，當瓦斯槍點火，引燃酒精蒸氣，酒精蒸氣燃燒後，在密閉的養樂多瓶內瞬間產生大量的二氧化碳氣體，瓶內突然增加的氣體壓力，便將瓶快速抽離橡皮塞。故養樂多瓶被轟出的威力，來自瓶內數目突然增加的二氧化碳氣體分子。)

〔備註〕此實驗雖不具殺傷力，但不宜在教室內進行，應至室外空曠的場所進行，以策安全。

實驗 17 氣流造成低氣壓

〔旨趣〕當氣體流動時，在流速較快的地方，壓力較小；而在流速較慢的地方，則壓力較大。若一物體置於壓力不等的兩位置之間，便會受到力量的推移，產生許多意想不到的事件。

〔科學概念〕

1. 白努利定律

〔實驗器材〕

序號	品名	規格	單位	數量
1.	白紙	A4	張	2

〔動手做做看〕

1. 如圖，兩手各持一張白紙，並將白紙貼於臉頰的兩邊，使兩白紙保持平行，如圖一。



圖一

2. 嘴向兩白紙之間吹氣，觀察兩白紙移動的方向，如圖二。



用力吹
2張 A4 紙
緊貼在一起

圖二

〔問題討論〕

1. 嘴向兩平行白紙之間吹氣時，兩白紙會如何移動？（參考答案：兩白紙會彼此靠攏。）如何解釋此現象？（參考答案：向兩紙之間吹氣時，兩紙之內的氣流速度增大，壓力降低；而兩紙之外側幾乎無氣流，壓力仍保持一大氣壓，因此兩外側的壓力大於中間的壓力，所造成向內推的壓力差將兩紙彼此靠攏，且吹氣越猛，兩紙便越靠近，甚至相互撞擊發出啪啪聲。）

實驗 18 吹不走的乒乓球

〔旨趣〕利用氣流在流速不同的位置所形成的壓力差，乒乓球不但吹不走，反緊貼住漏斗。

〔科學概念〕

1. 白努利定律

〔實驗器材〕

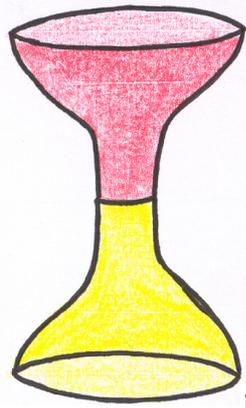
序號	品名	單位	數量
1.	塑膠漏斗	個	2
2.	乒乓球(或等大的保麗龍球)	個	1
3.	吹風機(梳理頭髮用)	具	1

〔動手做做看〕

1. 漏斗兩端各有一開口，下面我們要稱呼開口較大的一端為入口端，而開口較小的一端為出口端。
2. 將漏斗瘦細的出口端含在嘴裡。
3. 將乒乓球（或保麗龍球）以手指頂住漏斗的入口端。
4. 用力由出口端向漏斗吹氣，隨後移開手指頭，觀察乒乓球是否會被吹走？（如圖一）



5. 利用吹風機將一漏斗的出口端加熱使其軟化。
6. 將另一漏斗的出口端插入上述漏斗加熱軟化的出口端，使兩漏斗結合成沙漏狀，如圖二。



圖二

7. 沙漏一邊以手指頂住一乒乓球，另一邊頂住吹風機的出風口，如圖三。



圖三

8. 打開吹風機電源，隨後移開頂住乒乓球的手指頭，觀察乒乓球的動作。

〔問題討論〕

1. 在此實驗中，為何越用力吹，乒乓球反而越被吸住？
(參考答案：根據白努利定律，氣流流速越大的地方，壓力越小；而氣流流速越小的地方壓力越大，不同位置之間形成一壓力差，此壓力差便推壓乒乓球使其依附在漏斗內。)

實驗 19 吹不掉的紙片

〔旨趣〕通常我們利用吹氣可將輕微的東西吹走，但本實驗卻顯示與這個經驗完全相反的現象，不但吹不走一張小紙片，且越吹紙片卻貼得越緊。

〔科學概念〕

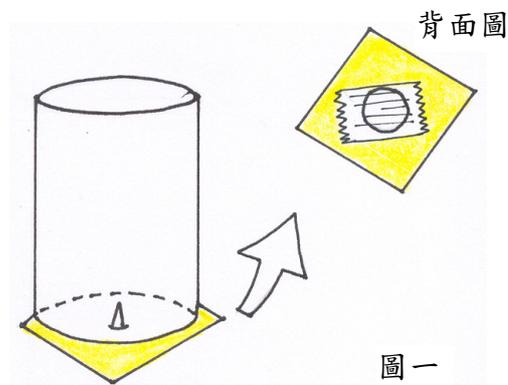
1. 白努利定律

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	底片盒	個	1
2.	圖釘	個	1

〔動手做做看〕

1. 在底片盒底部以電烙鐵（或熱熔膠槍）熔一個小孔。
2. 剪取一片略大於底片盒橫切面的紙片。
3. 將圖釘穿過紙片的中心，並以膠帶將圖釘固定在紙片上。
4. 將底片盒的開口頂住嘴唇。
5. 讓連在紙片上的圖釘穿過底片盒的中心，並以手指頭頂住紙片，使其靠住底片盒下方的底面，如圖一。



6. 用力向底片盒吹氣，隨後放開手指頭，觀察底片盒下方的紙片，是否會被吹落，如圖二。



圖二

〔問題討論〕

1. 當吹氣時，在放開手指頭後，底片盒下方的紙片是否會被吹落？（參考答案：否。）我們可如何解釋此現象？（參考答案：嘴向底片盒吹氣，氣流經過底面的小孔後，便在底面與紙片間向四面八方呈輻射狀流出，因此紙片上方壓力減小，而紙片下方幾乎沒空氣的流動，仍保持在一大氣壓，紙片上下的壓力差，便將紙片向上方推，使紙片緊靠住底片盒的底部。
2. 此實驗為什麼要用圖釘？
（參考答案：防止紙片與底片盒底面作橫向平行移動。）

實驗 20 吹 BB 彈

〔旨趣〕

本實驗利用極簡單的材料，設計一生動有趣的實驗，來展現白努利氣體動力學的奧秘。

〔科學概念〕

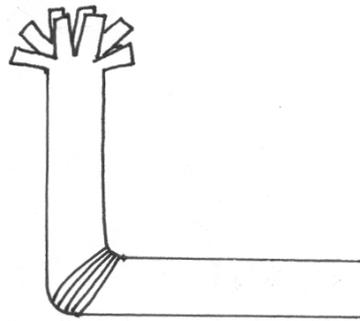
1. 白努利定律

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	飲料吸管（可打折）	支	1
2.	BB 彈	粒	1

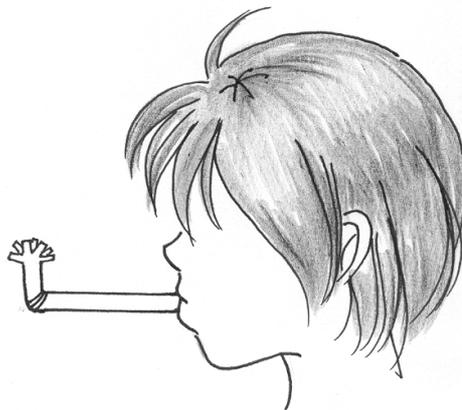
〔動手做做看〕

1. 取一可打折吸管，以剪刀將一端的管口剪開成 8 個開叉，再利用原子筆力頂開口，使開叉向外張開成漏斗狀，如圖一。



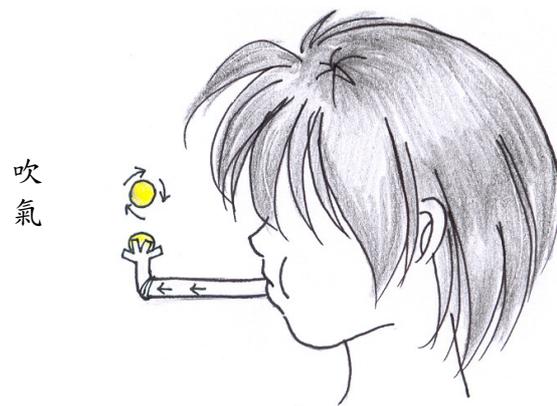
圖一

2. 將吸管彎折，以嘴含吸管的另一管口，如抽煙者含煙斗狀，如圖二。



圖二

3. 將 BB 彈置於吸管開口端的開叉上。
4. 以適度的力道吹氣，使 BB 彈持續飄浮在吸管開口上方而不飛離；若停止吹氣，則 BB 彈便下落，掉在張開的開叉上，如圖三。



圖三

〔問題討論〕

1. 吹氣時，BB 彈為何能持續飄浮在吸管開口的正上方？

(參考答案：由於吹出的向上氣流速度較快，而氣流外圍氣體的速度較小，根據白努利定律，在氣流所經過之處，其壓力較氣流的外圍處來得小，形成外圍壓力大而中央壓力小的壓力強弱分布，一旦 BB 彈稍有偏離，壓力便立刻將它推回中央區，故 BB 彈飄浮的位置可持續保持在管口的正上方。)

實驗 21 變化球的模擬

〔旨趣〕

在棒球、乒乓球、或網球運動中，常常出現外角球、內角球、下墜球、上飄球、抽球、切球等變化球的展現，這些變化球的球路，我們可用本實驗加以模擬。

〔科學概念〕

1. 變化球
2. 白努利定律

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	紙杯	個	2
2.	橡皮筋	條	4
3.	膠帶	段	1

〔動手做做看〕

1. 將兩紙杯的底部緊靠，杯口朝外。
2. 以膠帶貼住紙杯底部，使兩紙杯結為一體。
3. 以橡皮筋串接成一長條。
4. 將串接後的橡皮筋一端以拇指按住在兩紙杯中央的接合處上，再將橡皮筋在接合處的周圍纏繞數圈。
5. 一手持紙杯，另一手捏住橡皮筋的另一端，將紙杯向空中彈出，觀察被彈出後紙杯的運動及其所走的路徑。

〔問題討論〕

1. 被彈出後，紙杯作何種運動？
(參考答案：紙杯一方面旋轉，一方面移動。)
2. 紙杯所走的路徑為何？
(參考答案：紙杯所走的路徑，會有轉彎的現象，轉彎的方向與旋轉的方向如圖所示。)



實驗 22 半截的火焰－熱傳導

〔旨趣〕打火機點燃時，我們所看到的是一完整的火焰，利用金屬網的熱傳導作用，我們可讓打火機點燃，但只出現火焰的上半部或下半部。

〔科學概念〕

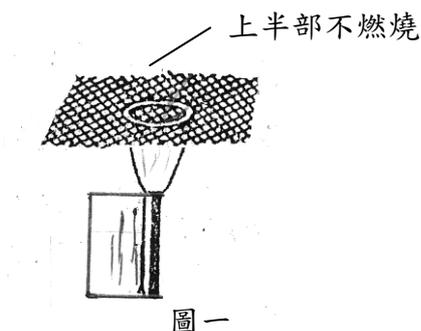
1. 熱的傳導
2. 物體的燃點
3. 蒸發

〔實驗器材〕

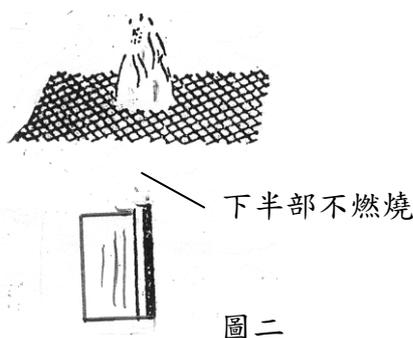
序號	品名	單位	數量
1.	金屬網	片	1
2.	打火機	個	2

〔動手做做看〕

1. 一手持打火機，另一手持金屬網，將金屬網水平放在打火機的正上方。(如圖一)



2. 點燃打火機並壓住按鈕不放，讓火焰持續燃燒，以另一手控制金屬網的高度，使金屬網在火焰上下移動，觀察火焰的燃燒情形。
3. 甲人仿步驟 1。
4. 甲人慢慢按下按鈕，使可燃氣體自打火機逸出（但不引燃），並壓住按鈕不放。
5. 乙人持另一打火機並將打火機移至金屬網上方後加以打燃，以引燃甲人打火機所逸出的氣體，觀察火焰的形狀（如圖二）。

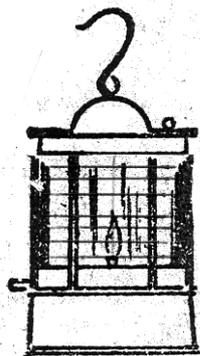


〔問題討論〕

1. 利用金屬網，只能引燃半截的火焰，我們可如何解釋此現象？（參考答案：(1)要將某物體燃燒，溫度必須達到一特有的臨界溫度以上，該溫度稱為該物體的燃點。(2)金屬材料的傳導性能甚佳，在金屬網某一邊燃燒的半截火焰所產生的熱被金屬網快速傳導散開，致使金屬網另一邊的溫度無法上升達到自打火機逸出的氣體的燃點，因為金屬網的隔絕，故火焰只能在金屬網的某一邊燃燒。)

〔應用實例〕

1. 家用瓦斯爐的爐芯都是用傳導性佳的金属材料所作用，點燃瓦斯後，火焰所產生的熱受到金屬爐蕊的隔絕，方能使瓦斯不會於輸送管內燃燒。
2. 在礦坑中的工作人員，使用一種特殊設計的安全煤油燈（如圖三），燈的四周罩上金屬網，燈的內部燃燒煤油，雖然金屬網內煤油在燃燒，由於金屬網的熱傳導作用，網外的溫度就不會上升到礦坑內易燃氣體的燃點，才不會引發礦坑災變。



圖三

實驗 23 旋轉的紙蛇

〔旨趣〕

利用空氣受熱而上升的對流現象，可驅使一紙線圈繞一垂直軸轉動。

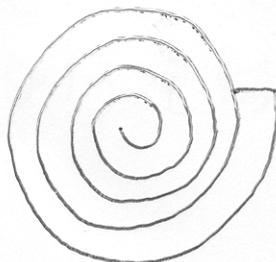
〔科學概念〕 熱的傳播；對流

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	蠟燭	支	1
2.	縫紉線	段	1
3.	鐵線	段	1
4.	紙	張	1
5.	膠帶	段	1

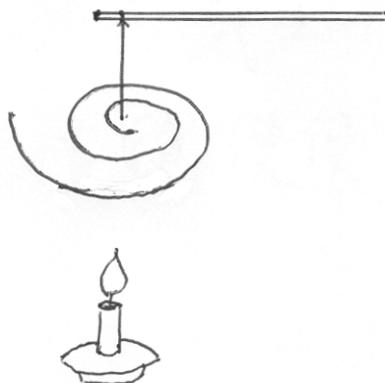
〔動手做做看〕

1. 如圖一，將白紙仿所畫圓弧線剪開。



圖一

2. 將裁縫線的一端以膠帶黏住紙線圈的中心，裁縫線的另一端綁在鐵線的端點，如圖二，當以鐵線提起紙線圈時，紙線圈像是一條蛇。



圖二

3. 點燃蠟燭，並將蠟燭豎立於淺碟上。

4. 手提鐵線將紙線圈移至蠟燭的正上方，觀察紙線圈會如何？

〔問題討論〕

1. 當紙蛇移至點燃蠟燭的正上方時，紙蛇會如何運動？為什麼？

（參考答案：紙蛇會繞著裁縫線轉動。因為點燃的燭火將其上方的空氣予以加熱，由於熱空氣的密度較周圍的冷空氣小，因而熱空氣上升，上升的熱氣流推動紙蛇便使其繞著裁縫線旋轉。）

實驗 24 熱對流

〔旨趣〕液體（或氣體）底部受熱，密度減小而向上升，四周密度較大的液體便補充至該處而形成熱對流，這是眾所週知的現象。反過來說，如果液體底部冷而上方熱，就不會發生熱對流的現象，這倒是少有罕見的現象，本實驗將兩種現象以對照比較的方式呈現。

〔科學概念〕

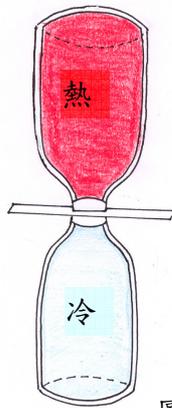
1. 熱對流

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	寶特瓶	支	4
2.	小墊板	片	1
3.	紅墨水	瓶	1
4.	熱水		
5.	冷水		

〔動手做做看〕

1. 將兩支寶特瓶裝滿冷水；另兩支寶特瓶裝滿熱水，再滴入數滴紅墨水，讓熱水以紅顏色為記號。
2. 在一支熱水瓶口蓋上墊板，一手握瓶另一手托住墊板，將熱水瓶倒翻，使倒立熱水瓶的瓶口剛好對放置在正立冷水瓶口之上。
。（如圖一）



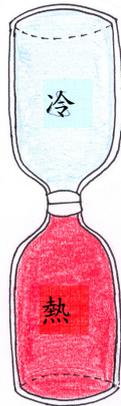
圖一

3. 緩慢抽出夾在兩瓶口間的墊板，讓兩瓶內的水能互通。（如圖二）



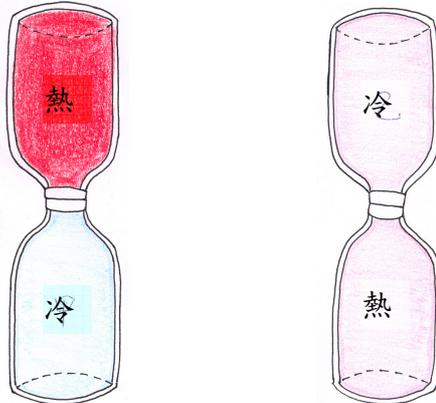
圖二

4. 同步驟 2 與 3，但冷水瓶在上，熱水瓶在下。（如圖三）



圖三

5. 稍待數分鐘後，觀察冷熱水在每一組合的兩瓶內流動的現象，並比較兩組合的差異。（如圖四）



圖四

〔問題討論〕

1. 熱水在下冷水在上的組合中，是否可看見明顯的對流現象？
（參考答案：是。）
2. 冷水在下熱水在上的組合中，對流現象是否明顯可見？
（參考答案：否。）
3. 我們如何解釋上述兩現象的差異？
（參考答案：物體幾乎都有熱脹冷縮的現象，液體受熱膨脹，密度減小而向上浮升，若熱水在下冷水在上，便可形成上下熱對流，反之，若冷水在下而熱水在上，便無法形成上下對流了。）

實驗 25 溫水在注射筒中沸騰

〔旨趣〕平常在家煮開水，水的沸點約 100°C 。但水的沸點會隨壓力而變，若壓力降低，則水的沸點也隨著降低。利用注射筒裝溫水，當筒內壓力減少時，溫水也會沸騰。

〔科學概念〕

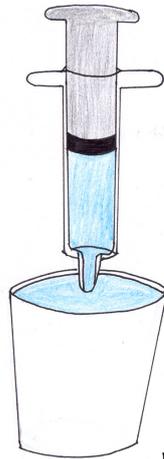
1. 沸騰
2. 波義耳定律

〔實驗器材〕

1. 50cc 塑膠注射筒
2. 溫水 (40°C 以上)
3. 溫度計

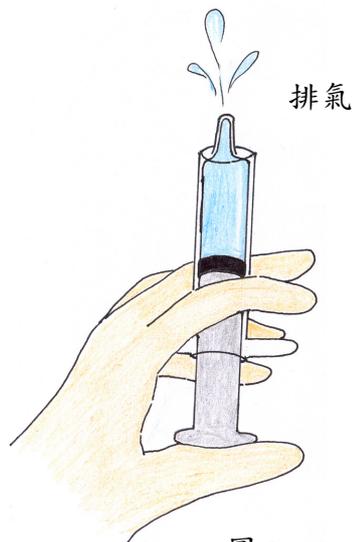
〔動手做做看〕

1. 取一杯溫水，並測試溫水的溫度。
2. 取一塑膠注射筒，吸取溫水進入筒內，如圖一。



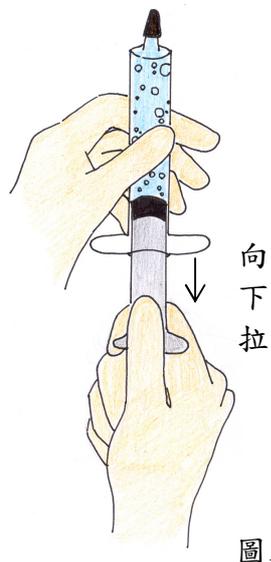
圖一

3. 將注射筒豎直，接口在上活塞在下，並將筒內的氣體推出注射筒，如圖二。



圖二

4. 取密封塑膠套，將注射筒的接口罩住。
5. 抽拉活塞並觀察筒內溫水所發生的狀況，如圖三。



圖三

〔問題討論〕

1. 抽拉活塞，裝於注射筒內的溫水會發生什麼狀況？

(參考答案：氣泡自水的內部產生並冒出水面，此即水沸騰的現象。)

實驗 26 簡易水果電池

〔旨趣〕

將兩種不同金屬置於電解液中便可產生電流，日常生活所用的電池便是根據此原理所做成，在本實驗中，我們利用銅片與鋅片為電極，以水果為電解液，來製作一簡易的乾電池。

〔科學概念〕

1. 伏打電池
2. 金屬的化學反應性
3. 電路

〔實驗器材〕

品名	單位	數量
銅片（約 1 cm×3 cm）	片	1
鋅片（約 1 cm×3 cm）	片	1
附銅夾導線	條	2
水果（檸檬、或蘋果或西瓜等擇一）	個	1
發光二極體	個	1

〔動手做做看〕

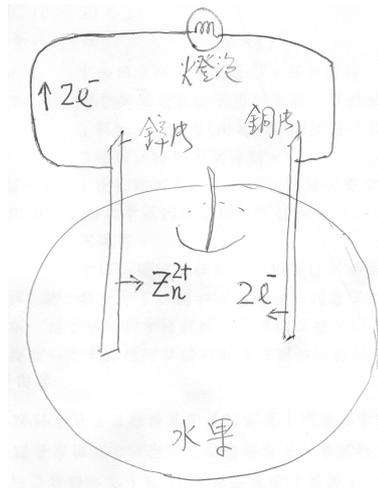
1. 將銅片與鋅片分別插入水果的不同位置（避免銅片與鋅片直接接觸），成為一水果電池備用。
2. 取出發光二極體，以附銅夾導線將二極體的兩端分別接在水果電池的銅板與鋅板上，觀察二極體是否會發光。

〔問題討論〕

1. 插入銅片與鋅片的水果，具有什麼功能？
（參考答案：電池的功能，如圖。）

2. 插入水果中的銅片與鋅片，何者為正極？何者為負極？

（參考答案：如圖，此水果電池為最簡易的鋅銅電池，因鋅與電解質中陰離子的化學反應性比銅高，故當電池放電時，鋅片失去電子而溶解於電解質中，此電子經外部電路傳抵銅片，電解質中的陽離子便被吸附到銅片，電子便由銅片再流入電解質中，形成一迴路，故鋅為負極，銅為正極。）



3. 如果插入水果的兩金屬片同為銅片，或者同為鋅片，則所做出來的電池有電嗎？

(參考答案：否，因兩片相同的金屬板與水果內電解質的化學反應性相同，故兩極驅動電荷流動的勢力相等，便無法產生電流。)

實驗 27 木炭鋁箔電池

〔旨趣〕

市售乾電池會發出電力是大眾習以為常的事，至於乾電池的構造為何及乾電池為什麼會發出電力等問題，是許多人所不知的事。本實驗只利用木炭與鋁箔便可製作出電力不小的簡易電池。

〔科學概念〕

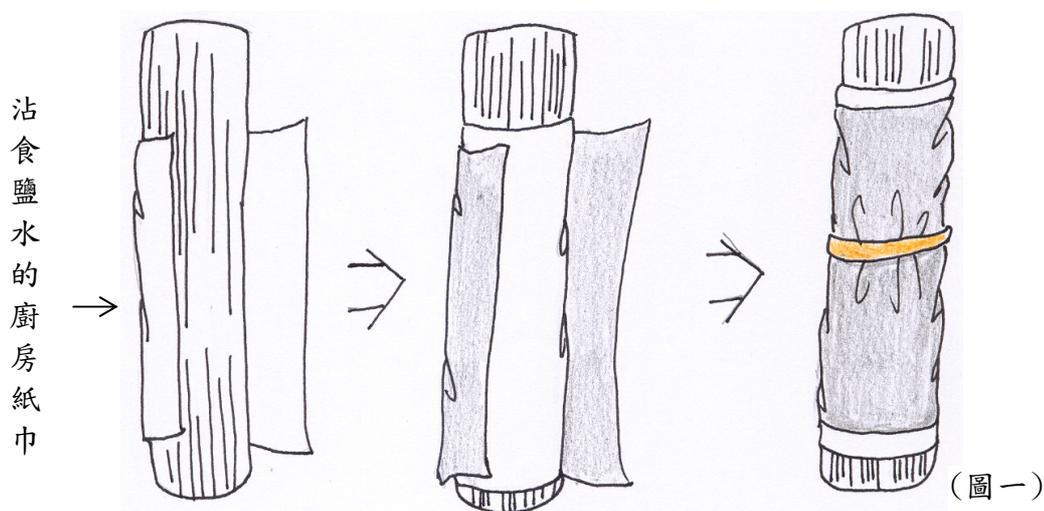
1. 伏打電池
2. 正極、負極
3. 電路

〔實驗器材〕

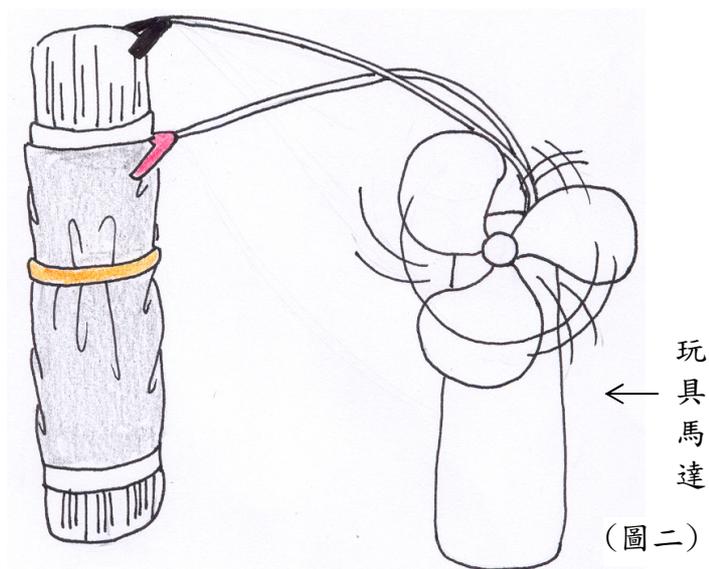
序號	品名	單位	數量
1.	木炭（備長炭效果佳，長度約為 22 公分，周圍長約 10 公分）	段	1
2.	鋁箔（廚房用）	片	1
3.	廚房紙巾	張	3
4.	鹽		
5.	橡皮筋	條	1
6.	玩具馬達	具	1
7.	導線（兩端附銅夾）	條	2

〔動手做做看〕

1. 沖泡一瓶飽和食鹽水備用。
2. 撕取三張廚房紙巾，包覆木炭。
3. 將飽和食鹽水澆濕紙巾。
4. 將鋁箔包覆住濕紙巾，鋁箔外再以橡皮筋加以固定，電池便告完成。
（如圖一）



5. 取一導線，將其一端的銅夾夾住電池中的木炭端，另一端夾住玩具馬達的正極。
6. 取另一條導線，將其一端夾住包住電池的鋁箔，另一端夾住玩具馬達的負極後，便形成一電流迴路，馬達開始轉動，且轉動時間可達8分鐘之久。(如圖二)



[問題討論]

1. 在本實驗中，木炭、鋁箔、食鹽水分別扮演什麼功能？
(參考答案：木炭扮演電池的正極，鋁箔扮演負極，食鹽水則扮演電解質的角色。)

實驗 28 電流的磁效應

〔旨趣〕

通有電流的導線會產生磁場，可使放在導線附近的磁針偏轉，這個發現使原來被認為電與磁互不相干的兩種現象交連起來。本實驗組合自己動手繞成的線圈、乾電池便可產生磁場，若將此組合放在投影機（OHP）上，更可看到磁針受載流線圈所產生磁場的作用而偏轉的現象。

〔科學概念〕

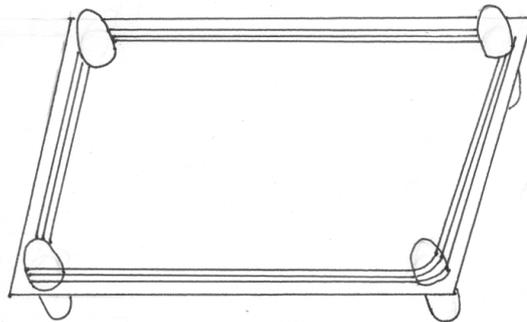
1. 電流造成磁場
2. 磁力
3. 電路

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	漆包線	段	1
2.	乾電池	個	1
3.	磁針	個	1
4.	投影機	具	1
5.	壓克力板	塊	1
6.	接線頭	個	4

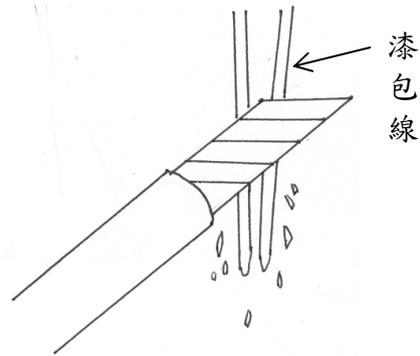
〔動手做做看〕

1. 取透明壓克力板，在四個角落鑽洞。
2. 在四個洞上安裝接線頭。
3. 將漆包線繞著四個接線頭，纏 10 圈，如圖一。



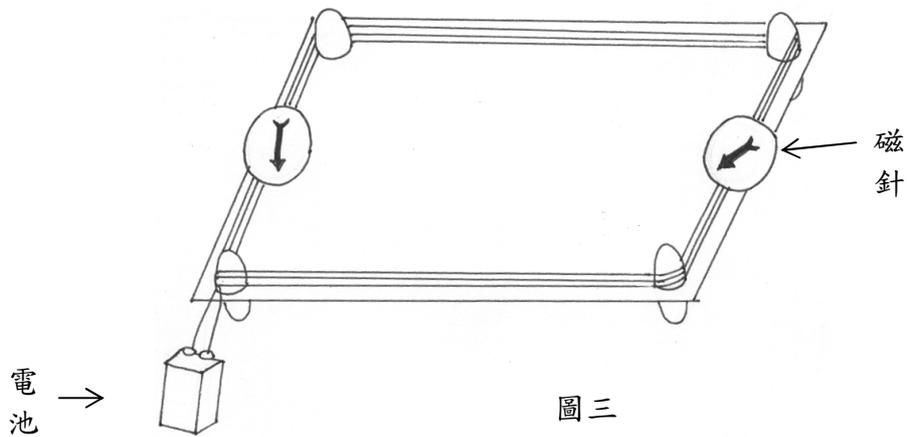
圖一

4. 在漆包線兩端刮除表面所塗的漆，使銅線裸露，以便連接電源，如圖二。



圖二

5. 將壓克力板連線圈一同放在投影機上。
6. 將磁針置於線圈的附近。
7. 將乾電池的正負極，接於線圈兩端，形成載流迴路，並觀察線圈通電瞬間磁針的反應，如圖三。



圖三

[問題討論]

1. 線圈通電的瞬間，磁針作何反應？
 (參考答案：若將磁針放在南北方向的導線上方，且電流由南向北，則線圈通電前後，磁針會由與導線平行的方向，向 N 極向西 S 極向東的方向。)

實驗 29 簡易傳統馬達

〔旨趣〕

載有電流的線圈在磁場中會受到磁力的作用，磁力使線圈旋轉，旋轉的線圈再帶動輪軸，這便是馬達的基本原理。由於實際的馬達構造複雜，初學者難以瞭解，本實驗利用很簡單的器材，便可讓學生親自做出一個簡易而神奇的馬達，且學生在製作的過程中，還可學到電磁學的相關知識。

〔科學概念〕

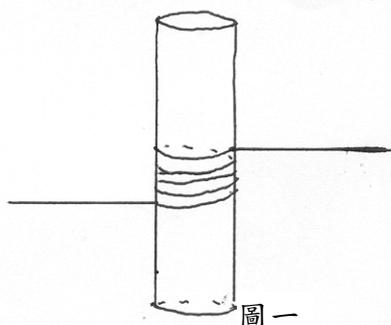
1. 電流磁效應
2. 磁力
3. 電路

〔實驗器材〕

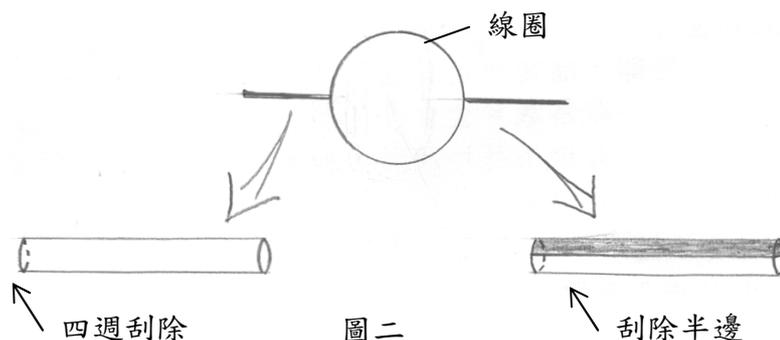
序號	品名	單位	數量
1.	磁鐵	個	1
2.	漆包線	段	1
3.	乾電池	個	1
4.	迴紋針	只	2
5.	筆桿或圓木條	支	1

〔動手做做看〕

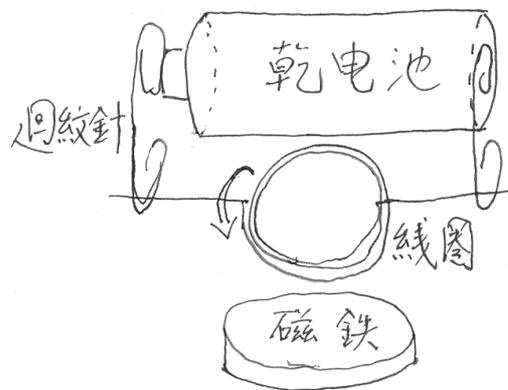
1. 取一直徑約 2 公分的圓柱體（如筆桿、圓木條等）。
2. 將漆包線在圓柱體上纏繞約 10 圈，兩端拉出直引線，如圖一。



3. 將漆包線一端引線的四週的漆全部以砂紙予以刮除。
4. 將漆包線另一端引線的漆，刮除半邊，保留另半邊，如圖二。



5. 以手指將兩根迴紋針分別按住在乾電池的正負極上。
6. 將線圈的兩端引線跨在兩迴紋針上，如圖三。



圖三

7. 將磁鐵置於桌上備用。
8. 將電池、迴紋針、及線圈所構成的組合，一起移至磁鐵的正上方。
9. 稍微撥動線圈，讓線圈可持續轉動。

[問題討論]

1. 此實驗中為何要將線圈兩端的漆加以刮除？
 (參考答案：漆包線是以銅線為蕊，銅線的表面塗敷一層漆而成，漆的功用是作為絕緣體，把線圈兩端的漆加以刮除，是為了線圈可透過迴紋針與電池構成一載流迴路。)
2. 此裝置中的線圈為何會轉動？
 (參考答案：因載流導線在磁場中受磁力的作用而形成一力矩，此力矩使得線圈在磁場中轉動。)
3. 線圈的一端為何要將漆刮除半邊保留半邊？
 (參考答案：讓線圈每轉半圈有電流而每轉另外的半圈沒有電流，如此才能讓線圈所受到的力矩維持同向，線圈才能朝同一方向持續旋轉。)

實驗 30 簡易另類馬達

〔旨趣〕

一般所見到的馬達，幾乎都是根據載流線圈在磁場中受磁力作用而轉動的原理，製作而成。本實驗所欲製作的簡易馬達，非常另類，與一般馬達的構造全然不同，一則沒用到一般馬達所必備的線圈，二則另類馬達運轉時，會轉動的物體是磁鐵。簡易另類馬達的製作比簡易傳統馬達還更簡單、更神奇！

〔科學概念〕

1. 電流的磁效應
2. 電流在磁場所受的力
3. 電路

〔實驗器材〕

乾電池（AA，1.5V，負極以鐵皮做成者）

強力磁鐵（圓盤形狀者）

鐵釘（長約 6 公分）

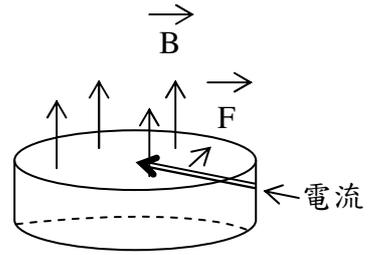
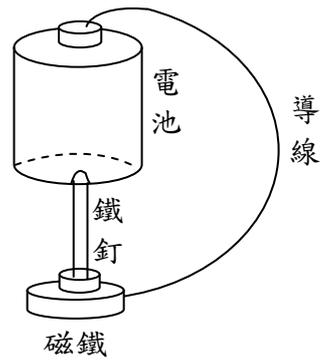
導線

〔動手做做看〕

1. 剪取一段導線，剝去兩端的塑膠外皮，露出銅蕊。
2. 取一顆強力磁鐵及一支鐵釘，以鐵釘的釘頭吸住磁鐵。
3. 取一乾電池，以左手拿住，保持正極在上負極在下懸於半空。
4. 將吸附著磁鐵的鐵釘的尖端向上頂在乾電池下方的負極板上，讓鐵釘及磁鐵吸附在電池的正下方，且電池、鐵釘及磁鐵都在同一條鉛垂線上。
5. 左手將導線的一端按住在電池上方的正極，右手持導線的另一端（電刷），輕輕碰觸磁鐵的腹部，當電流通過迴路時，鐵釘連同磁鐵便一起繞著一鉛垂線轉動。

〔問題討論〕

1. 原來無磁性的鐵釘，在釘頭吸附磁鐵後，鐵釘的尖端為何會吸住電池的負極？
（參考答案：因磁鐵吸住鐵釘，將鐵釘予以磁化，使鐵釘的兩頭形成 N 或 S 極，此時鐵釘就是另一個磁鐵，可吸住電池下方的磁鐵。）
2. 磁鐵與鐵釘為何會旋轉？
（參考答案：當接上導線形成一迴路時，讓我們注意電流在由電刷經磁鐵流到鐵釘的這一段路程，電流的方向是在近乎水平面上且指向磁鐵的中心，這段電流受到磁鐵的磁場的作用，磁場的方向與磁鐵盤面垂直（沿鉛垂線向上或向下），根據必歐－沙伐定律（Biot-Savart law），這段電流會受到一磁力的作用，



磁力的方向與電流垂直同時也與磁場垂直，也就是說磁力的方向在水平面上，與磁鐵圓盤面的徑向垂直，就是此磁力使磁鐵與鐵釘繞著鉛垂線轉動。)

實驗 31 電磁感應

〔旨趣〕

若一個迴路所包圍的磁通量發生變化，則此迴路便會產生一電動勢與電流，本實驗將燈泡連接一段導線構成一迴路，置於打開的電磁爐上，燈泡便可發光，來體現電磁感應的現象。

〔科學概念〕

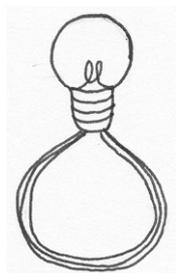
1. 電磁感應
2. 電路

〔實驗器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	家用電磁爐	具	1
2.	小燈泡	個	1
3.	導線	段	1
4.	布	塊	1

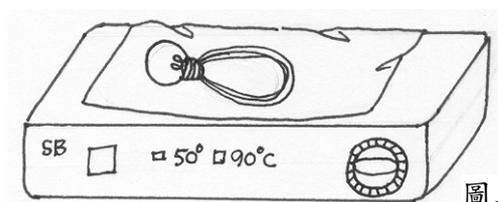
〔實驗步驟〕

1. 將小燈泡的正、負兩極分別連接在一導線的兩端，構成一迴路，如圖一。



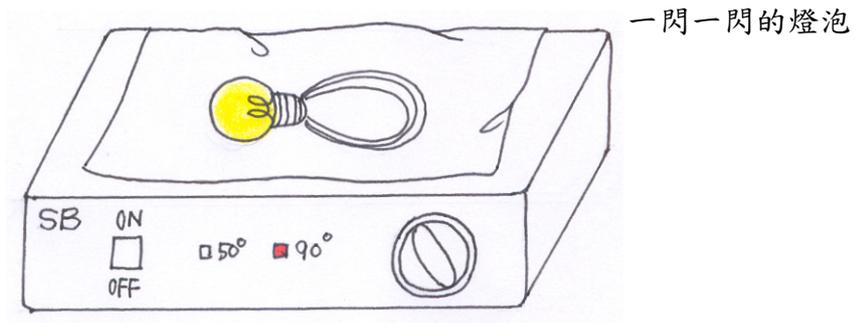
圖一

2. 取一電磁爐，在爐面上鋪蓋一塊保麗龍或布料等，再將迴路置於其上面，如圖二。



圖二

3. 開啟電磁爐的電源並調整電力，觀察燈泡的發光情形，如圖三。



圖三

〔問題討論〕

1. 迴路與電磁爐之間有電絕緣體加以隔開，但燈泡仍會發光，燈泡發光的原因何在？

(參考答案：電磁爐本身乃利用交流電發出隨時間變化的磁場，當迴路置於此磁場中，迴路所包圍的磁通量便也跟時間作同步的變化，根據冷次定律，當一迴路所包圍的磁通路隨時間而改變時，迴路內便會形成一電動勢與電流，故迴路內的燈泡便發光。)

實驗 32 揭開魔術的面紗

〔旨趣〕

魔術的表演是以偽裝、隱瞞或聲東擊西以分散觀眾注意力等不實的手法，在眾人面前製造戲劇性效果。雖然其手法不實，但其取悅大眾的社會功能，仍具有不可抹殺的正面意義。魔術表演所運用的手法，常常是利用從科學裏所找到的題材，一位成名的魔術師，也必須精通某些科學的道理才行。

本實驗以淨化水質為例，利用二塊小磁鐵間的磁力，再配合一些道具及假動作的修飾，便可上場表演一齣精采的魔術秀，同時也可瞭解魔術是如何應用巧妙的花招。

〔科學概念〕 1. 魔術與科學的差異

〔實驗器材〕

品名	單位	數量	備註
小塑膠罐連罩	個	1	
黑色海報紙	張	1	
磁鐵	個	2	
紙片	片	1	二面全白
紙片	片	1	一面白一面黑

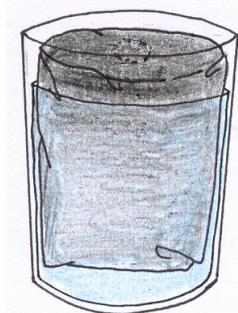
〔道具製作〕

1. 將黑色紙裁成與塑膠罐等高，摺疊後，頂面加一磁鐵。
2. 塑膠蓋上貼一磁鐵。
3. 裁兩張白紙，將其中一張的一面塗黑。

〔動手做做看〕

一、表演前道具的安置

1. 塑膠罐裝礦泉水，插入摺疊後的黑色紙片，使塑膠罐看起來如裝滿髒水，如圖一。



圖一

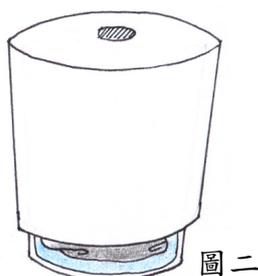
2. 桌上平擺兩張紙片，一張兩面全白；另一張一面白一面黑，黑色的一面朝下不得曝光讓人看到做了手腳。

二、驗水

1. 左手舉起裝滿髒水的塑膠罐(無蓋)示眾,偽裝罐子裏的水很髒。
2. 右手舉起一面白一面黑的紙片示眾,切記讓觀眾只能看見白的一面,而黑的一面絕不能讓觀眾看到。
3. 將上述紙片浸入水中,並將紙片在水中加以旋轉 180°,使黑色一面朝觀眾而白色一面朝觀眾看不到的方向。
4. 將紙片自水中提起示眾,偽裝原為白色的紙片已被污水染黑。
5. 將使用過後的紙片擺回桌面,黑的一面朝上。

三、淨水

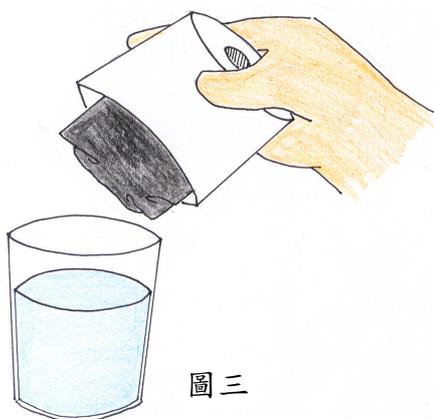
6. 右手取蓋,蓋上罐子,確信蓋子吸住黑色紙片,如圖二。



7. 罩上一塊布,認真的做些假動作(如對罐子吹一口氣等)。

四、揭示淨化後的成果

8. 拿掉蓋布,提起瓶罩並會連帶將黑色塑膠布一起,讓觀眾看清一罐清淨的水,如圖三。



9. 取出兩面皆白的紙片,當眾驗水表示淨化後的水質無虞。
10. 表演者可再將淨化後罐內的水喝下,以增加戲劇性效果。

[問題討論]

本實驗偽裝能淨化水質,其關鍵在那裏?

- (參考答案:(1)罐子內利用黑色紙使乾淨的水被誤看成髒水。
 (2)檢測水質的紙片,已事先做了手腳,將一面塗黑。
 (3)淨水的偽裝動作,其實是利用兩不同磁極間的吸引力,將黑色紙吸附在罐蓋上。)

第二篇 動手做科學的探究

探究1 測量工具的設計與製作

〔旨趣〕

科學的探究工作，常需要將所探討的對象加以量化，以便找出變項間的數量關係，再經由此關係建立有關所研究現象的理論。

欲測量一個量，首先須有測量的工具，一般人雖都知道如何使用常用的量具，但對於量具是如何製作出來的，則少有概念。本實作活動就如何製作物體重量的測量工具，以桿秤與水秤為例來說明製作測量工具的概念與步驟，其中單位的選擇與刻度校準（calibration）是所欲說明的重要環節。

〔實作器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	竹筷	根	1
2.	小螺帽	個	1
3.	紙杯	個	1
4.	棉線	捲	1
5.	十元硬幣	個	8
6.	小刀	把	1
7.	試管	個	1
8.	量筒	個	1

〔動手做做看〕

一、如圖，桿秤為測量物體重量的工具。請你利用所提供的材料，製作一桿秤。（並設定此桿秤適用的重量範圍為0~8個拾元硬幣重之間）

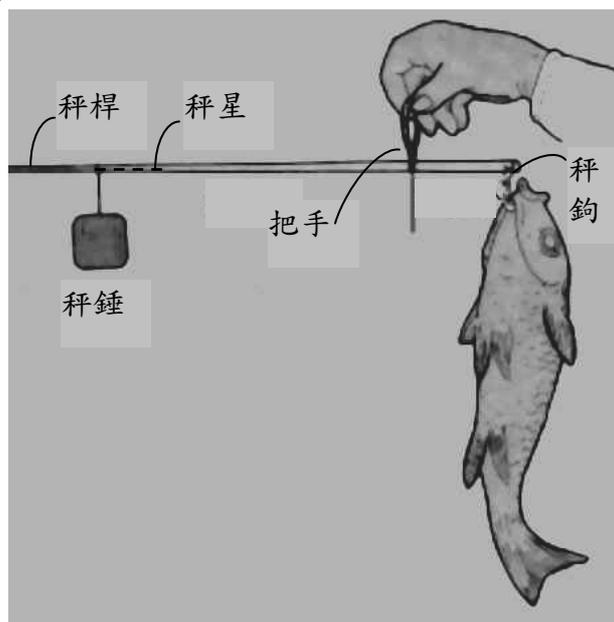


圖 桿秤

二、請繳回所有拾元硬幣後，再請你利用所製作的桿秤測量兩物體 A 與 B 的重量：

重物 A 為_____硬幣重；重物 B 為_____硬幣重

三、利用桿秤測物體重量時，因為物重與力臂具有一對一的函數關係，故校準力臂（也就是秤星）的刻度，可指示待測物體的重量。根據上述理念，請你利用試管與量筒，再設計與製作測量重量的另一工具（水秤）。

四、除了重量的測量以外，請你舉出測量其他物理量的測量工具與其設計原理。（事例越多越好！）

學生姓名：_____

二、重物 A 為_____硬幣重；重物 B 為_____硬幣重

三、(一) 水秤的製作程序為：

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- :
- :

(二) 以水秤測量重物 A 為_____個硬幣重；重物 B 為_____硬幣重

四、其它物理量測量工具的事例：

待測物理量	測量工具名稱	設計原理

探究2 利用自由落體測定反應時間

〔旨趣〕

行駛高速公路的安全距離是以秒計算，小型車與前車須保持 2 秒的行車距離。以學生自己本身的反應時間為研究的樣本，可引發學習者高度的關切性 (relevance)，本實作活動旨在讓學生了解並測量自己從接受視覺訊息到執行動作反應的時間差，及此時間差對某些緊急狀況 (如交通事故等) 的關鍵性。其次，學生可從此活動中體驗自由落體的運動。第三，彙集本活動所有學生的反應時間測量結果，可產生一組資料，提供敘述統計教學之用。

〔實作器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	塑膠尺 (45 公分)	把	1

〔動手做做看〕

1. 將全班予以分組，每組 2 人，其中一人為受試者，另一人為助手。

一、拇指與其它四指閉合的反應時間測定

1. 如圖，助手持尺並讓尺保持鉛垂方向；受試者將手擱於桌面上並打開拇指與四指的 2.5 公分，跨在尺的兩邊，作出欲捏住尺的手勢，記下受試者手指在直尺的位置。
2. 在無預警下，助手鬆手讓塑膠尺自由落下，受試者見直尺落下，應立刻閉合拇指與四指以捏住尺 (手的位置須保持在桌面上)，記下受試者捏住直尺的位置，在學習單上記下從助手鬆手到受試者捏住尺的時距內，尺落下的距離 H 為多少公分？
3. 利用自由落體的時距與落下距離對照表，求出受試者的反應時間 T 為幾秒？填入學習單中。
4. 重覆步驟 1~3 做 5 次實驗。
5. 求取受試者的平均反應時間。
6. 受試者換另一隻手，重覆上述實驗。
7. 受試者與助手角色對調，重覆步驟 1~6 的實驗。

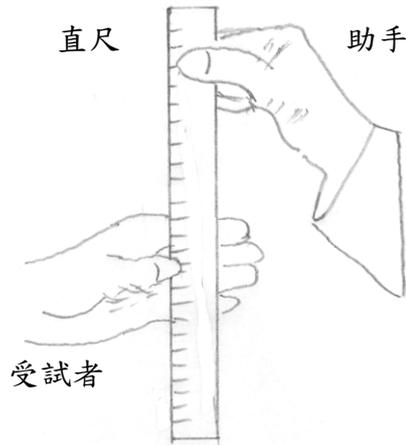


圖 手指的反應時間測定實驗

二、模擬煞車的反應時間

1. 選取一處鉛垂的牆面，受試者將腳伸出擺在距離牆面約 10 公分處，腳掌平放地板。
2. 助手將直尺貼緊牆面並保持鉛垂方向。
3. 在無預警下，助手鬆手讓尺沿牆面自由掉落。受試者一發現直尺落下，須立刻以腳踩直尺，讓直尺懸空貼住牆上。
4. 記下從助手鬆手到受試者踩住尺的時距內，直尺下落的距離 H 為多少公分？（若直尺觸及地板後，受試者才踩住直尺，則不予採計。）
5. 利用自由落體的距離與時間對照表，求出受試者腳的反應時間 T 為幾秒？
6. 重覆步驟 1~5 做 5 次實驗，求取腳反應時間的平均值。
7. 受試者改換以另一隻腳，重覆步驟 1~5 做上述實驗。

註：在本實驗中，受試者不可以有猜測助手何時將鬆手的心理而事先採取動作，若出現此"偷跑"的狀況，則該數據不予採計。

〔問題討論〕

1. 就同一個人而言，右手的反應時間與左手是否有區別？
2. 當你駕車在高速路以每小時 100 公里的速度行駛時，若突然看到前方發生狀況必須馬上踩煞車，則從眼睛看到路況到抬腳接觸到煞車板之前，車子已走了多少公尺？這個距離相當於幾個車身？
3. 就妳的求學經驗，在課堂上自老師在台上講解到你腦袋能瞭解吸收老師的講解內容，是否有反應時間？約多久？（回答時請舉一實例作說明。）
4. 你認為你的反應時間比其他人長或短？
5. 就性別而言，反應時間是否男女有別？
6. 手與腳的反應時間是否相同？

自由落體落下時距與落下距離對照表

如圖，一圓球由靜止釋放自由落下，其落下時距與落下距離關係如下表

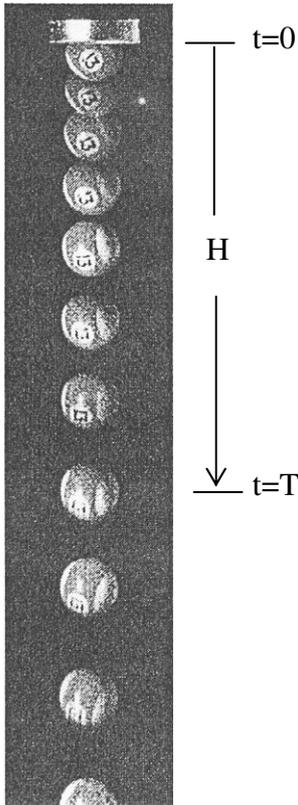


圖 自由落體在
T 秒內落下
距離為 H

時距(秒)	落下距離(公分)	時距(秒)	落下距離(公分)
0.00	0.0	0.26	33.1
0.01	0.0	0.27	35.7
0.02	0.2	0.28	38.4
0.03	0.4	0.29	41.2
0.04	0.8	0.30	44.1
0.05	1.2	0.31	47.1
0.06	1.8	0.32	50.2
0.07	2.4	0.33	53.4
0.08	3.1	0.34	56.6
0.09	4.0	0.35	60.0
0.10	4.9	0.36	63.5
0.11	5.9	0.37	67.1
0.12	7.1	0.38	70.8
0.13	8.3	0.39	74.5
0.14	9.6	0.40	78.4
0.15	11.0	0.41	82.4
0.16	12.5	0.42	86.4
0.17	14.2	0.43	90.6
0.18	15.9	0.44	94.9
0.19	17.7	0.45	99.2
0.20	19.6	0.46	103.7
0.21	21.6	0.47	108.2
0.22	23.7	0.48	112.9
0.23	25.9	0.49	117.6
0.24	28.2	0.50	122.5
0.25	30.6		

利用自由落體測定反應時間
學習單

姓名：_____ ID 字號：_____ 系級：_____ 年制_____ 系_____ 年_____ 班

你習慣用那一手寫字：右 左

反應時間的測量

		次數	直尺落下距離 H(公分)	反應時間 T(秒)	平均值(秒)
一、手指	右手	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
	左手	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
二、腳	右腳	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
	左腳	1			
		2			
		3			
		4			
		5			

1. 就同一個人而言，右手的反應時間與左手是否有區別？

2. 當你駕車在高速路以每小時 100 公里的速度行駛時，若突然看到前方發生狀況必須馬上踩煞車，則從眼睛看到路況到抬腳接觸到煞車板之前，車子已走了多少公尺？這個距離相當於幾個車身？

3. 就你的求學經驗，在課堂上自老師在台上講解到你腦袋能瞭解吸收老師的講解內容，是否有反應時間？約多久？（回答時請舉一實例作說明。）

4. 你認為你的反應時間比其他人長或短？

5. 就性別而言，反應時間是否男女有別？

6. 手與腳的反應時間是否相同？

探究3 吹箭

〔旨趣〕

本探究實作以極簡單的器材但很生動有趣的吹箭實驗，提供學生演練科學探究的整個過程，培養學生的科學過程技能如指認變因、提出假設、指出操作型定義、測量與分析數據、下達結論等。

〔實作器材〕

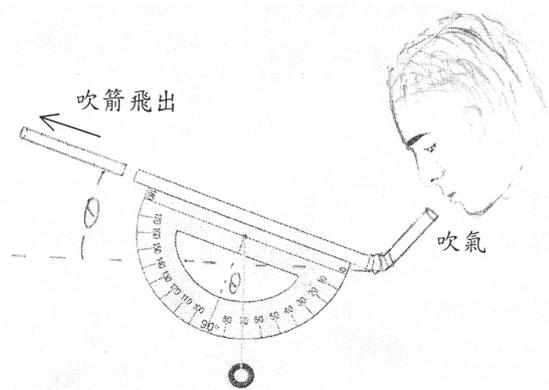
序號	品名	單位	數量
1.	飲料吸管（一大一小）	支	2
2.	量角器（半圓形）	片	1
3.	螺帽	個	1

〔動手做做看〕

一、裝置：

如圖

1. 取兩支口徑不等的吸管，以口徑較小者作為飛箭；口徑較大者作為發射筒。
2. 在小吸管飛箭的一端，塞進紙片加以堵住。
3. 在大吸管上繫綁量角器。
4. 將小螺帽以細線綁在量角器的圓心，以測量吹箭的仰角 θ 。
5. 將小吸管飛箭套入大吸管發射筒。
6. 在大吸管發射筒的另一端用力吹氣，便可將小吸管飛箭吹出。



二、研究問題的界定

如果我們希望將吹箭射出越遠越好，則水平射程與仰角有何關係。

三、指出變因：

若以小吸管飛行的水平距離為因變因，指出此因變因受那些操縱變因的影響。

四、提出假設

- 就所列舉每一操縱變因，試擬假設，以推測水平距離如何受該操縱變因的影響
- 若以發射角 θ 為操縱變因，你試擬的假設為何？

五、測量操作型定義

- 小吸管被吹出後，飛行的水平距離如何測量？
- 小吸管被吹出時的發射角如何測量？

六、設計實驗

那些控制變因應加以固定
指出你所要進行的實驗步驟

- 七、 收集數據
- 八、 製作數據圖與數據表
- 九、 變因間關係的描述
- 十、 下達結論

探究4 運動量對肺活量的影響

〔旨趣〕

在科學現象的探究中，會影響現象的結果且可加以改變的所有因素，都稱為變因。在同一現象中所牽涉到的變因可能會有很多個，研究者為了確切瞭解其中每一個變因對結果的影響，所以常常每次實驗只改變某一個變因，而保持其餘的因素固定不變，來探討該單一變因對實驗結果的影響，則在此實驗中，被加以改變的變因稱為操縱變因，其餘固定不變的稱為自制變因，會隨操縱變因而改變的實驗結果稱為應變變因。

本實作活動，旨在探討運動量對肺活量的影響，故操縱變因為運動量，應變變因為肺活量，因研究的樣本是學生自身，故此活動對引發學生的學習意願應有相當的激勵作用。

就科學的學習而言，本實作活動旨在培養學生測量、製作數據表格、變項間的函數關係圖、及達成結論等方面的科學過程技能。

〔實作器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	寶特瓶（2 公斤裝）	支	2
2.	橡皮塞	個	1
3.	橡皮軟管	段	2
4.	壓克力管	截	2

〔動手做做看〕

本活動包括兩部分，第一部分為測肺活量量具的製作；第二部分為運動量對肺活量影響的測量。

一、量具製作：

1. 如圖，取兩寶特瓶，其一作為控制瓶，另一作為收集瓶。

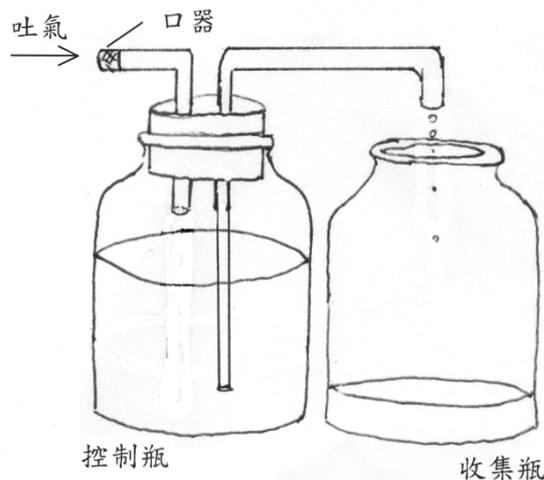


圖 簡易肺活量測量裝置

2. 控制瓶裝水。
3. 在控制瓶口塞進一個兩孔橡皮塞。
4. 將一長一短的壓克力管分別插入橡皮塞的兩個孔。
5. 將兩壓克力管分別套上橡皮軟管。
6. 將一橡皮軟管的尾端牽引到收集瓶的上方，以便可接納橡皮管將流出的水。
7. 取一衛生紙套蓋在另一橡皮管的尾端作為口器。
8. 盡力吸足氣體後，以口含住口器同時盡力呼出氣體，讓控制瓶內的水受壓而流向收集瓶。
9. 以量筒測量收集瓶所收集的水的體積，該體積便是你的肺活量近似值。

二、運動量對肺活量的影響

若患有氣喘或心臟或血管疾病，請勿進行此運動實驗。

1. 在安靜狀態下，測量你的肺活量。
2. 登上你的座椅再下回地面連續 5 次，立刻測量你的肺活量。
3. 充分休息後，上下座椅連續 10 次，立刻測量你的肺活量。
4. 上下座椅 15、20、25 次，分別測量你的肺活量。
5. 列出數據表格。
6. 列出函數關係圖。
7. 就運動量對肺活量的影響，寫出你的結論。

姓名：_____系級：_____日期：__年__月__日（星期__）

運動量對肺活量的影響
學習單

請注意：患有氣喘、心臟、或血管等疾病，或行動不便者，請不要做此運動實驗！

一、在安靜狀態下，你的肺活量多大？_____cc

二、肺活量與運動量的關係

運動量（次數）	肺活量（cc）

三、請列出你的結論

探究5 放射性衰變過程的模擬

〔旨趣〕

本探究活動旨在透過模擬過程，產生一組數據，供學生練習數據表格與函數關係圖的製作，並瞭解放射性衰變的意義。放射性元素的原子核結構是處於不穩的狀態，會自發性的釋出輻射線後而變成另一種元素，此過程稱為衰變。衰變的速率可以半衰期來表示，半衰期定義為原子的數目衰變為原來的一半所需的時間，也就是說，若 $t=0$ 時有 N 個放射性原子，在經過一個半衰期之後，原來的放射性原子剩下 $\frac{1}{2}N$ 個，另外 $\frac{1}{2}N$ 個原子變為別種元素了。若半衰期以 τ 表示，原來原子數以 N_0 表示，經過 t 年後仍未衰變的原子數以 $N(t)$ 表示，則

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$

〔實作器材〕

序號	品名	單位	數量
1.	硬幣	個	100
2.	紙盒	個	1

〔動手做做看〕

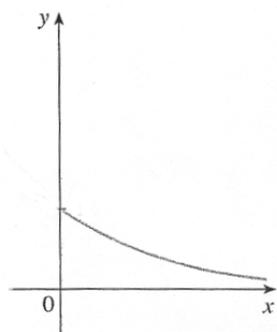
1. 將全班加以分組。
2. 每組將 100 個硬幣放在盒子中，搖晃數次。
3. 將硬幣倒在桌上後，分開成正面朝上與反面朝上的兩堆。
4. 計算正面朝上的硬幣個數並填入數據表格中。
5. 將正面朝上的硬幣收集起來並重新放回盒子，加以搖晃。
6. 重複步驟 3，4，5 直到沒有出現正面朝上的硬幣為止。

實驗次數	正面朝上硬幣個數
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

7. 教師在黑板版面規畫下表，以供各組填寫其結果。

學生組別 實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	...	25	小計	平均
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

8. 請各組學生代表上台，將該組每次模擬結果填入黑板表格的欄位中。
9. 合併同一實驗次數所有各組的數據，填入「小計」的欄位中，再就每一實驗次數求取全班的平均值。
10. 利用全班平均值的數據做一數據表。
11. 利用全班數據做一數據圖。
12. 比較各組的數據與全班的數據，有何差異。
13. 找出適用全班數據的最佳迴歸線。



14. 找出適用全班數據的最佳迴歸方程式。

$$\left(y = 100 \left(\frac{1}{2} \right)^x \right)$$

探究6 脈搏速率隨運動量的關係

〔旨趣〕

本探究活動旨在培養學生的科學過程技能，以學生自己的脈搏速率為探究的樣本，運用科學方法探究脈搏速率如何隨其運動量而變。

〔科學方法〕

1. 指出變因
2. 操作型定義
3. 控制變因
4. 測量
5. 數據表製作
6. 數據圖製作
7. 變因間關係的描述
8. 下達結論

〔實作器材〕

只需學生自備行動電話手機，此外無需任何其他器材。

〔動手做做看〕

一、 指出變因

1. 影響脈搏速率的變因有那些？
2. 若我們想要探討脈搏速率隨運動量的關係，則何者為操縱變因？何者為應變變因？何者為控制變因？

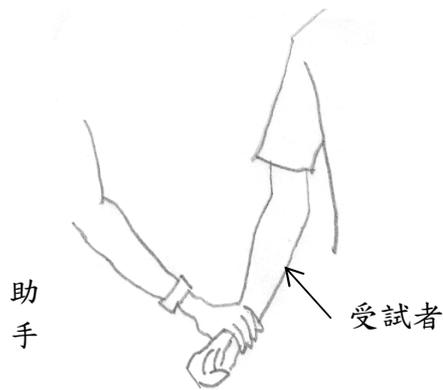
二、 操作型定義

3. 如何就運動量與脈搏速率下操作型定義？

（參考答案：運動量可定義為受試者雙腳先後踩上椅面再先後回到地面的次數；脈搏速率可定義為受試者手腕部動脈管在1分鐘內跳動的次數。）

三、 測量

4. 全班予以分組，兩人一組，一人為受試者，另一人為助手。
5. 如圖，助手將手掌握住受試者的手腕部位，並以中指輕輕按住受試者手腕的淺表動脈管，確認可感覺到受試者脈搏的跳動。



6. 讓受試者靜坐 5 分鐘以進入平靜狀態後，由助手測量 15 秒內其正常的脈搏次數。
7. 受試者起立，雙腳先後踏上其座椅再下來，連續 5 次後坐下，由助手測量 15 秒內其脈搏的次數。
8. 讓受試者休息 5 分鐘待其脈搏速率恢復正常。
9. 受試者雙腳先後上下座椅連續 10 次後，助手測量 15 秒內其脈搏的速率。
10. 受試者上下座椅次數增為 15，20，及 25 次，重複上述步驟。
11. 交換受試者與助手的角色，重複上述步驟。

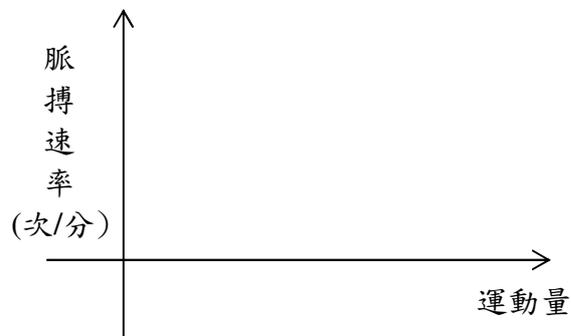
四、數據表格製作

12. 請將測量結果，製作成表格。

操縱變因 (上下椅面次數)	脈搏速率 (次/分)
5	
10	
15	
20	
25	

五、關係圖製作

13. 請將測量數據繪製關係圖



六、變因間關係的描述 (下達結論)

14. 脈搏速率與運動量之間有何關係？

探究7 運動後心跳速率的恢復

〔旨趣〕

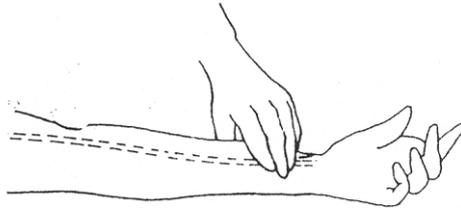
運動致使心跳加快後，若休息不動，則心跳速率便逐漸恢復，這段心跳速率隨時間恢復的歷程，是許多自然現象衰變（decay）的寫照。本探究活動以學生自己的心跳為研究樣本，本活動旨在透過科學探討的歷程增進學生對體能的自我瞭解。

〔實作器材〕

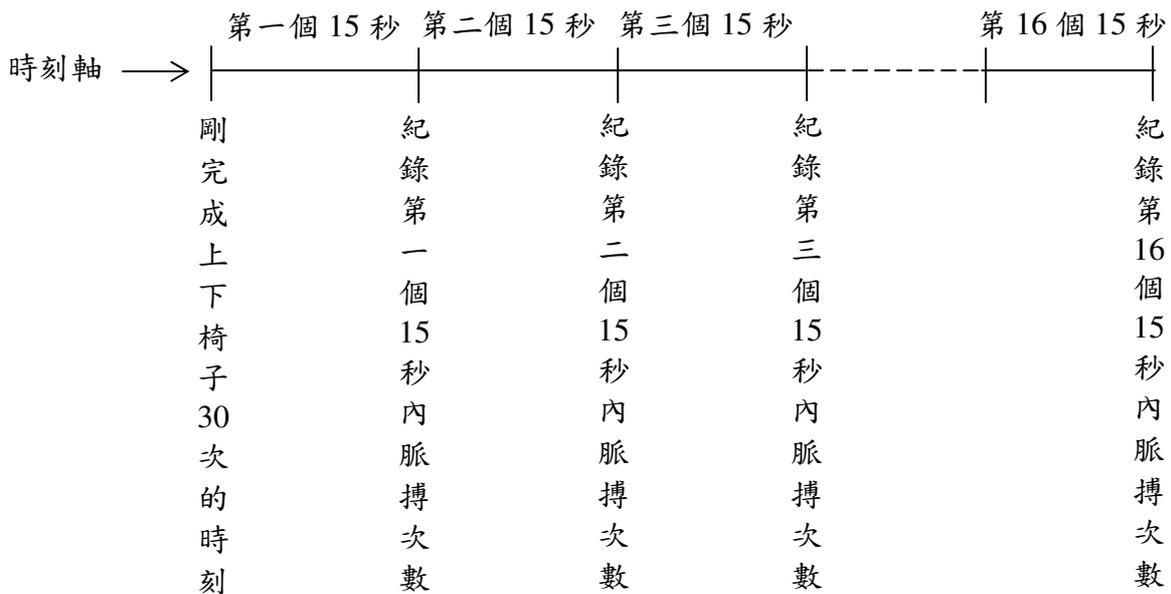
本活動只需用到計秒器，而現今學生都已人手一機（手機），手機都有計秒功能，此外則無需其他器材。

〔動手做做看〕

1. 兩人一組，一人為受試者，另一人為助手。
2. 在安靜狀態下，測量自己在一分鐘內脈搏的次數，如圖。



3. 雙腳先後踏上椅子並再返回地面，連續共 30 次。
4. 立刻回座並保持安靜狀態，同時測量自己的脈搏，每一個 15 秒內計數一次，在 4 分鐘內共讀取 16 次，每次只算其 15 秒內的次數，如圖。



5. 在此實驗中何者為自變量?何者為因變量?
6. 請將你的實驗結果製作成數據表格。
7. 製作數據圖。
8. 以文字描述兩變量間的變化關係。
9. 運動後多久，你的心跳恢復正常所需的時間為_____分鐘。

姓名：_____系級：_____日期：__年__月__日（星期__）

學習單

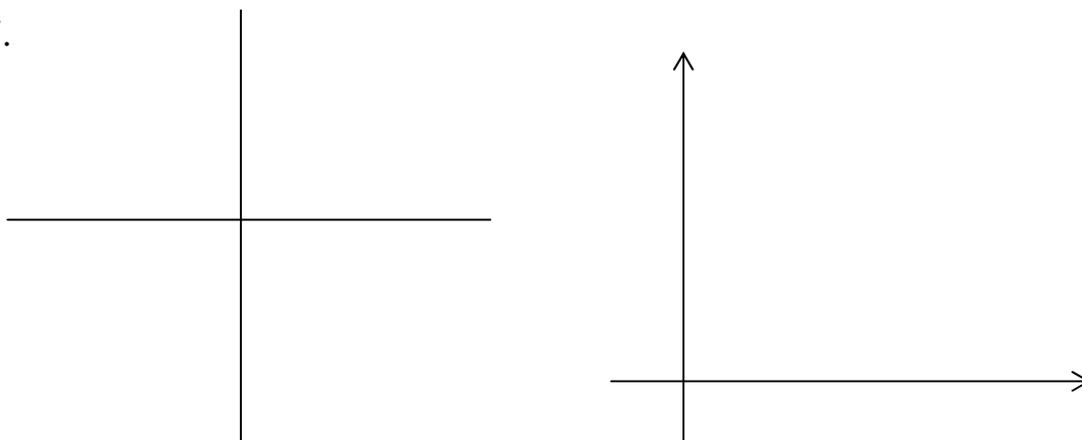
2. 安靜狀態下，每分鐘脈搏的次數：_____次

5. _____為自變量，_____為因變量

6.

序號	時 刻		每個 15 秒內 脈搏的次數	相當每分鐘 脈搏的次數
	起 (__分__秒)	迄 (__分__秒)		
1	__ : __	__ : __		
2	__ : __	__ : __		
3	__ : __	__ : __		
4	__ : __	__ : __		
5	__ : __	__ : __		
6	__ : __	__ : __		
7	__ : __	__ : __		
8	__ : __	__ : __		
9	__ : __	__ : __		
10	__ : __	__ : __		
11	__ : __	__ : __		
12	__ : __	__ : __		
13	__ : __	__ : __		
14	__ : __	__ : __		
15	__ : __	__ : __		
16	__ : __	__ : __		

7.



8. _____

9. _____分鐘

10. 就本單元的教學內容、上課方式、師生互動等，你有何建議？

11. 在本教學活動中你學到什麼？

參考書目

Rezba, R. J., Sprague, C., & Fiel, R. L. Learning and assessing science process skills, 4th ed. Iowa: Kendall/ Hunt Publishing Company, 2003.

Liem, T. L., Invitations to science inquiry, 2nd ed. California: Science Inquiry Enterprises, 1987.

Murphy, P. & S. Shimek, Science Snackbook, The Exploratorium, 1991.

誌謝

本書之完成，承蒙劉秀英小姐之編排與劉意涵同學之繪圖，在此深謝。