



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書



屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：底片盒空氣砲之探討

關 鍵 詞：力 空氣 聲音

編 號：A106



底片盒空氣砲之探討

摘要：

波以耳原理($P_1V_1=P_2V_2$):在定溫下，壓力與體積成反比，施加外力將針筒活塞內的空氣擠壓到底片盒內，使氣體壓力瞬間變大，當壓力超過一定程度，便會將底片盒的蓋子炸開並飛出去。



圖一、底片盒空氣砲

壹、研究動機

老師以底片盒空氣砲獎勵我們努力學習，並且宣稱這種底片盒已經不好找了，以前是用來裝傳統相機底片膠捲的盒子，後來手機普及以後，大家都習慣用手機拍照，傳統的相機因此沒落沒人買，所以底片盒就越來越稀少，幸好老師說他有先見之明，還收集保留了幾百個，可以用來送給學生當獎勵品，直到他退休。當我們拿到底片盒空氣砲後，發現在發射時所產生的聲音非常大聲，而且飛行的距離也不錯，於是拿來做這次科展的研究。

貳、研究目的

- 一、探討底片盒空氣砲的原理與製作。
- 二、探討發射出聲音大小與飛行距離之關係。
- 三、探討底片盒空氣砲飛行距離與發射角度之關係
- 四、探討底片盒內容積與飛行距離之關係。
- 五、如何改造底片盒空氣砲。

參、研究設備及器材

底片盒、60ml 針筒、皮尺、大型量角器教具、沙拉油、熱熔膠、
膠帶、鑽孔氣、手機、白色正方體小積木(1 立方公分)、量筒、
分貝計。

肆、研究過程與方法

一、探討底片盒空氣砲的原理與製作。

1. 底片盒空氣砲的原理

波以耳原理($P_1V_1=P_2V_2$):在定溫下，壓力與體積成反比，施加外力將針筒活塞內的空氣擠壓到底片盒內，使氣體壓力瞬間變大，當壓力超過一定程度，便會將底片盒的蓋子炸開並飛出去。



圖二：測量底片盒容積 35 ml



圖三：針筒容積：65ml(包括前端與拉到底端)



圖四：空氣砲成品底片盒內的容積 31ml

- (1). 用底片盒裝滿水後倒入量筒內，測量底片盒的容積 35ml。
- (2). 底片盒空氣砲成品，裝滿水後倒入量筒內測量底片盒內的容積 31ml。

2. 底片盒空氣砲的製作



圖五：使用電鑽在底片盒上鑽一個小洞



圖六：用熱溶膠將底片盒溶出稍微大一點的洞，並在底片盒上擠上一些熱溶膠



圖七:直接將針筒下壓等熱熔膠冷卻



圖八:將外面熱熔膠去除，然後以膠帶纏繞固定，就完成一支底片盒空氣砲

二、探討發射出聲音大小與飛行距離之關係。

發射時先將針筒拉到底(把空氣抽出)，然後蓋上底片盒的蓋子，以分貝計測量發射時所產生的音量大小，測量飛行距離與所發出聲音大小是否有關。

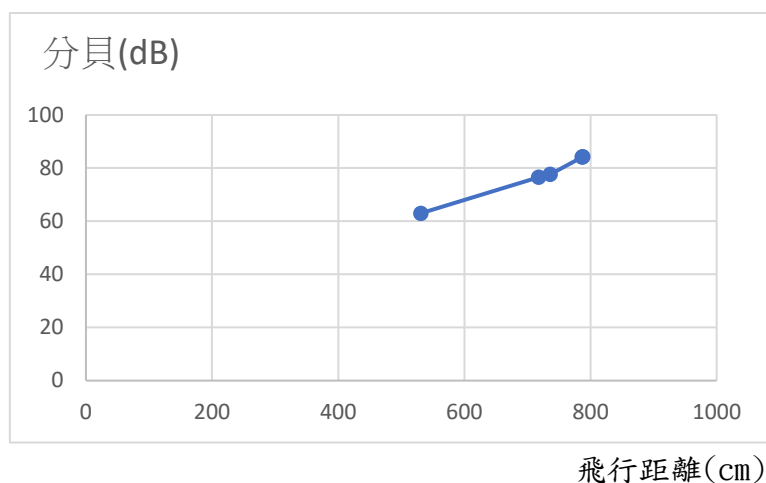


圖九: 分貝計測量發射時所產生的音量大小

表 1:將發射器以 45° 角方向發射

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	788	736	787	531	718	712
分貝(dB)	84.3	77.7	84.2	63.0	76.6	77.2

(單位:cm)



圖十:底片盒蓋子飛行距離與聲音大小之關係

實驗結果:

我們發現底片盒空氣砲所產生的聲響越大，瓶蓋的飛行距離越遠。

三、探討底片盒空氣砲飛行距離與發射角度之關係

作法：空氣砲發射以後，等蓋子落地瞬間，以皮尺測量飛行距離，

大型量角器測量偏轉角度（測量結果如下表 2、表 3 所示）。



圖 11:皮尺測量空氣砲飛行距離



圖 12:量角器測量偏轉角度

表 2. 將發射器以平行方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

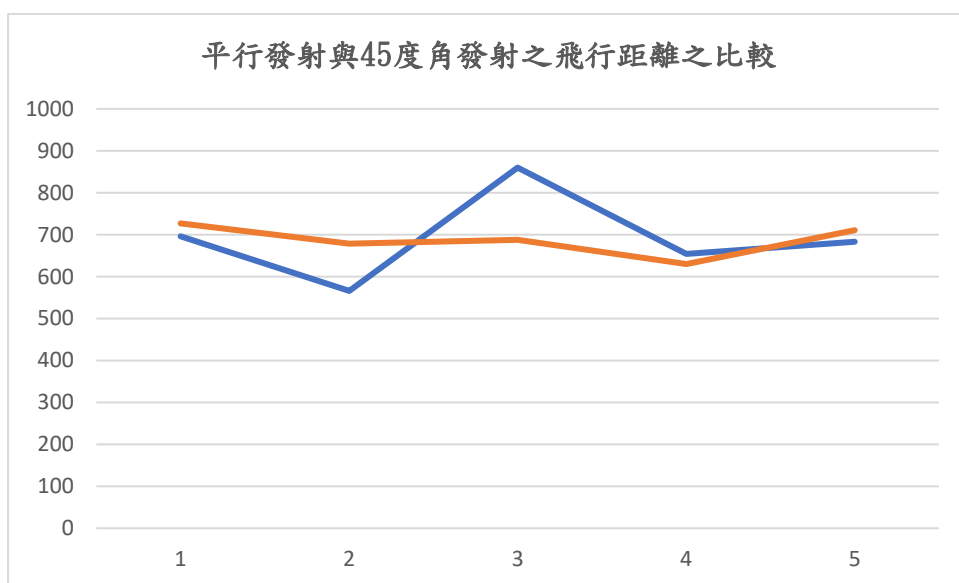
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	696	566	860	654	683	691.8
偏轉角度	右 10	右 5	右 12	左 5	左 10	

(單位:cm)

表 3. 將發射器以 45° 角方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	727	679	688	630	711	687
偏轉角度	左 1	左 1	左 4	左 7	左 2	

(單位:cm)



藍色線條:以平行方式發射，橘色線條:以 45 度角方式發射

圖 13:平行發射與 45 度角發射之飛行距離

實驗結果:

如果以 5 次測量平均來說，平行發射與 45 度角發射，底片盒蓋子的飛行距離差不多，只是平行發射，底片盒偏轉落地的角度較大，如果以 45 度角發射，根據我們實際觀察底片盒在空中偏轉的弧度較大，但是在落地前會迴旋回來。

四、探討底片盒內容積與飛行距離之關係。

表 4. 將底片盒加入 10 顆小積木(10 立方公分)再以 45° 角方向發射。

10 顆積木	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	590	722	672	821	628	686.6
偏轉角度	左 4	左 7	左 9	右 5	左 6	

(單位:cm)

表 5. 將底片盒加入 5 顆小積木 5 立方公分) 再以 45° 角方向發射。

5 顆積木	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	608	680	670	605	616	635.8
偏轉角度	左 1	左 2	左 3	右 1	左 2	

(單位:cm)

表 6. 將發射器以 45° 角方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

0 顆積木	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	727	679	688	630	711	687
偏轉角度	左 1	左 1	左 4	左 7	左 2	

(單位:cm)

實驗結果：

我們在底片盒內加入不同數量的白色積木(1 顆白色積木=1 立方公分)，以減少底片盒內的容積，發現底片盒的飛行距離改變沒有很大，除了有一次飛行距離 821 公分，其餘皆在 600-800 公分之間，代表底片盒蓋飛行距離的極限大約就是 800 多公分(我們所做的實驗數據最遠就是 821 公分)。

五、如何改造底片盒空氣砲。

(1). 我們想到將針筒前面的管子剪掉，這樣就可以增加底片盒內的體積，使底片盒內更加平順，也許壓力可以更平均將底片盒擠壓出去，切掉內管後可以可以裝更多顆的白色正立體(12 立方公分)

作法如下：

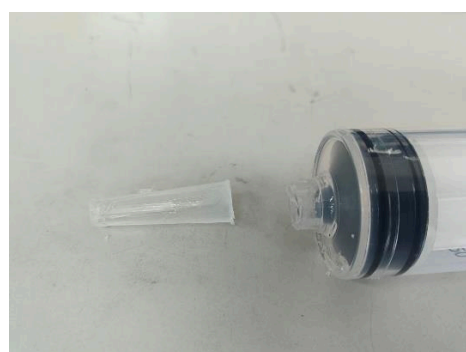


圖 14: 用剪刀將前端剪斷，還是要保留一些，不然無法與底片盒密合會漏氣。

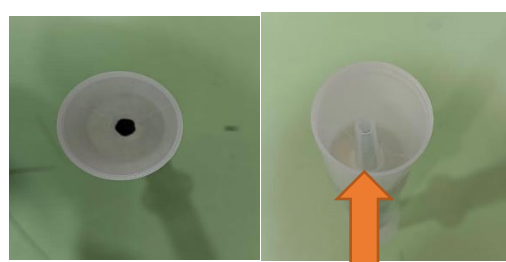


圖 15: 底片盒內部少了這根管子，壓力可以將氣流更平順推出。

表 7. 將發射器以平行方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

內裝 0 顆	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	659	674	603	674	652	652.4
偏轉角度	右 4	右 3	左 7	左 7	右 10	

(單位:cm)

表 8. 將發射器以 45° 角方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

內裝 0 顆	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	734	810	640	714	691	717.8
偏轉角度	左 13	右 5	左 10	左 16	左 11	

(單位:cm)



圖 16：白色正立體(每顆 1 立方公分) 圖 17：白色正立體裝入底片盒

表 9. 將發射器以平行方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

(底片盒內裝 12 顆白色正方體)

內裝 12 顆	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	722	710	725	640	721	703.6
偏轉角度	右 5	右 1	左 5	右 1	右 3	
掉落	12 顆	11 顆	7 顆	7 顆	9 顆	

(單位:cm)

表 10. 將發射器以 45° 角方向發射並測量偏轉角度與飛行距離。

(底片盒內裝 12 顆白色正方體)

內裝 12 顆	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
飛行距離	734	810	640	714	691	717.8
偏轉角度	左 13	右 5	左 10	左 16	左 11	
掉落	2 顆	7 顆	0 顆	3 顆	1 顆	

(單位:cm)

實驗結果：

發現以平行方向發射，偏轉的角度較小，但是白色正方體掉落的數量較多，另外減少底片盒內的容積，底片蓋子飛行距離並無明顯增加(無法突破 900cm)，但以 45 度角方向發射，蓋子落地的角度偏轉比較大。

伍、研究結果

一、底片盒空氣砲的製作最困難的地方在於底片盒與針筒之間密

合，除了靠熱熔膠黏合外，外面多餘的熱熔膠要刮除乾淨，這樣套上膠帶固定才能更加密合，避免漏氣，底片盒內部少沾水(如有水分，發射時會產生雲霧的效果)但容易漏風，另外發射時手要握住接合處，然後瞬間使出最大力氣發射出去。

二、發射出聲音大小與飛行距離之關係

從表 1 與圖 10 得知，我們發現底片盒空氣砲所產生的聲響越大，瓶蓋的飛行距離越遠。

三、底片盒空氣砲飛行距離與發射角度之關係

我們分別將空氣砲平行發射與 45 度角發射，底片盒蓋子的飛行距離差不多，只是平行發射，底片盒偏轉落地的角度較大，如果以 45 度角發射，根據我們實際觀察底片盒在空中偏轉的弧度較大，但是在落地前會迴旋回來。

四、底片盒內容積與飛行距離之關係。

我們在底片盒內加入不同數量的白色積木，以減少底片盒內的容積，發現底片盒的飛行距離改變沒有很大，除了有一次飛行距離 821 公分，其餘皆在 600-800 公分之間，代表底片盒蓋飛行距離的極限大約就是 800 多公分(我們所做的實驗數據最遠就

是 821 公分)，另外根據射手的感覺，底片盒內多了一些白色顆粒(容積減少)，會比較好發射出去(省力)。

五、改造底片盒空氣砲後。

發現以平行方向發射，偏轉的角度較小，但是白色正方體掉落的數量較多(之前底片盒內有針筒的管子，白色小積木會卡住，發射後不會掉出)，另外減少底片盒內的容積，底片蓋子飛行距離並無明顯增加(無法突破 900cm)，但以 45 度角方向發射，蓋子在天空飛行旋轉角度較大，落地時的角度偏轉比較大，改造後的空氣砲感覺沒有比較厲害(飛得較遠)。

陸、討論

1. 我們有想過以黏土來取代白色積木，填充底片盒的容積，但是後來沒做，考慮到黏土體積可塑性，不好測量，不過下次是可以再嘗試。
2. 我們開始做實驗的時候，在底片盒跟針筒內有抹一些油，想減少一些摩擦力，這樣比較容易發射，後來發現要發射時，雙手油膩膩的，反而不舒服，而且很快底片盒空氣砲就發射不出去(漏風)，檢視空氣砲才發現，油會滲入底片盒裡面跟針筒的接觸面，所有的空氣砲得重新製作。

3. 實驗的變因太多，我們只能儘量減少控制變因，由單一夥伴固定當射手，並以最快速度擠壓針筒發射出空氣砲，其他夥伴緊盯蓋子的落點並拿皮尺測量距離，記錄之。

柒、結論

老師說：這是一個 20 多年前從他第一年當老師參加研習就有的科學小遊戲，當時底片盒內是加入黏土（時間一久黏土就會硬化），底片盒與針管還得透過一個塑膠管連接，後來有人發現用灌食的針筒來做，不僅速度快，效果好，也省成本。這次會用來做科展探討其相關變因，也是因為方便省錢，不過時代的眼淚，這種底片盒已經不好找了，不然這種玩具還是很受大家的喜歡，我們也曾經在超市逛街時，看能不能順便發現類似底片盒這種塑膠瓶蓋內嵌的瓶蓋，不過都沒有發現，其實根據波以耳原理($P_1V_1=P_2V_2$)，想要把大的瓶子(或是瓶蓋)擠壓發射出去，就需要更大的壓力擠壓，所需的力氣就要更大，燃燒可以瞬間產生大的壓力，後面就延伸出養樂多+點火槍的空氣砲，用到火就感覺要更小心，怕膛炸。

捌、參考文獻與資料

1. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=%E5%BA%95%E7%89%87%E7%9B%92%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E7%A0%B2#fpstate=iv>

[e&vld=cid:07a9733f,vid:32F5fA0i56Y,st:0](#)

科工館 youtube 2015.5.19

2. <https://etenews.net/?p=13924>

社教館 假日廣場親子活動「科學遊戲魔法盒」

3. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%8E%BB%E6%84%8F%E8%80%B3-%E9%A9%AC%E7%95%A5%E7%89%B9%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

維基百科:波以耳-馬略特定律