# 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*

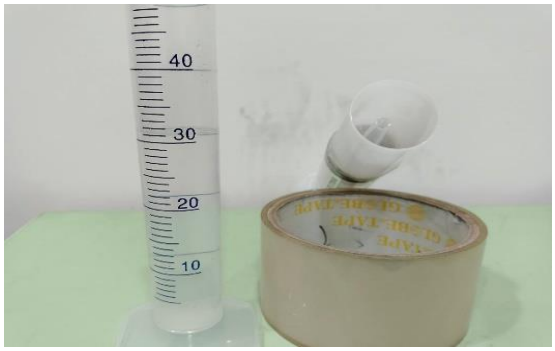
**一、探討底片盒空氣砲的原理與製作。**

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)

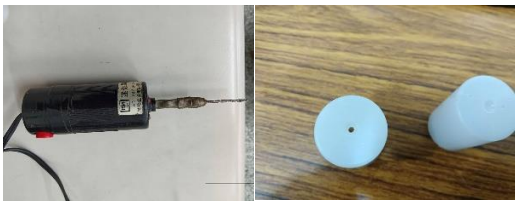



圖四: 空氣砲成品底片盒內的容積 31ml

(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熔膠

| | |
|---|---|
| <br>圖七:直接將針筒下壓等熱熔膠冷卻 | <br>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。**

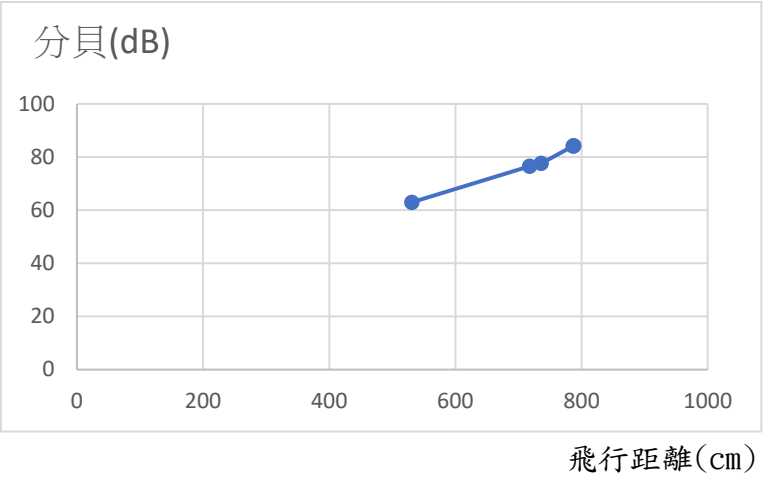
發射時先將針筒拉到底(把空氣抽出)，然後蓋上底片盒的蓋子，以分貝計測量發射時所產生的音量大小，測量飛行距離與所發出聲音大小是否有關。

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。

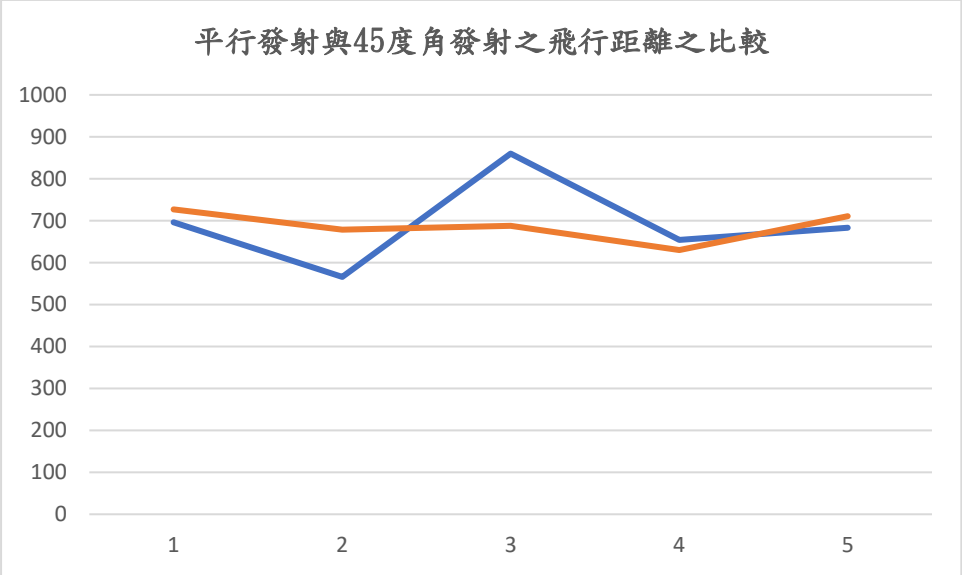
| | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 飛行距離 | 696 | 566 | 860 | 654 | 683 | 691.8 |
| 偏轉角度 | 右 10 | 右 5 | 右 12 | 左 5 | 左 10 | |

(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:

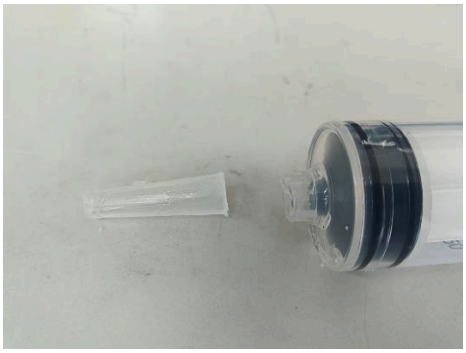


圖 14:用剪刀將前端剪斷，還是要保留一些，不然無法與底片盒密合會漏氣。

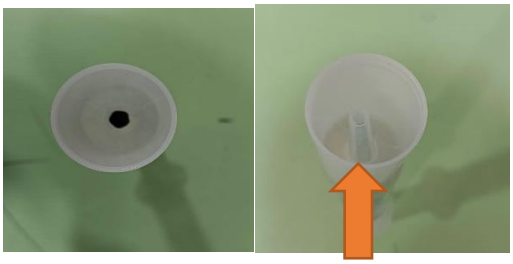


圖 15:底片盒內部少了這根管子，壓力可以將氣流更平順推出。

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