

易於自製的空氣砲－拋體實驗的好幫手

林百鴻、邱義雄*

高雄市立前鎮高級中學

前言

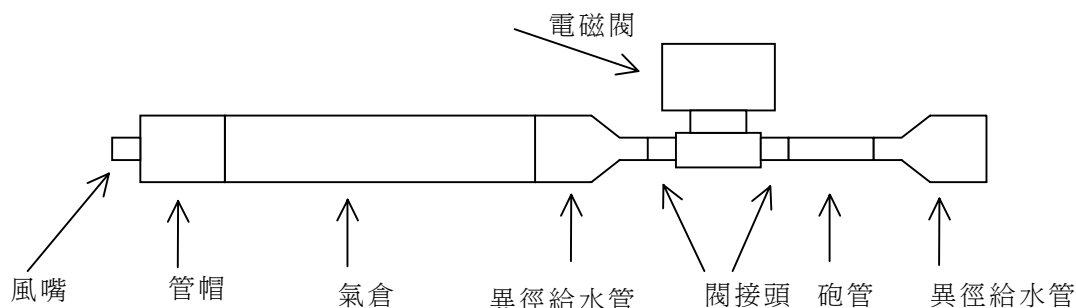
高中物理課二年級上學期第二章即安排教授拋體運動（平拋與斜拋），不過課程中所介紹的理論與計算，均為理想狀況下，即物體僅受重力影響的飛行情形，而不去考慮空氣的因素。因此加入空氣因素的拋體運動，常是高中生拿來做為科學展覽探究的題材。

物體如何拋出去？這是個大問題。舉凡使用碰撞方式（如物理教材中探討動量守恆時，使用鋼珠碰鋼珠的方式）、彈射方式（用橡皮筋製作的彈射工具，類似彈弓）、從斜面往下滑取得拋出速度…等種種方法。但是所須的拋出速度要快，射程要夠遠的話（例如可拋射到十幾至三十幾公尺遠以上），則上述幾種拋射方式就顯得不足了。

本校物理科為了今年科展的需求，自製了一支空氣砲做為拋射工具，其拋射效果不錯。此空氣砲的特點是自製容易，花費不貴，且可依自己的需求來設計，茲以本文介紹。

原理與構造

空氣砲的操作原理是利用氣倉內的高壓氣體，在閥門打開之瞬間，氣倉與外界的壓力差 ΔP ，對物體產生一淨推力 F ， $F = \Delta P A$ ， A 為物體受力截面積。物體受力之後具有加速度，便以某速度拋射出去（也就是急速膨脹的氣體對物體作功，物體獲得動能後拋射出去）。空氣砲構造如下圖：



* 為本文通訊作者

製作過程

- 一、利用 AB 膠將氣倉（水管 2 吋 100cm 長）後端與管帽結合，並在管帽上鑽入風嘴。
- 二、在氣倉前端接上異徑給水管後，再接上閥接頭。裝妥後以 AB 膠封死，務使接合處不致有漏氣的現象為止。
- 三、閥接頭前端接上電磁閥，繼以 AB 膠黏合，直至接合處固定且不會有漏氣現象為止。（圖一，見封底）
- 四、在電磁閥出口端接上閥接頭再接砲管（1/2 吋水管）及異徑給水管作為發射口。（圖二，見封底）
- 五、若不使用 AB 膠，市面上所售之強力黏膠種類繁多，可詢問商家購買適用的黏膠。總之最重要的原則是不可有漏氣現象。
- 六、電磁閥規格為 DC24V，發射時可串聯多顆 9V 電池（以不低於 24V 為原則）做為電源。（若提供之電壓不足 24V，將無法順利啟動電磁閥）
- 七、準備電動打氣機一台（學校運動器材室裡籃排球打氣用的打氣機即可）。
- 八、完工測試：由於市售水管與黏膠品質不一，膠合組裝技術與品管各異，建議於完工後，穿戴適當護具於遠距緩慢調控增加充氣壓力至一「極限壓力」（視結構、材料與需求而訂），維持測試 一小時以上。測試完畢應以極限壓力的四分之三為「充氣上限」，並以紅字標示於充氣孔上方。（餘圖圖三、圖四、圖五，見封底）

操作步驟

操作的步驟如下：

- 一、電磁閥門關閉（不通電時），把空氣打入氣倉，直到所需的壓力為止。
- 二、欲拋射的物體（最好是球狀）置入發射口。
- 三、按下通電開關啟動電磁閥，啟動瞬間是藉由電流磁效應將閥門打開，當氣體噴出時將物體拋射出去。

安全注意事項

一、發射操作：

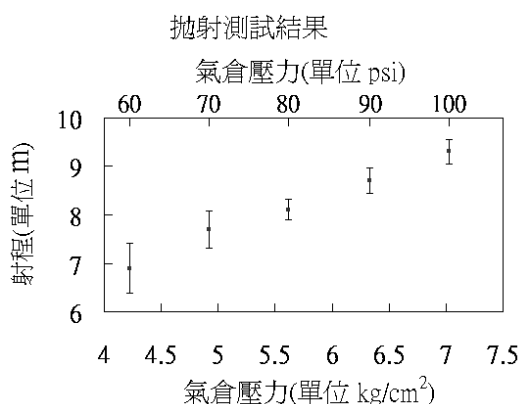
1. 未標示「充氣上限」之任何充氣孔，皆不可充以高壓氣體，應立刻停止操作。
2. 充氣前應先檢視管身與接頭有否損裂或脫膠現象，若完好則可以緩慢充氣，不可超過「充氣上限」。
3. 操作、解說與圍觀人員皆應戴護目鏡。

二、彈著測量：物體拋射之前，在地上先畫出射擊區，並標出距離刻度（與田徑賽中鉛球標槍等的射擊區類似）。物體拋射時，所有人員不可進入射擊區；待物體落地後，馬上在地上畫出落點，測量其射程，完成一次射擊。

拋射測試

以半徑 3 公分的保麗龍球（圖六，見封底）為拋射物體作測試，氣倉的計示壓力（氣倉壓力與大氣壓力的差）分別為 60 psi、70 psi、80 psi、90 psi 與 100 psi（psi：lb/inch²），仰角 30°，每一個壓力值測量

10 次射程，取其平均值與標準差。所做的拋射射程測量結果如下列圖表所示。保麗龍本身質輕，雖然飛行過程極易受空氣的因素影響，但所測得的射程百分誤差，大部分都能在理想範圍內，尤其射程愈遠百分誤差愈小，可見空氣砲是一相當穩定的投射工具。



結論

空氣砲製作所需的材料便宜容易取得，可依照自己的需求採用不同口徑的塑膠管，製作出不同大小的氣倉與發射口，且在相同條件之下，物體拋出的射程，其誤差約 $\pm 0.25 \text{ m} \sim \pm 0.5 \text{ m}$ ，是一種相當理想，可信度高的拋射工具。若對製作空氣砲有興趣的話，國內有許多介紹各式各樣空氣砲的網站，只要在搜尋時鍵入關鍵字「空氣砲」，即可找到相關的網站可供參考。

參考資料

林明瑞主編，2004，高級中學物質科學物理篇實驗活動手冊上冊，南一書局：55 頁。

氣倉壓力	60psi (4.22kg/cm ²)	70psi (4.92kg/cm ²)	80psi (5.62kg/cm ²)	90psi (6.33kg/cm ²)	100psi (7.03kg/cm ²)
射程 平均值	6.9 m	7.7 m	8.1 m	8.7 m	9.3 m
標準差	0.52 m	0.38 m	0.21 m	0.27 m	0.25 m
百分誤差	7.58 %	4.99 %	2.59 %	3.09 %	2.74 %