

不需力桌的靜力學實驗

李育賢¹、李哲承²

¹ 國立金門高級中學

² 國立基隆女子高級中學

¹joeleeyh@gmail.com

以往，使用力桌做為靜力學實驗的工具，實驗結果可以很精準，但是鐵質容易生鏽，價格偏高等因素，或許不是每間學校都能有這類的實驗教具。且學生在實驗的過程中，容易花上很多的時間在架設儀器與調整。而彈簧稱優點，就是發給同學們後自由的發揮，並給一組 360 度的量角器，學生就能透過小組合作完成單一靜力平衡的問題。本篇文章使用彈簧稱並結合紙板，老師們花一節課的時間，可以讓學生體驗力平衡的簡易實驗及向量分析的技能。

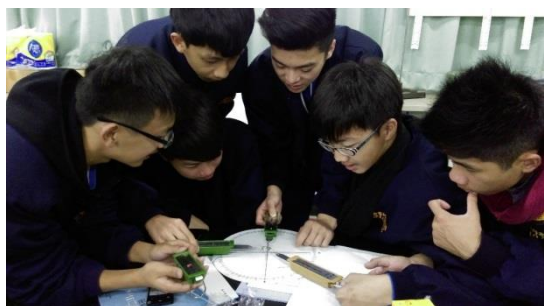


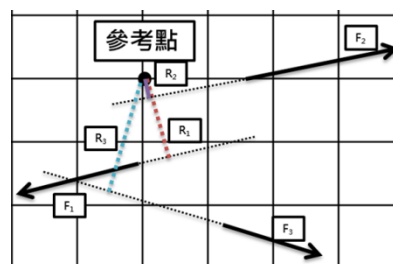
圖 1：學生在操作三力平衡實驗。

而筆者發現，若只提供彈簧稱與量角器，學生只能就實驗的結果，觀察出角度與力大小的關係，若要再進行向量分析還需要另外作圖，較無法由實驗的結果直接思考。因此，作者設計了一個新的方法，提供學生輕紙板與橡皮筋或綿線做為每個彈簧的連接工具，這就能幫助學生直接在紙板上依張力的方向畫直線後，再拿紙板下來做分析的依據，若學生在取實驗數據的方式正確，量測結果經計算後，雖然有一些誤差，但還是能幫助學生動手與思考分析。



圖 2：利用紙板做四力平衡實驗。

利用紙板我們可以做四力平衡的實驗，學生們可以互相拉至一個平衡後，在紙板上畫記力的方向與大小，這裡必須提醒學生力是延著橡皮筋或是綿線的方向，若找出力臂並計算出力矩後，在紙板上做力矩平衡的計算。



$$\sum_{i=1}^3 \vec{\tau}_i = F_1 R_1 + F_2 R_2 + F_3 R_3 = 0$$

在學習單中提供學生力矩平衡的分析方法

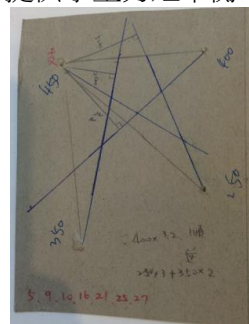


圖 3：學生在實驗後，於紙板上記錄力的大小方向，並定義支點找出力臂。

把紙板與彈簧稱的靜力學還有一個好處，老師可以設計更多有趣的題目，不論是三力到多力的平衡，或是數據的計算與畫記，我相這對老師或學生而言，這會是一個簡單便宜且容易準備的方法。

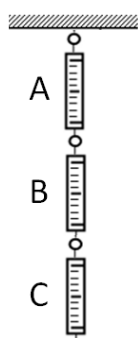


圖 4：學生利用紙板做多力平衡的實驗。

上述的簡易實驗，雖然不如力桌實驗的精確，但在經費與時間的限制下，都具有其教學實務的可行性，更可進一步延伸力平衡的情境(由平面改為鉛直)，促進學生的概念推理。

除了上述實驗之外，課堂中還能利用所發下的三~四個彈簧秤，設計觀念問題，試舉一題如下：

如圖：三個相同彈簧稱分別為 A、B、C，以相同的方向吊掛後平衡，三個彈簧稱的讀數大小關係為何？



- (A) $A=B=C$ (B) $A+C=B$ (C) $A>B>C$
 (D) $C>B>A$ (E) $A+B=C$

說明：本題學生只要彈簧稱勾子方向保持一致，不論勾子是皆向上或向下，都可以做答題的依據，差別在勾子若向下 C 的張力為零，若勾子向上 C 會有張力值。

上述題目以某次課堂為例，班級 28 位同學在公佈題目後，個人作答學生答對人數為 9 人(32%)，之後開放學生討論，經過討論後增加至 15 人(54%)，最後經由實驗後，學生答對人數提高至 27 人(96%)。因此，小組討論與實驗的操作都可協助學生獲得正確推理，以本題而言，學生在實驗後作答的結果非常理想。

表 1：學生在實驗中答題分佈(以 CLICKER 做為學生即時回饋答題的工具)

	A	B	C	D	E
個人作答	15	2	9	1	1
討論後作答	12	0	15	1	0
實驗後作答	0	0	27	0	1

以學生的答題分佈來看，學生在個人作答時主要選擇 A 與 C 選項，經過討論後有部份的同學改選 C 選項，表示有大約一半的同學們認為三個彈簧稱的張力是相同的，經過了實驗的驗證後，幾乎全班的同學都能答出正確的選項。



圖 5：學生實驗找出答案的情況。