

耦合實驗講義 版本 4.02 (2024.10)

112 年國科會科教實作學門計畫：數位輔助科教實作-振盪的探究實驗

計畫主持人：曾賢德

目的

本計畫以高中、大學為主要對象，以振盪現象為科學探究主軸，開發一系列可供動手操作的實驗，並結合數位化工具，可進行更好的定量紀錄分析及更深入的探究。實驗器材方面使用智慧型手機及 Phyphox 程式，讀取加速度感測器、陀螺儀、磁場感測器之訊號，結合雷射切割木板支架與容易取得的實驗零件，進行幾個振盪相關實驗。希望能啟發及引導學員將數位科技運用於科學探究上，並強化數據分析能力。

完整之教材內容共有四個實驗主題，包含單擺、簡諧運動、扭擺、耦合(威伯福斯擺、板彈簧振盪與耦合)。

本教材為實驗主題四「耦合」實驗，包含以下子實驗：

實驗 4A [進階]: 板彈簧的耦合振盪

實驗 4B [進階]: 韋伯福斯擺-探究擺錘上下振盪與轉動之間的耦合關係
其他實驗主題請見其他講義。講義雲端資料夾：

https://drive.google.com/drive/folders/1_YnEaS9zeoATjzgVf_6HyjWRzk3gOuxu?usp=sharing

更多計畫成果可參考 自造實驗基地計畫 網址: <https://sites.google.com/view/lab-maker>



實驗器材

實驗器材

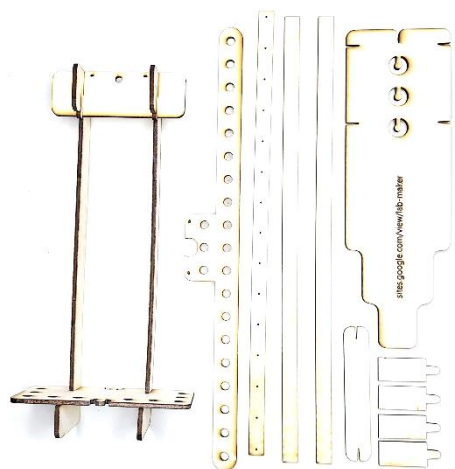
品項	數量	備註
木架	1	雷射切割木板，svg 檔案分享在雲端資料夾。
細線	1	1 捲。
捲尺	1	1 個。
燕尾夾	3	3 個。
不鏽鋼螺絲	10	M5 螺絲(長 8 mm)，每個質量約 2.70 公克、 M5 螺帽，每個質量約 1.06 公克。
橡皮筋	--	大、小，數條。
金屬彈簧	1	外徑約 35 mm，內徑約 33 mm，高約 30 mm。
小磁鐵	3	3 個。尺寸: 直徑約 10 mm，厚度約 3 mm。
迴紋針	1	1 個。
隨意貼	1	黏土，用於輔助固定零件。

自備器材

智慧型手機	安裝 phyphox。官方網址 https://phyphox.org/
壓重物	例如一疊書本。
一般文具	剪刀、直尺、筆、筆記本 (實驗紀錄簿)等等。
電腦	使用試算表程式，做實驗記錄與數據分析。



*建議準備電子秤(精度 0.01 公克或 0.1 公克)



雷射切割木架



實驗零件

■ 實驗步驟

● 實驗 4A [進階]: 板彈簧的耦合振盪

1. 看以下影片教學或老師示範，學習如何架設板彈簧耦合實驗裝置。
教學影片: [板彈簧實驗與磁力計](https://youtu.be/n0KCgig5Uc) (<https://youtu.be/n0KCgig5Uc>)

● 實驗 4B [進階]: 韋伯福斯擺。探究擺錘上下振盪與轉動之間的耦合關係。

1. 看以下影片教學或老師示範，學習如何用智慧型手機與磁場感測器測量擺錘的振盪。
教學影片: [簡諧運動 韋伯福斯擺](https://youtu.be/ljDF9YS1e6I) (<https://youtu.be/ljDF9YS1e6I>)
2. 先完成實驗 2C:「以手機測量簡諧運動週期」，測量擺錘架左右兩端各有一些螺絲時，擺錘上下振盪的訊號(z 方向的磁場分量)。
3. 不改變螺絲數量，但改變螺絲的位置(左右仍要維持對稱)，觀察此時上下振盪的訊號。在某些螺絲配置分佈時(亦即適當的轉動慣量時)，擺錘會有較顯著的轉動與振動彼此交替變化(耦合)。[註: 當 z 方向的振幅變小時，應該會觀察到擺錘架有明顯的轉動。反之，在 z 方向的振幅最大時，應該會觀察到擺錘架有最小的轉動振幅。]
4. 設定一種螺絲配置分佈，會使 z 方向的振盪訊號緩慢增強、減弱、增強、減弱，不斷交替變化，此為 韋伯福斯擺 的特性。用手機磁力計紀錄訊號變化曲線，將螺絲配置位置紀錄於實驗紀錄簿中。
5. 在韋伯福斯擺特性出現時，從上下振盪的訊號，得到上下振盪週期 T 。相同實驗條件下，用(另一部)手機或碼錶測量擺錘在轉動方向上的週期 T_R 。比較兩種週期之間的差值，與韋伯福斯擺特性的關係。
6. 分析上述韋伯福斯擺實驗數據，紀錄振盪訊號的強、弱、強、弱變化時間間隔(耦合交替的時間長度 T_C)。比較與分析 $1/T$ 、 $1/T_R$ 、 $1/T_C$ 彼此的關係。

7. [進階探究] 螺絲配置分佈，重複步驟 4~6。找出韋伯福斯擺的轉動與振動交替變化最明顯的螺絲配置條件，亦即有瞬間只有純轉動(振盪振幅約為 0)；有瞬間只有純振動(轉動振幅約為 0) 的螺絲配置條件。