

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)(含機械/能源/光電/物理/資訊)

組 別：國小組

作品名稱：震度由我定！利用 LEGO EV3 打造定量模擬地震觀測平台

關 鍵 詞：地震模擬、EV3機器人、震度級數（最多3個）

編號：**A6013**

震度由我定！利用 LEGO EV3 打造定量模擬地震觀測平台

摘要

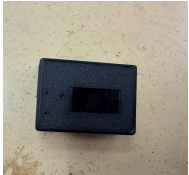
本研究利用 LEGO EV3 機器人結合樂高積木與木板，開發一套可精準控制震動頻率與強度的「簡易地震模擬器」。透過調整 EV3 馬達的扭力（%）與正反轉的時間間隔，帶動木板產生不同程度的搖晃。我們在木板上設置感應器與參考標的（如棉繩或水杯），測量並記錄不同參數下的晃動角度與位移量，旨在建立一套能對應氣象局地震震度級數的數位模擬系統，作為後續防災實驗的標準震源。

壹、前言

在自然科學課「地表變動」單元中，我們對地震帶來的巨大破壞力感到好奇，並嘗試探討如何將抽象的地震現象具體化。在先前的科展實驗中，我們曾嘗試利用 mBot 機器人製作簡易地震模擬器，但由於馬達輸出的平穩度與扭力限制，導致模擬出的震波不夠精確且難以量化。為了克服此瓶頸，我們改以樂高 EV3 機器人作為核心，透過其精準的馬達控制與程式編寫，重新設計出一套能穩定模擬不同震幅的裝置。本研究主要利用水杯液面晃動與棉線垂擺（懸吊系統）作為觀測地震強度的指標，探討震動頻率與物理反應之間的規律，將肉眼觀察轉化為可分析的數據。

在文獻回顧方面，我們參考了《“地牛翻身”——簡易地震模擬器與感應器的製作及操作》及《地震自動斷路器》，奠定了地震模擬器的架構基礎與訊號控制概念；同時藉由《臺灣西南近海地震群實例研究》，提升了我們對地震波紀錄精準度的要求。針對地震強度的觀測與評估，我們參考了《Hold 得住嗎？》、《「震不震」的住》以及《十震九穩——建築物抗震之研究》，這些研究協助我們定義了判斷地震強度的關鍵指標。我們期望透過這次的改良，能建立一套更穩定、且具備科學分析能力的地震觀測模型，為地震科學的探究奠定基礎。

貳、研究設備及器材

名稱	數量	單位	照片
LEGO EV3 核心主機	3	個	
長方形木板	5	片	
電子感應器	1	個	
尺	1	把	
水杯	1	個	
標記用棉繩與砝碼	1	組	
電子秤	1	個	
雷切機	1	台	
轉動馬達	1	個	
不同長度連接桿	3	組	
彈簧	1	條	

參、研究過程或方法

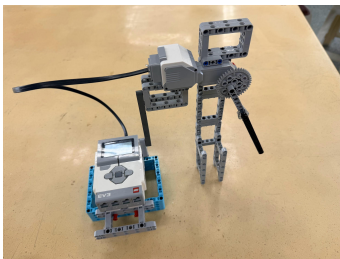
一、建構模擬平台

- (一)將木板利用雷切機切成需要的的大小，並在其中一片的中間以及另一片邊邊穿一個小洞。(30cm*15cm木板4片，其中一片在中心打一個直徑為0.5cm的小洞，15cm*15cm木板1片，在15cm*15cm木板邊邊打一個直徑為0.5cm的小洞)。
- (二)利用熱熔膠將兩個30cm*15cm木板(其中一要是打洞的木板)連接起來，使其變成60cm*15cm木板。
- (三)在木板會後端的兩邊，黏上兩個木板，15cm在底下，使其撐高。
- (四)在15cm*15cm木板正中間填上彈簧，另一頭連接到底下穿好洞的木板中。
- (五)用棉線微微固定彈簧，使其不會歪斜甚至倒塌。
- (六)用棉線簡單固定在上方木板周圍，使其不會歪斜或倒塌。

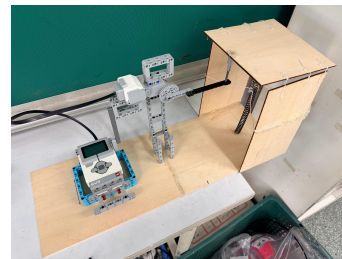


二、製造地震

- (一)利用LEGO積木組製造架子
- (二)組裝EV3、轉動馬達、架子與木板
- (三)在EV3內寫入程式，使馬達可以轉動，帶動平台一起轉動



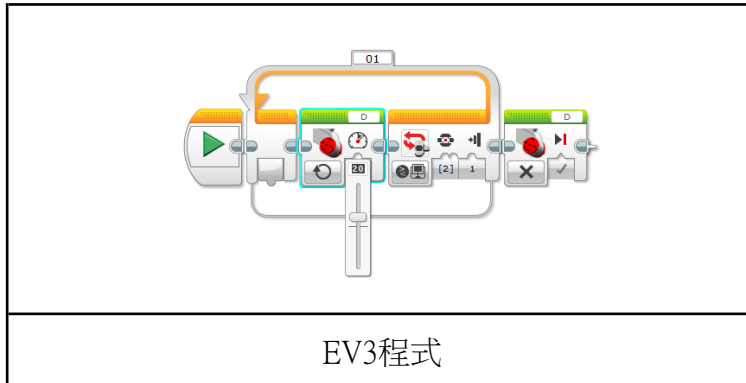
EV3、轉動馬達、架子



EV3、轉動馬達、架子與木板

三、程式參數設定

(一)我設計循環程式，變因設定為「馬達扭力 (Power: 10、15、20)」。

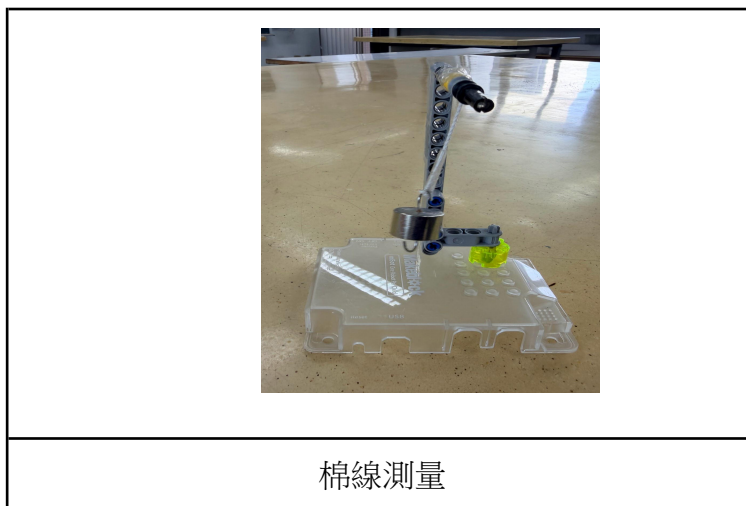


三、數據測量

(一)使用屏東縣科教中心借用的地震感測儀測試

(二)利用電子秤測量上方水杯的重量，經過搖晃後觀察水杯內水的重量

(三)在木板上懸掛一條附有砝碼的棉繩，觀察木板搖晃時棉繩產生的最大位移。



肆、研究結果

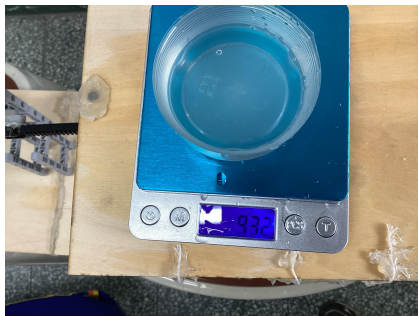
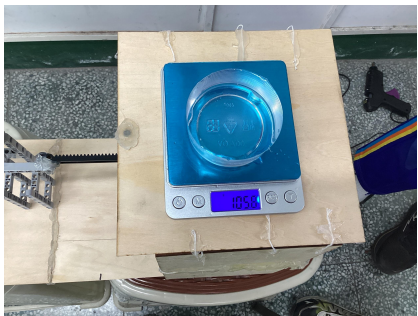
一、屏東縣科教中心借用的地震感測儀測試

初步使用電子地震感測器進行數值量測時發現，機器啟動初期的震動會產生極大的干擾，導致感測數值瞬間飆升至震度 6 級。經實驗紀錄，該感測器需靜置穩定 4 分鐘以上才能產出較具參考價值的數據。

二、水杯溢水量測試法（定量分析）

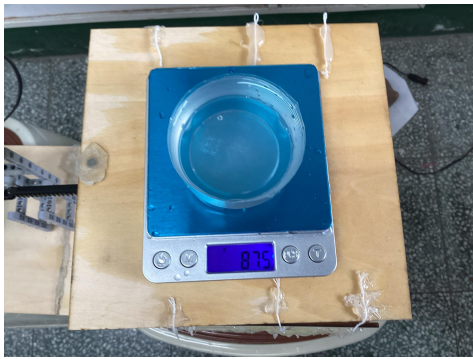
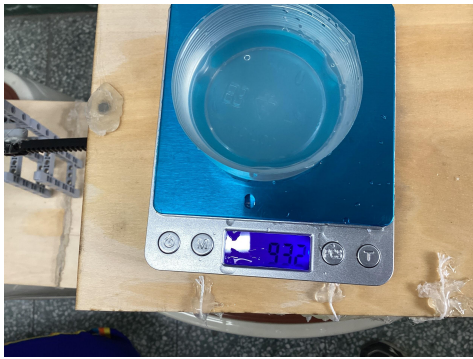
桿子:長

轉速10	
起始水重:107.5g	93.2g
轉速15	
起始水重:107.5g	105.8g
轉速20	
起始水重:107.5g	82.4g

轉速10	轉速15	轉速20
		

桿子:中等

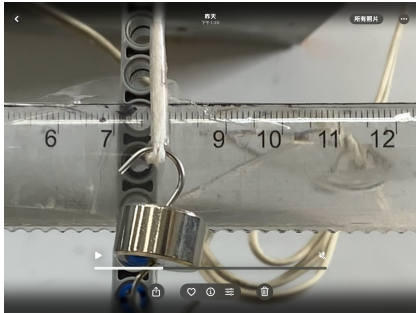
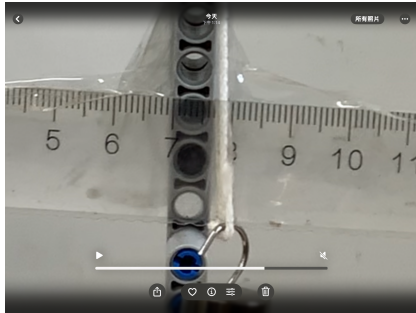
轉速10	
起始水重:107.5g	87.5g
轉速20	
起始水重:107.5g	93.2g

轉速10	轉速20
	

三、棉線懸吊系統擺幅觀測

桿子:長

轉速	最大偏移長度
10	0.1cm
15	0.2cm
20	0.3cm

轉速10	轉速20	轉速30
		

伍、討論

一、地震感測器靈敏度與穩定性觀測

1.經實驗紀錄，該感測器需靜置穩定 4 分鐘以上才能產出較具參考價值的數據。基於科展實驗效率與時間成本考量，本階段判定此測量方式誤差過大且耗時過久，故後續改採物理觀測法進行紀錄。

二、水杯溢水量測試法（定量分析）

EV3 轉速 (桿子:最長)	觀測指標（溢水量）	備註
10	中等 (14.3g)	水面開始溢出
15	較少 (1.7g)	水面輕微晃動
20	最大 (25.1g)	劇烈晃動，溢水量明顯

EV3 轉速 (桿子:中等)	觀測指標（溢水量）	備註
10	中等 (20.0g)	劇烈晃動，溢水量明顯
20	最大 (14.3g)	水面開始溢出

- 1.由表格發現轉速越高並非和溢水量並非有相關性，於實驗水杯溢水量測試中，長桿子中轉速20搖晃最明顯，第二為轉速10，轉速15最差。
- 2.在中等長度桿子中，轉速10的晃動幅度又大於20。
- 3.經過我們觀察後發現，在平台搖晃過程中，上方支撐的木板有機率會撞到撐高用的木板，以至於水會更容易溢出，導致實驗誤差。

4.在做水杯溢水量測試時也發現，每次進行測量會發生幾件事情導致測量困難:

(1)水量過少導致搖晃時水不會溢出

(2)水量過多導致再裝水或測試前就容易溢出

(3)校用電子秤在一段時間重量沒有發生變化時會自動關機，但每一次實驗我們要求控制變因，讓起始水量始終保持固定，以至於時間會被拉很長或是重測。

(4)因為裝滿水後移動很容易導致水溢出，我們採取電子秤直接放置於平台上方進行測量，而水的溢出可能會導致電子秤壞掉。

三、棉線懸吊系統擺幅觀測

1.利用棉線懸吊系統來進行觀測可以發現，轉速越小時棉線擺動幅度越高

轉速	最大偏移長度	搖晃程度
10	0.1cm	最小
15	0.2cm	中等
20	0.3cm	最大

2.於棉線懸吊系統能直觀的看到轉速越高，擺幅越大。

3.實驗結果明確顯示，隨著 EV3 轉速提升，棉線擺幅呈現規律的增加。此方法有效避開了水杯法會發生的碰撞問題與電子秤受潮風險，數據具備高度的可重複性與量化價值。

陸、結論

一、本研究透過實作成功建構出一套以 EV3 驅動的地震模擬儀，經由對比三種測量方法，得出以下結論：

- 1.物理測量優於數位感測：在簡易實驗環境下，利用棉線懸吊系統所測得的數據，比電子感測器與水杯溢水量法更具穩定性。棉線法的「擺幅」能將抽象的震動能量具體化為可量化的空間數據。
- 2.儀器設計之修正：本研究揭示了實驗設計中常見的「機械結構干擾」問題，如支撐板碰撞會嚴重影響實驗變因。未來若要提升模擬精準度，需針對支撐架的穩定性與空間餘裕進行優化，避免機械碰撞。
- 3.實驗方法之選擇：透過系統性的比較，我們確認了懸吊式地震儀在國小科展規模下，具備「數據好收集」、「環境要求低」以及「量化準確度高」三大優勢，是最適合作為地震模擬研究的觀測方式。

二、實驗限制與缺失分析

- 1.結構干擾誤差：支撐平台與主結構木板在晃動時發生機械碰撞，導致產生額外的非預期震動，影響轉速變因的準確性。
- 2.量測方法侷限：

感測器瓶頸：電子震動感測器啟動初期慣性大，需耗時 4 分鐘以上等待穩定，效率過低。

水杯法誤差：溢水量受起始水量精準度、溢出角度及環境影響，且電子秤在震動環境下極不穩定，易造成設備損壞風險。
- 3.實驗變因控制：實驗過程中的環境振動（如空氣流動）對棉線懸吊系統的微小擺幅產生干擾，需更完善的環境控制。

三、未來研究展望

- 1.機構優化： 擴大晃動平台的運動緩衝區，採用高韌性連桿結構，徹底消除機械碰撞干擾。
- 2.分析工具升級： 引入影像分析軟體（如 Tracker），將棉線擺動與水面波紋軌跡視覺化，以獲取更精確的時空座標數據，取代人工測量。
- 3.震波複雜度提升： 嘗試同步聯動兩台 EV3，模擬多維度地震波（橫波與縱波），探討結構物在複合震動下的動態反應。
- 4.抗震結構探討： 在儀器穩定後，導入各式建築結構模型，評估不同隔震或制震技術對結構穩固性的實際成效。

柒、參考資料及其他

- 1、 余晨暉、朱國嚴(無日期)。091007地震自動斷路器。中華民國第46屆中小學科學展覽會。
- 2、 游在行、陳妍臻、李珈羽、陳亮羽(108)。080509 Hold 得住嗎？～不同耐震補強方式對改善建築物穩固性的成效探討。中華民國第59屆中小學科學展覽會。
- 3、 陳仟袖、曾子華、林均容(105)。051902「震」去「震」又回-臺灣西南近海地震群實例研究。中華民國第56屆中小學科學展覽會。
- 4、 黃子齊、陳玉芳、戴端儀(101)。030504「震不震」的住。中華民國第52屆中小學科學展覽會。
- 5、 戴立嘉、徐家齊(96)。031731十震九穩－建築物抗震之研究。中華民國第47屆中小學科學展覽會。
- 6、 黃凱彬、莊永宗、林揚鈞(81)。“地牛翻身”－簡易地震模擬器與感應器的製作及操作。中華民國第32屆中小學科學展覽會。
- 7、 吳永瀚、陳彥廷(114)。地震來臨時的自動斷電系統。中華民國第65屆中小學科學展覽會。