

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

第三名

030803

『擺』『速』可樂！

學校名稱：臺北市立民生國民中學

作者：  國二 王宇恩  國二 徐煜翔  國二 徐逢澤	指導老師：  柯錦儒  江幸真
---	-----------------------------

關鍵詞：週期、速度、電梯

## 摘要

我們改良了九年級課本中單擺實驗，研發了四代實驗裝置，而我們的實驗裝置主要是利用單擺的週期變化計算出電梯的最高速度、加速度以及平穩度，後來我們利用第三代實驗裝置測量了台北 101 的超高速電梯，並和電梯業者所使用的專業儀器加以比對，發現有些許的不同，因此我們分析了第三代的實驗裝置的缺點並加以改良，研發出第四代，在第四代裝置中，我們將儀器加裝粗略真空裝置以減少空氣阻力，並使用光柵作為感應器，增加數據的精確度，希望能使自製實驗裝置與電梯業者所使用的專業儀器數據相符度增加。

## 壹、研究動機

現在的建築技術日新月異，高樓大廈如雨後春筍的不斷興建，像台北 101 大樓、東京廣播塔、香港天井、阿拉伯杜拜塔等，為了能達到運送的效率，電梯的技術也日益的進步，我們在想，如果電梯的速度很高、加速度很快，是否會使人感覺不舒適呢？

上課時，老師和我們討論到單擺的等時性原理，我們覺得非常有趣，因此開始研究，經過資料查詢我們得到公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，而在實驗數據中我們發現  $g$  值可以推算出電梯得加速度。

所以我們便想利用單擺測得週期，再推算出電梯得加速度以及最高速度。之後在縣市科展時，指導教授給了我們一些建議，經過小組討論後，覺得我們可以從改良實驗裝置，以及實驗的環境著手去做修正，讓實驗裝置更準確，也增加實驗的應用性。

## 貳、研究目的

- 一、改良課本之單擺實驗，自製一個能精準測量週期變化的單擺，持續修正改良研發三代實驗裝置，並找出精密測量週期的方法
- 二、分析本校電梯的加速度變化與相同高度不同樓層數之加速度變化。
- 三、運用自製單擺測量 101 大樓及高樓層大樓的高速電梯之加速度變化。
- 四、利用自製單擺測量捷運電梯及住家一般電梯，測量出加速度變化。
- 五、以捷運電梯及住家一般電梯為例，嘗試以實驗所得週期及  $g$  值變化，計算出電梯啟動後的平穩速度。
- 六、分析比對精密儀器與自製儀器測量台北 101 電梯速度變化。
- 七、改良前三代單擺，運用光柵原理，製作出第四代，使實驗數據更為精確

## 參、研究設備及器材

### 一、自製改良單擺

(一) 單擺支撐架：木板、紙尺（測量擺長）、水平儀、量角器（精準測量角度）、壓克力。

(二) 擺線：電線、釣魚線。

(三) 擺錘：墊片 6 個、抗磁性麥克風（連接筆記型電腦，用 cool edit pro 2.1 收音）、鐵球。

(四) 感測器：蜂鳴器、光電計時器(Data Harvest Easy Sonse Software 軟體記錄)。

(五) 檢測水平：水平儀、水銀開關二個（前後及左右的水平）連接二個紅及綠色發光二極體

(六) 電子元件：繼電器、電磁鐵、滾珠開關、計數器、電池組

三、直尺、直角規：量度尺寸及角度用。

四、絕緣膠帶：黏接電線用。

五、白膠、快乾膠、壓克力接合劑：接合材料用。



圖 1-1：電磁鐵

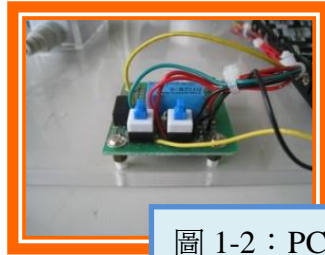


圖 1-2：PC 板



圖 1-3：計數器



圖 1-4：光柵



圖 1-5：L 型角鐵

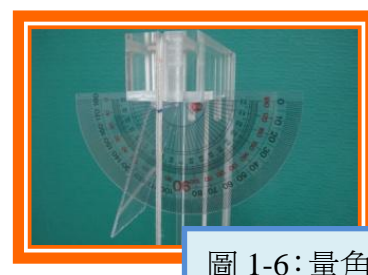


圖 1-6：量角器

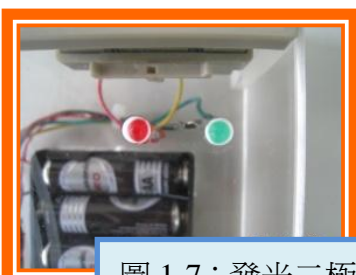


圖 1-7：發光二極體



圖 1-8：拔罐器



圖 1-9：繼電器

## 肆、研究過程或方法

一、改良課本之單擺實驗，自製一個能精準測量週期變化的單擺，持續修正改良研發三代實驗裝置。

(一) 第一代:

- 1.支撐架上轉彎處，裝上 L 型角鐵，加強其牢固性。
- 2.支撐架和底板上打入釘子，將電線收整齊。
- 3.將可伸縮彈簧裝於量角器上，精準測量擺盪角度。
- 4.爲了改進碼表測量的時間差，將麥克風加裝於擺錘，蜂鳴器固定於地面，利用單擺測量出發聲源所造成的頻率變化，接收到電腦中分析單擺的週期。
- 5.利用 cool edit pro 2.1 軟體在電腦中分析資料，步驟如下：
  - (1)選取第 1 個最高峰到第 10 個（共來回 5 次），在此軟體的右下角選取範圍時間，其精準度達到小數點第 3 位，比一般碼表多精準一位，使其測出的誤差值會更小。
  - (2)從波形的變化可以分析出每一個擺動的時間，及其週期變化。

(二) 第二代:

- 1.材料改成壓克力，底板面積加大，不需重物（變壓器）壓住。
- 2.懸板改爲懸臂以螺絲做連結，使其更加牢固。
- 3.將量角器裝置在凹槽處。
- 4.將麥克風加裝於擺錘，以墊片加重，再以汽球將整體套住。
- 5.週期取樣均依照第一代之選取方法。

(三) 第三代:

- 1.製作壓克力外罩，套住單擺外側，減少外力干擾。
- 2.使用繼電器吸附擺錘，將擺角固定於 20 度。
- 3.將擺錘改良，使用釣魚線綑綁擺錘外側，使擺錘重心在正中央。
4. 週期取樣均依照第一代之選取方法。



加上彈簧的量角器  
以便精確量取擺角



垂直處以角鐵固定



以廢棄的大型變壓器  
增加底座之平穩

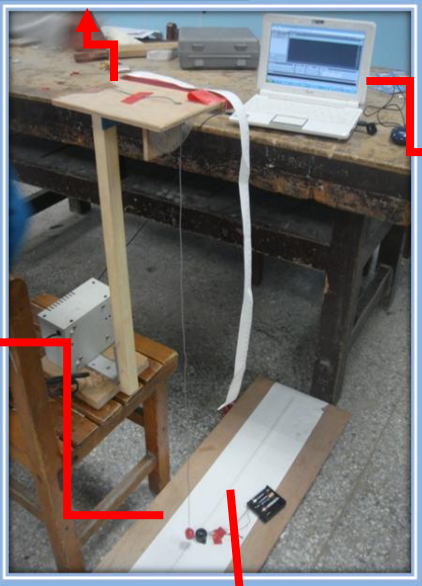


貼上標準紙尺，以  
便精確量取擺長

支撐架的分解說明

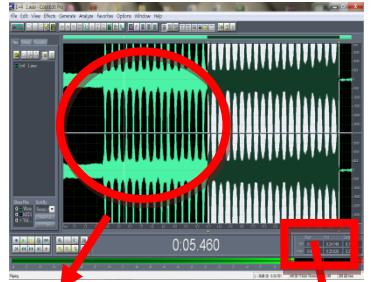
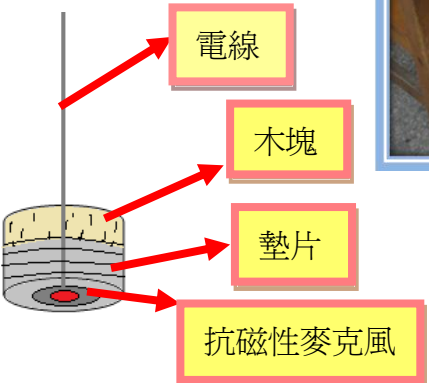


加裝釘子以便收齊擺線



電腦軟體分析

擺垂內部分解說明



選取區塊

顯示時間

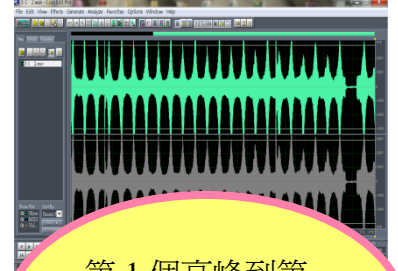
地面底板分解說明



以直角規將麥克風  
與蜂鳴器定位



在紙尺上畫記以  
固定蜂鳴器位置



第 1 個高峰到第  
10 個高峰的時間  
(共來 5 次)

圖 2:自製改良單擺實驗裝置第一代

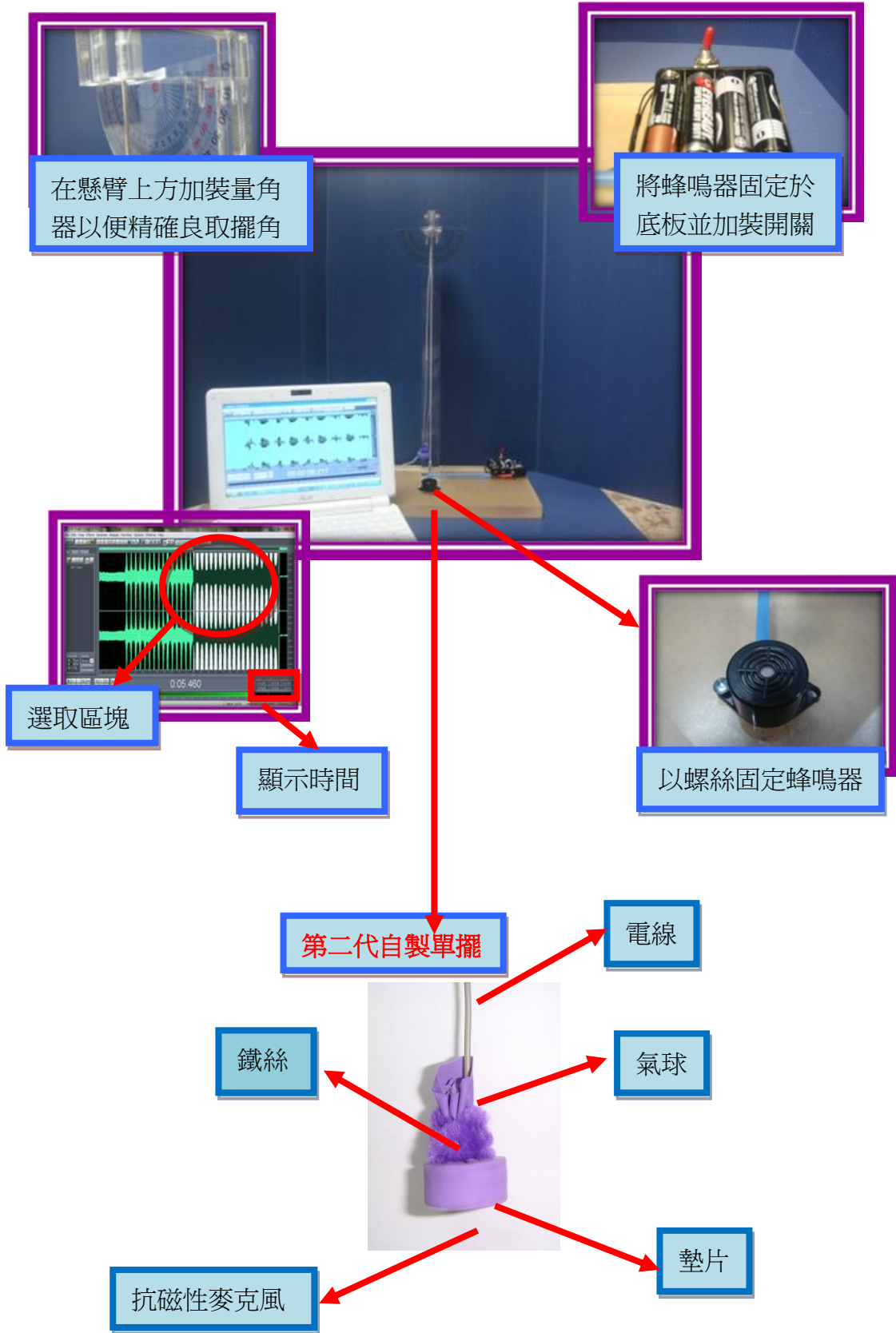


圖 3:自製改良單擺實驗裝置第二代



圖 4: 第三代自製單擺

二、使用自製單擺精密測量週期的方法:

(一) 將擺線拉至預測量的角度，打開地上的蜂鳴器開關，按 cool edit pro 2.1 軟體上的錄音鍵，再放掉擺錘，同時以木槌敲擊地面發出聲音，標示錄音的開始的時間點，待測量完畢(電梯停止時)，再次敲擊地面，關閉蜂鳴器開關，結束錄音。

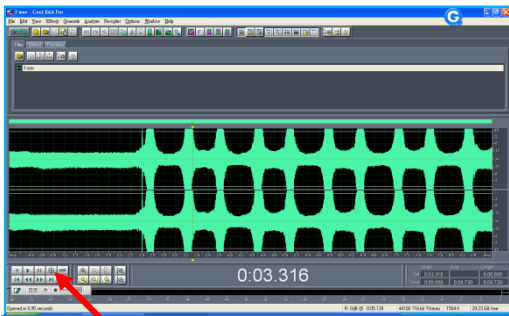


圖 4-1：先點選錄音，待錄音完畢，再次點選此鍵結束錄音

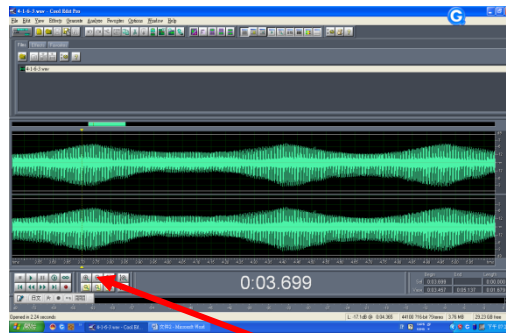


圖 4-2：再利用放大鍵來放

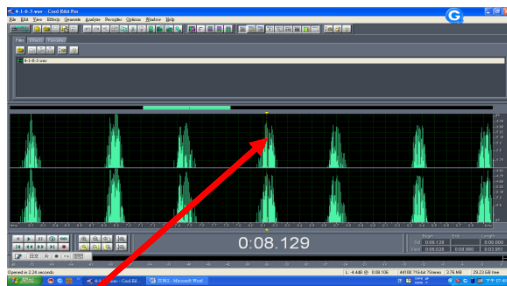
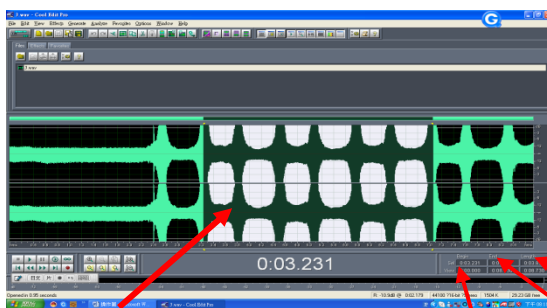


圖 4-3：選取每個波的最高峰，以便分析週期



此為選取區塊

圖 4-4：此為時間點分別為：開始點、截止點、時間



三、在電梯中使用自製改良單擺測量精密週期變化

(一) 為分辨電梯中的週期，在電梯開始和停止時，用木鎚敲擊地面發出聲音使分析時能清楚辨識開始與結束的時間點，以利取出所需要的分析數據。

(二) 實驗中把單擺角度每次固定於 20 度（此實驗中角度是指擺線與中心點間的角度）、單擺長度固定於 40 公分，測量電梯上升及電梯下降的單擺週期變化，並推測其加速度。

四、利用所得到的週期數據，以公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  推測重力加速度，而電梯加速度是以週期變化的加速度減去平地的重力加速度。

五、利用所得到的實驗數據，依據底下的公式，求出電梯的速度。

$$V_1 = V_0 + at \left\{ \begin{array}{l} V_1 = \text{電梯最高速度} \\ V_0 = \text{電梯初速} \\ a = \text{加速度} = g_e - g_o \left\{ \begin{array}{l} g_e = \text{電梯中測得之 } g \text{ 值} \\ g_o = \text{平地中測得之 } g \text{ 值} \end{array} \right. \\ t = \text{時間} \end{array} \right.$$

## 伍、研究結果

一、改良課本之單擺實驗，自製一個能精準測量週期變化的單擺，並改良第一、二代研發出第三代。

表一：第一、二、三代實驗裝置優缺點

	優點	缺點
第一代	1.價格低廉(木頭) 2.製作容易 3.攜帶方便(質輕)	1.底座不穩(必須使用重物壓住) 2.擺錘體積較大、重心不穩 3.角度須每次量取 4.須利用 Cooledit 軟體所產生的頻率波形圖，找出週期，較為耗時
第二代	1.擺錘縮小 2.底座穩固 3.使用壓克力材料，透明度高，觀察方便 4.初始角度固定(使用繼電器固定)	1.擺長 40 公分太長、擺角 20 度易受到外力干擾 2.須利用 Cooledit 軟體所產生的頻率波形圖，找出週期，較為耗時
第三代	1.改進擺錘使重心更加集中 2.壓克力罩，隔絕外力聲音及風力影響 底座穩固	1.加裝壓克力罩，重量加重 2.須利用 Cooledit 軟體所產生的頻率波形圖，找出週期，較為耗時

二、在學校電梯中以自製改良單擺，測量週期的變化，分析不同樓層相同距離之加速度與減速度變化。

(一)：利用自製單擺，分析學校電梯 1F~2F 與 2F~1F 的加速度變化

- 1.將自製改良單擺放在學校無障礙電梯（總層樓高 4 層），並將擺長調整為 40cm，擺角 20 度，進行 1F~2F 與 2F~1F 的單擺實驗，並以 cool edit pro2.1 軟體測量週期，分析其加速度變化。



圖 6-1 學校電梯內進行單擺

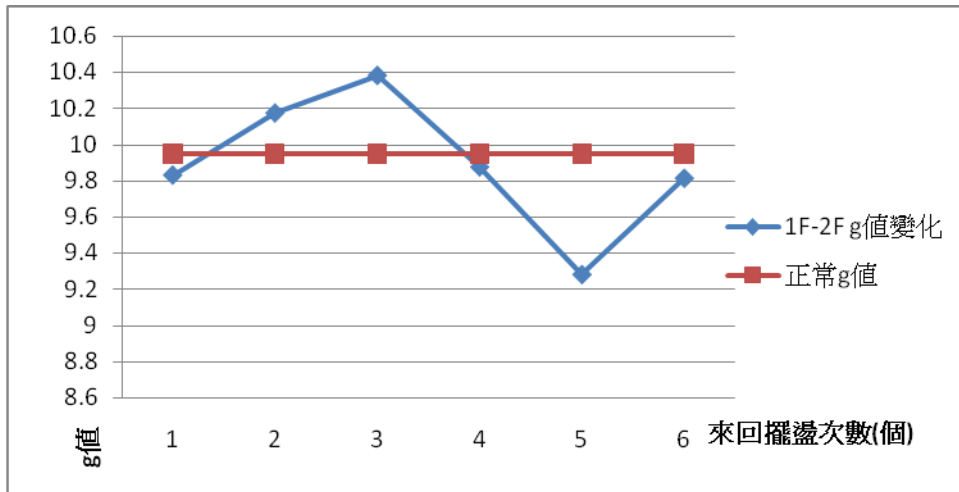


圖 6-2 學校無障礙電梯

表二：電梯上樓 1F-2F 的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

波(個數)	1F-2F g 值變化(平均 m/s <sup>2</sup> )
第 1 個	9.829
第 2 個	10.171
第 3 個	10.378
第 4 個	9.973
第 5 個	9.910
第 6 個	9.511

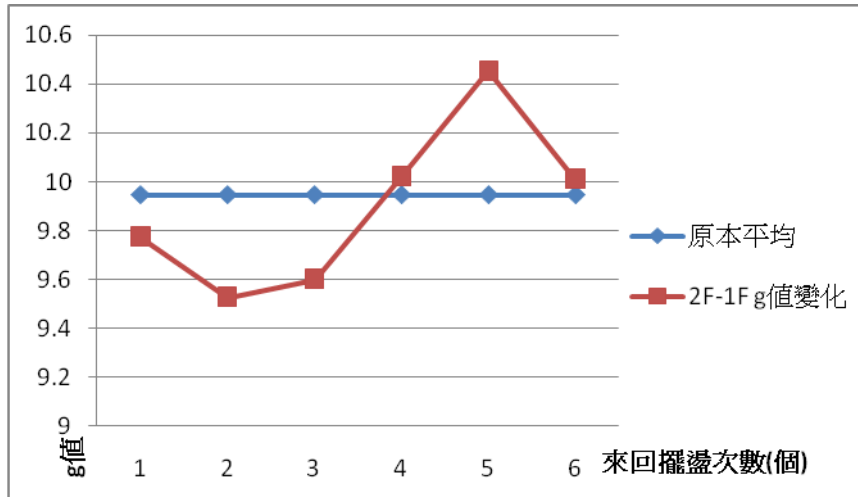
圖 7：電梯上樓 1F-2F 的 g 值變化



表三：電梯下樓 2F-1F 的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

波(個數)	2F-1F g 值變化(平均 m/s <sup>2</sup> )
第 1 個	9.956
第 2 個	9.526
第 3 個	9.600
第 4 個	10.021
第 5 個	10.454
第 6 個	10.010

圖 8：電梯下樓 2F-1F 的 g 值變化



(二)從以上研究發現：

- 1.1F 至 2F 電梯啓動及停止前，有明顯的加速度變化，由於樓層高度僅一層，從 g 值的變化上沒有顯示較為平穩的一段時間(等速度)。
- 2.1F 至 2F 電梯啓動及停止前，亦顯示加速度的變化，及沒有等速度的現象，其加速度的變化與 1 樓至 2 樓在折線圖上是呈相反的。

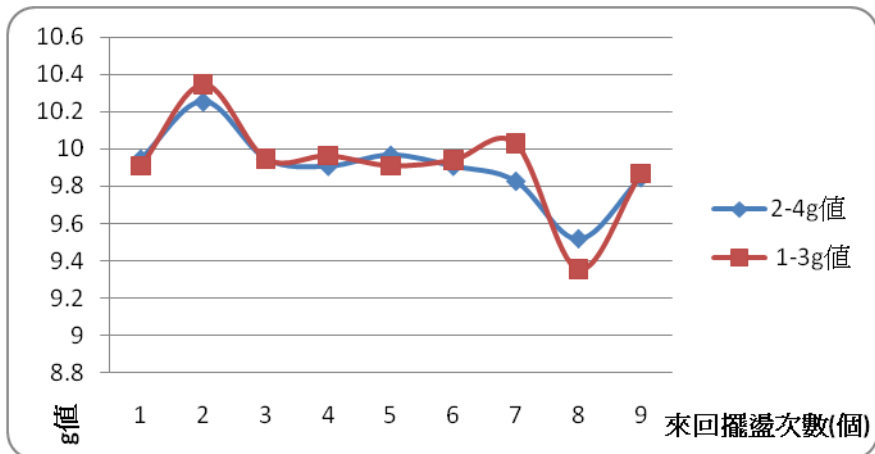
(三)

- 1.將自製單擺放在學校無障礙電梯（總層樓高 4 層），並將擺長調整為 40cm，擺角 20 度，進行 1F~3F 與 2F~4F 的上下樓梯單擺實驗，並以 cool edit pro2.1 軟體測量週期，分析其加速度變化。

表四：電梯上樓 1F-3F 和 2F-4F 的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

波(個數)	1F-3F g 值變化(平均)	2F-4F g 值變化(平均)
第 1 個	9.946	9.907
第 2 個	10.253	10.345
第 3 個	9.946	9.946
第 4 個	9.906	9.962
第 5 個	9.966	9.908
第 6 個	9.906	9.939
第 7 個	9.826	10.026
第 8 個	9.516	9.353
第 9 個	9.845	9.865

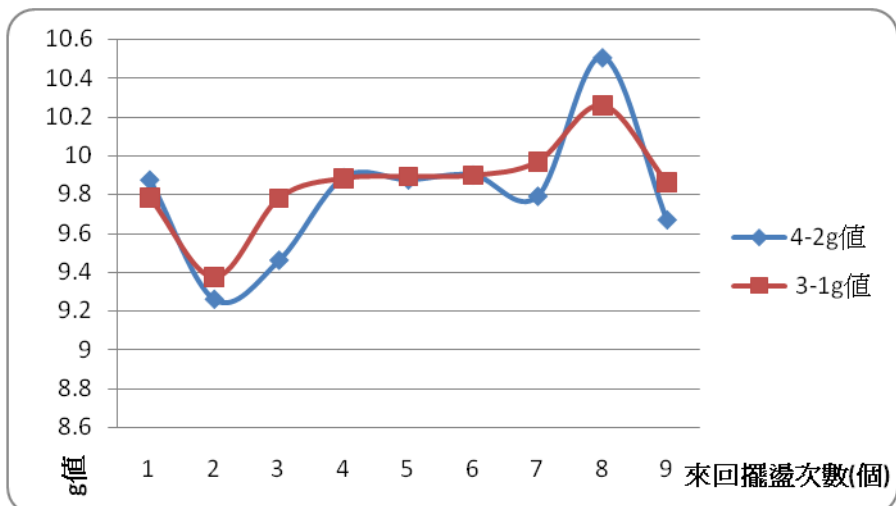
圖 9：電梯上樓 1F-3F 和 2F-4F 的 g 值變化



表五：電梯下樓 3F-1F 和 4F-2F 的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

波(個數)	3F-1F g 值變化(平均) m/s <sup>2</sup>	4F-2F g 值變化(平均) m/s <sup>2</sup>
第 1 個	9.874	9.783
第 2 個	9.258	9.373
第 3 個	9.460	9.782
第 4 個	9.887	9.884
第 5 個	9.874	9.894
第 6 個	9.900	9.899
第 7 個	9.790	9.970
第 8 個	10.506	10.262
第 9 個	9.668	9.863

圖 10：電梯下樓 3F-1F 和 4F-2F 的 g 值變化



2.從實驗中發現，電梯雖然從不同樓層上升，但因為都上升相同高度，所以測得之加速度，如圖 8 及圖 9 所述，兩者誤差不大，曲線相當接近。

三、運用自製單擺測量高樓層大樓及高速電梯的加速度變化。

(一)運用自製單擺測量北投焚化爐高速電梯的加速度變化。

- 1.將自製改良單帶至北投焚化爐進行單擺實驗，並將擺長調整為 40cm，擺角 20 度，分析 1F 至 120 公尺高上樓及下樓的單擺實驗，並以 cool edit pro2.1 軟體測量週期，分析其加速度變化。

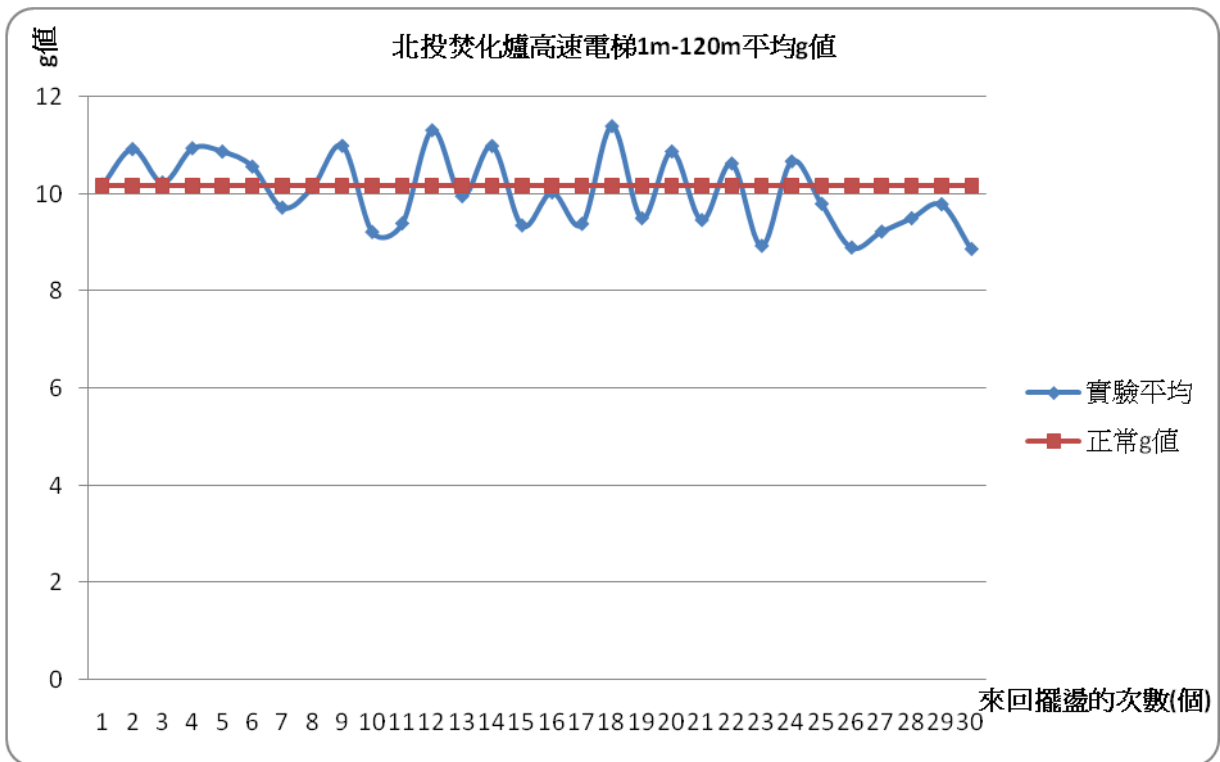


圖 11：北投焚化爐電梯內(高度 120 公尺)進行單擺實驗

表六：北投焚化爐高速電梯 1m-120m 平均 g 值 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	g 值平均 (m/s <sup>2</sup> )	個數	g 值平均 (m/s <sup>2</sup> )	個數	g 值平均 (m/s <sup>2</sup> )
1	10.197	11	9.398	21	9.467
2	10.921	12	11.307	22	10.626
3	10.237	13	9.955	23	8.939
4	10.939	14	10.985	24	10.670
5	10.870	15	9.356	25	9.800
6	10.563	16	10.034	26	8.903
7	9.722	17	9.388	27	9.23
8	10.139	18	11.390	28	9.504
9	10.988	19	9.504	29	9.79
10	9.222	20	10.872	30	8.873

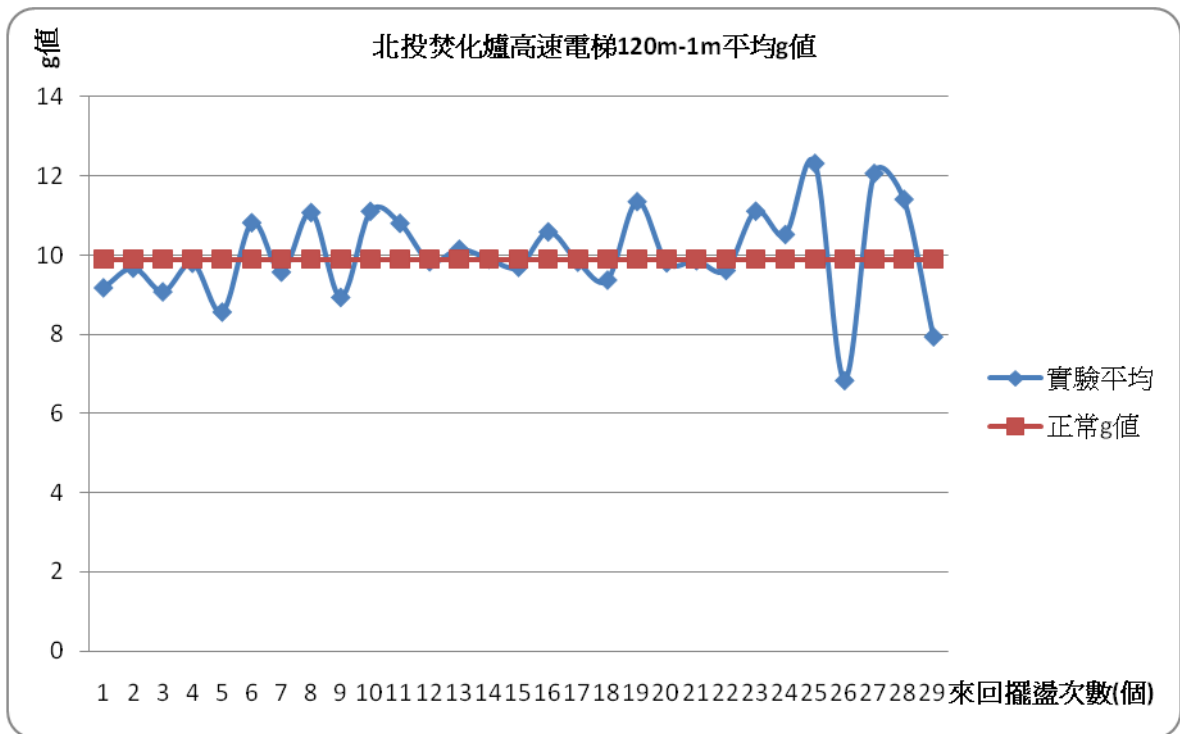
圖 12：北投焚化爐高速電梯 1m-120m 平均 g 值



表七：北投焚化爐高速電梯 120m-1m 平均 g 值 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	g 值平均 m/s <sup>2</sup>	個數	g 值平均 m/s <sup>2</sup>	個數	g 值平均 m/s <sup>2</sup>
1	9.175	11	10.797	21	9.858
2	9.669	12	9.831	22	9.611
3	9.074	13	10.145	23	11.103
4	9.793	14	9.893	24	10.516
5	8.564	15	9.691	25	12.306
6	10.813	16	10.582	26	6.841
7	9.571	17	9.821	27	12.053
8	11.070	18	9.369	28	11.401
9	8.933	19	11.343	29	7.942
10	11.101	20	9.802		

圖 13：北投焚化爐高速電梯 120m-1m 平均 g 值



2.從以上研究發現：北投焚化爐的電梯在加速度的變化是呈現變動的，找不出較為不穩的時段，同時我們在進行實驗搭乘中，明顯感受到有持續間隔的震動

(二)運用自製單擺測量及分析台北 101 電梯的速度變化。

- 1.利用第二代自製單擺，經過電話事先聯繫，表達進行實驗的目的，經過 101 大樓相主管核准預約於星期日早上 9:30，並經由購票後，進行 5F 至 89F 的單擺實驗。
- 2.同時全程錄影在電梯內顯示速度變化的畫面，作為驗證自製單擺的速度變化之參考。



圖 14-1 購票 101 大樓電梯加速度



圖 14-2 101 大樓電梯內測量情形

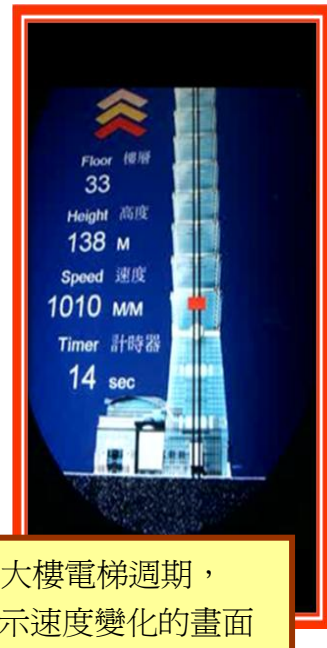
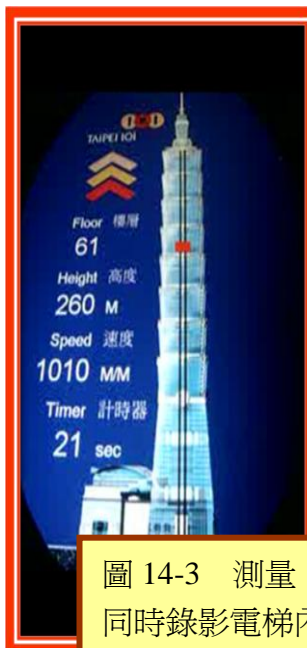


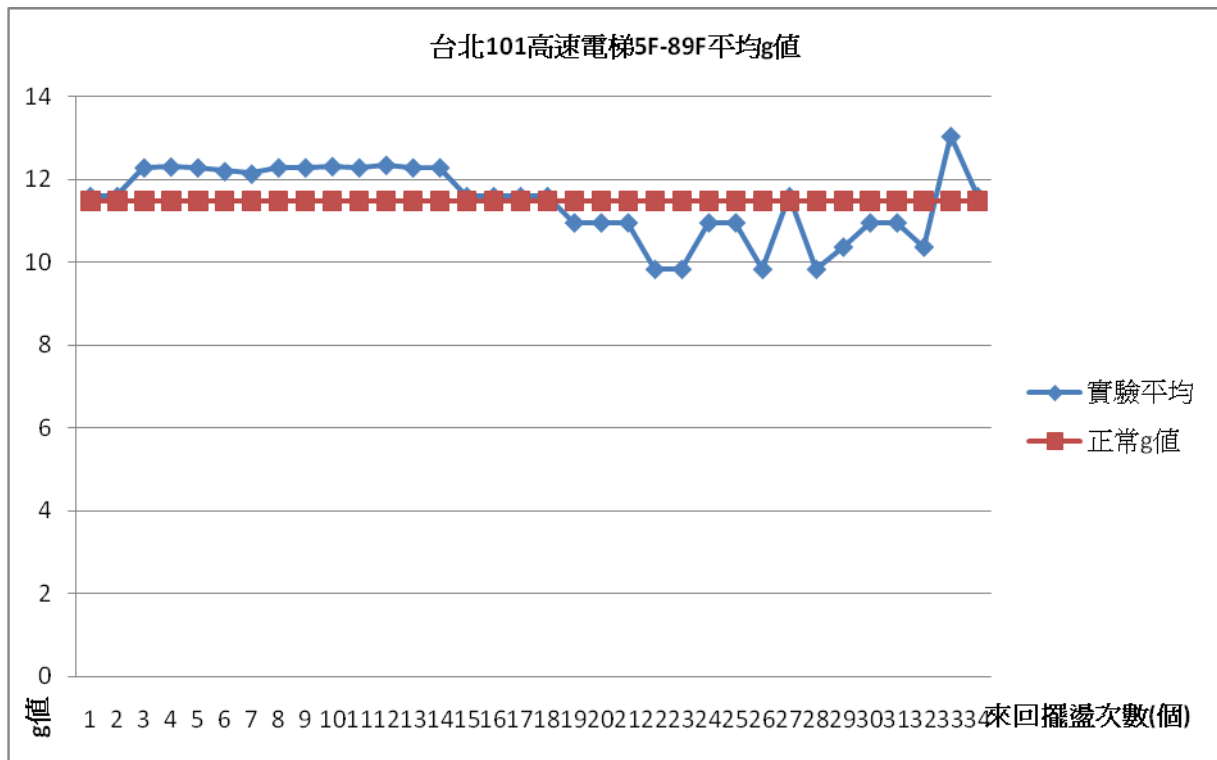
圖 14-3 測量 101 大樓電梯週期，同時錄影電梯內顯示速度變化的畫面



表八：台北 101 高速電梯 5F-89F 平均 g 值 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	週期 (sec)	101 平均 g 值m/s <sup>2</sup>	個數	週期 (sec)	101 平均 g 值m/s <sup>2</sup>	個數	週期 (sec)	101 平均 g 值m/s <sup>2</sup>
1	1.17	11.601	13	1.10	12.294	25	1.20	10.966
2	1.17	11.601	14	1.13	12.294	26	1.20	9.842
3	1.13	12.294	15	1.13	11.601	27	1.27	11.600
4	1.13	12.314	16	1.17	11.601	28	1.17	9.842
5	1.13	12.294	17	1.17	11.601	29	1.27	10.381
6	1.13	12.204	18	1.17	11.601	30	1.23	10.966
7	1.13	12.144	19	1.13	10.966	31	1.20	10.966
8	1.13	12.294	20	1.20	10.966	32	1.20	10.381
9	1.13	12.294	21	1.20	10.966	33	0.55	13.050
10	1.10	12.324	22	1.20	9.842	34	1.10	11.601
11	1.13	12.294	23	1.30	9.842			
12	1.17	12.354	24	1.27	10.966			

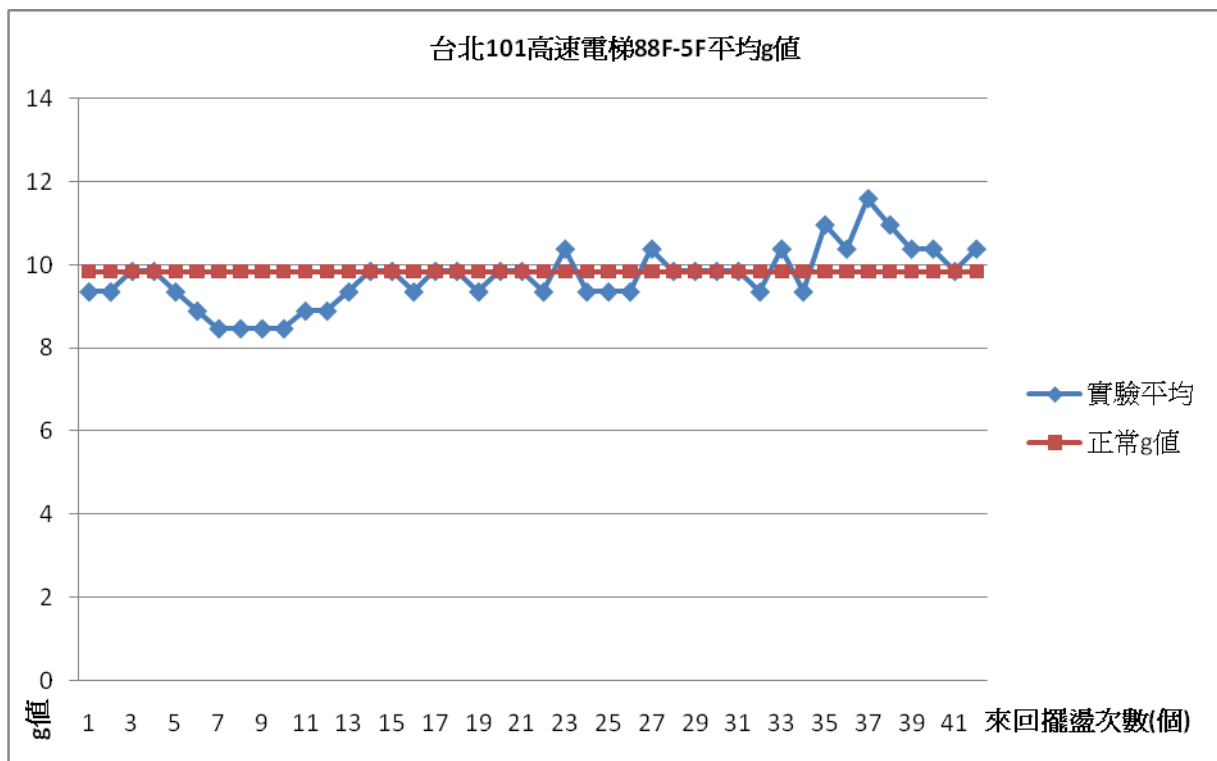
圖 15：台北 101 高速電梯 5F-89F 平均 g 值



表九：台北 101 高速電梯 88F-5F 平均 g 值 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	週期 (sec)	101 平均 g 值 m/s <sup>2</sup>	個數	週期 (sec)	101 平均 g 值 m/s <sup>2</sup>	個數	週期 (sec)	101 平均 g 值 m/s <sup>2</sup>
1	1.27	9.842	14	1.30	9.344	27	1.27	9.842
2	1.30	9.344	15	1.30	9.344	28	1.27	9.842
3	1.33	8.882	16	1.30	9.344	29	1.30	9.344
4	1.37	8.454	17	1.27	9.842	30	1.23	10.381
5	1.37	8.454	18	1.27	9.842	31	1.30	9.344
6	1.37	8.454	19	1.30	9.344	32	1.20	10.966
7	1.37	8.454	20	1.30	10.381	33	1.23	10.381
8	1.33	8.882	21	1.23	9.344	34	1.17	11.601
9	1.33	8.882	22	1.30	9.344	35	1.20	10.966
10	1.30	9.344	23	1.30	9.344	36	1.23	10.381
11	1.30	9.344	24	1.23	10.38	37	1.23	10.381
12	1.30	9.344	25	1.30	9.842	38	1.27	9.842
13	1.30	9.344	26	1.30	9.842			

圖 16：台北 101 高速電梯 88F-5F 平均 g 值



3.從以上研究發現：

- (1)101 大樓，在 5 樓上升至 89 樓中間，第 21 個脈波(在 21.37 秒)前速度是呈現平穩上升，21 秒後開始降速，從 g 值變化中，推測準備減速時，並非平穩趨緩減速，而是間斷式減速。
- (2)101 大樓自 89 樓至 5 樓，高樓往下加速，其加速度呈平緩上升，至第 21 個脈波(21.77 秒)，開始間斷式減速，直到停止。

四、運用自製單擺測量捷運站電梯和一般電梯（住家中），二者 g 值的變化。

(一)使用自製單擺至許姓同學住家的電梯(一般電梯 B2 至 6 樓)，及中山國中捷運電梯，比較二者在上樓及下樓時的加速度變化。



圖 17-1 住家電梯顯示樓層

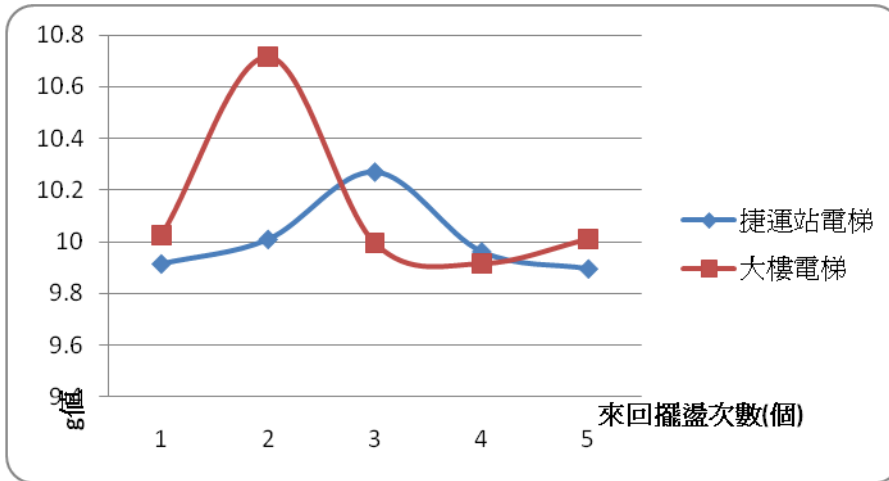


圖 17-2 中山國中捷運站電梯

表十：捷運站電梯和一般電梯電梯上樓啓動時的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	捷運站電梯 m/s <sup>2</sup>	大樓電梯 m/s <sup>2</sup>
1	9.915	10.025
2	10.010	10.714
3	10.270	9.994
4	9.962	9.915
5	9.896	10.010

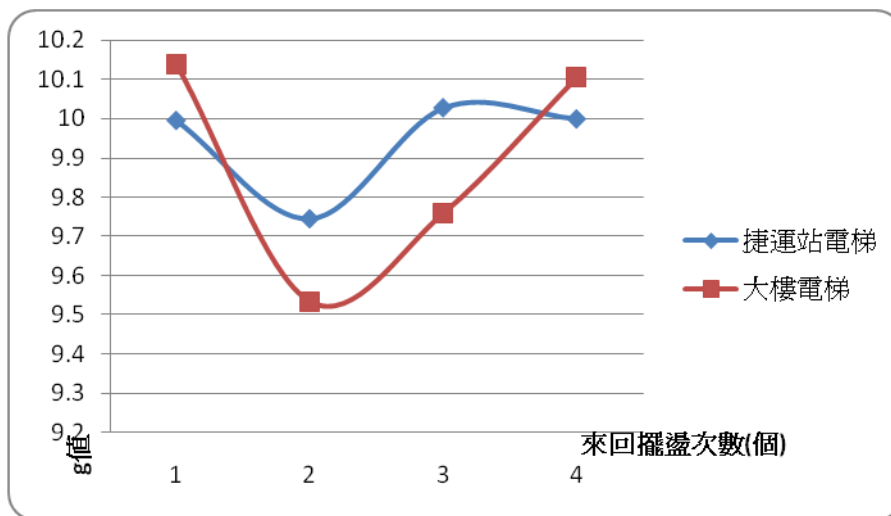
圖 18：捷運站電梯和一般電梯電梯上樓啓動時的 g 值變化



表十一：捷運站電梯和一般電梯電梯上樓停止前的 g 值變化 單位(m/s<sup>2</sup>)

個數	捷運站電梯 (m/s <sup>2</sup> )	大樓電梯 (m/s <sup>2</sup> )
1	9.994	10.138
2	9.744	9.533
3	10.026	9.759
4	9.998	10.106

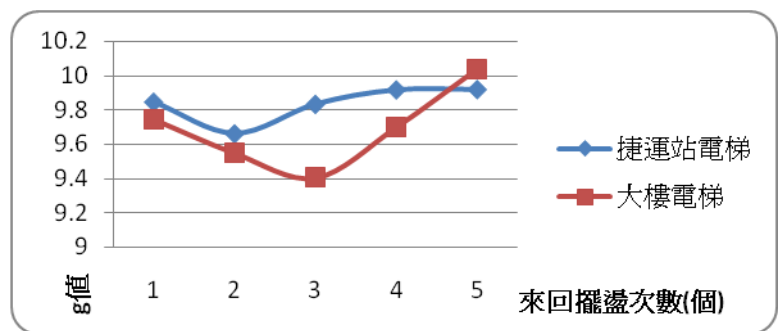
圖 19：捷運站電梯和一般電梯電梯上樓停止前的 g 值變化



表十二：捷運站電梯和一般電梯電梯下樓啓動時的 g 值變化

個數	捷運站電梯 ( $m/s^2$ )	大樓電梯( $m/s^2$ )
1	9.845	9.744
2	9.659	9.548
3	9.832	9.404
4	9.917	9.698
5	9.919	10.037

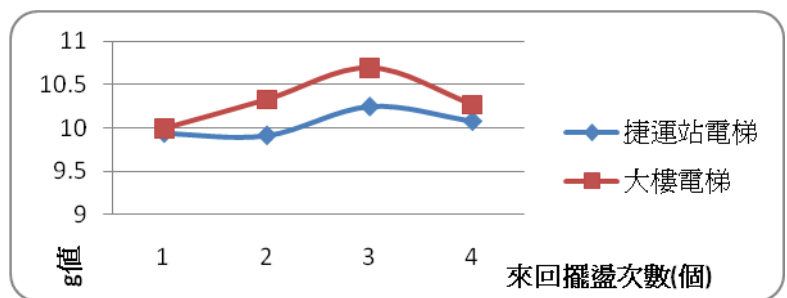
圖 20：捷運站電梯和一般電梯電梯下樓啓動時的 g 值變化



表十三：捷運站電梯和一般電梯電梯下樓停止前的 g 值變化 單位( $m/s^2$ )

個數	捷運站電梯 ( $m/s^2$ )	大樓電梯( $m/s^2$ )
1	9.940	9.994
2	9.915	10.330
3	10.245	10.697
4	10.077	10.270

圖 21：捷運站電梯和一般電梯電梯下樓停止前的 g 值變化



(二) 從以上研究發現，捷運電梯與一般住家電梯的加速度變化，捷運電梯不論在啓動時的或停止前其加速度變化趨勢均比一般住家電梯和緩。

五、以捷運電梯及住家一般電梯為例，嘗試以實驗所得週期及 g 值變化，計算出電梯啓動後的平穩速度。

表十四：捷運電梯及住家一般電梯上下樓時啓動後的速度 單位(m/s)

	捷運站電梯(m/s)		大樓電梯(m/s)	
	上樓	下樓	上樓	下樓
啓動後速度	0.710	0.700	1.260	1.145
功能	無障礙電梯（供行動不便者）		一般載客或運貨	

從以上研究發現：居家生活上方便我們上下樓層所用的電梯，建築師在建造時會因其使用的對象及功能，設計採用不同功能的速度，包含啓動、停止前的加速度及啓動後的速度，捷運無障礙電梯主要是供行動不便者使用，所以其在啓動時加速度變化及上升或下降時的速度是需要保持平緩。

六、分析比對精密儀器與自製儀器測量台北 101 電梯速度變化：

從建造台北 101 大樓電梯的廠商中，取得使用高價格的精密儀器測得的數據圖表，與我們使用自製單擺測量台北 101 大樓上下樓之數據波形做一比對，觀察並討論數據的差異。

圖 22：台北 101 大樓上樓 5F-89F 兩數據比較圖(紅線為我們測得數據)

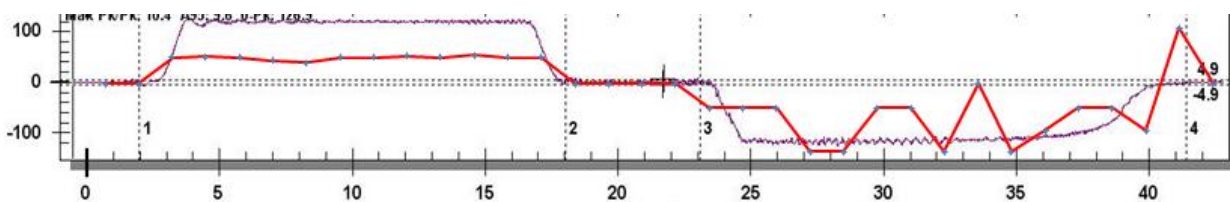
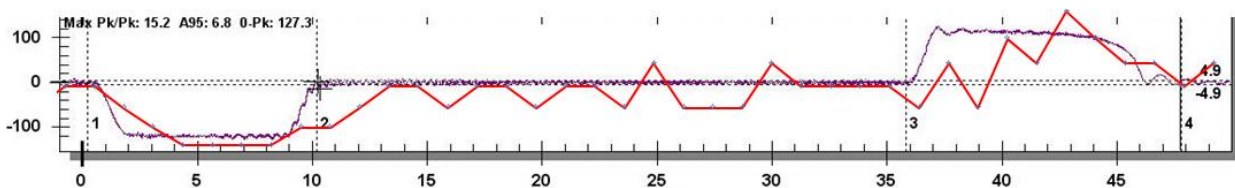


圖 23：台北 101 大樓下樓 88F-5F 兩數據比較圖(紅線為我們測得數據)



從以上研究發現：比對分析廠商提供的速度變化圖與我們使用自製單擺測得的結果，在前段的加速度特性中，波形的變化上幾乎是一致性，而在後半段的負的加速度，我們測得數據有明顯震盪，與廠商提供的數據雖然有誤差，但其兩者的變化趨勢上是呈現相關性。

七、改良前三代單擺缺點，運用光柵原理，製作出第四代，使實驗數據更為精確

(一) 從研究六中，我們了解自製單擺在測量電梯的速度變化是具有價值及實用性的，故激發我們想要進一步地改良第三代研發第四代的單擺；為了增加單擺週期的精度，嘗試改用光電感應器，週期測量誤差可達千分之一秒；將擺線從原有的40公分縮短至10公分長，擺錘也改用直徑4mm的小鋼珠；另外為了防止空氣阻力影響擺動期，將單擺設計在粗略真空裝置的容器內，並加裝電磁鐵，電源打開時將擺錘定位於擺角5度，電源切換為OFF時，電磁鐵無磁性，啟動了擺錘的擺動；最後也將水平儀改加裝了水銀開關，此開關在未達平衡時就會自動斷電，運用繼電器連結發光二極體，當水平時是綠色的發光二極體會亮。

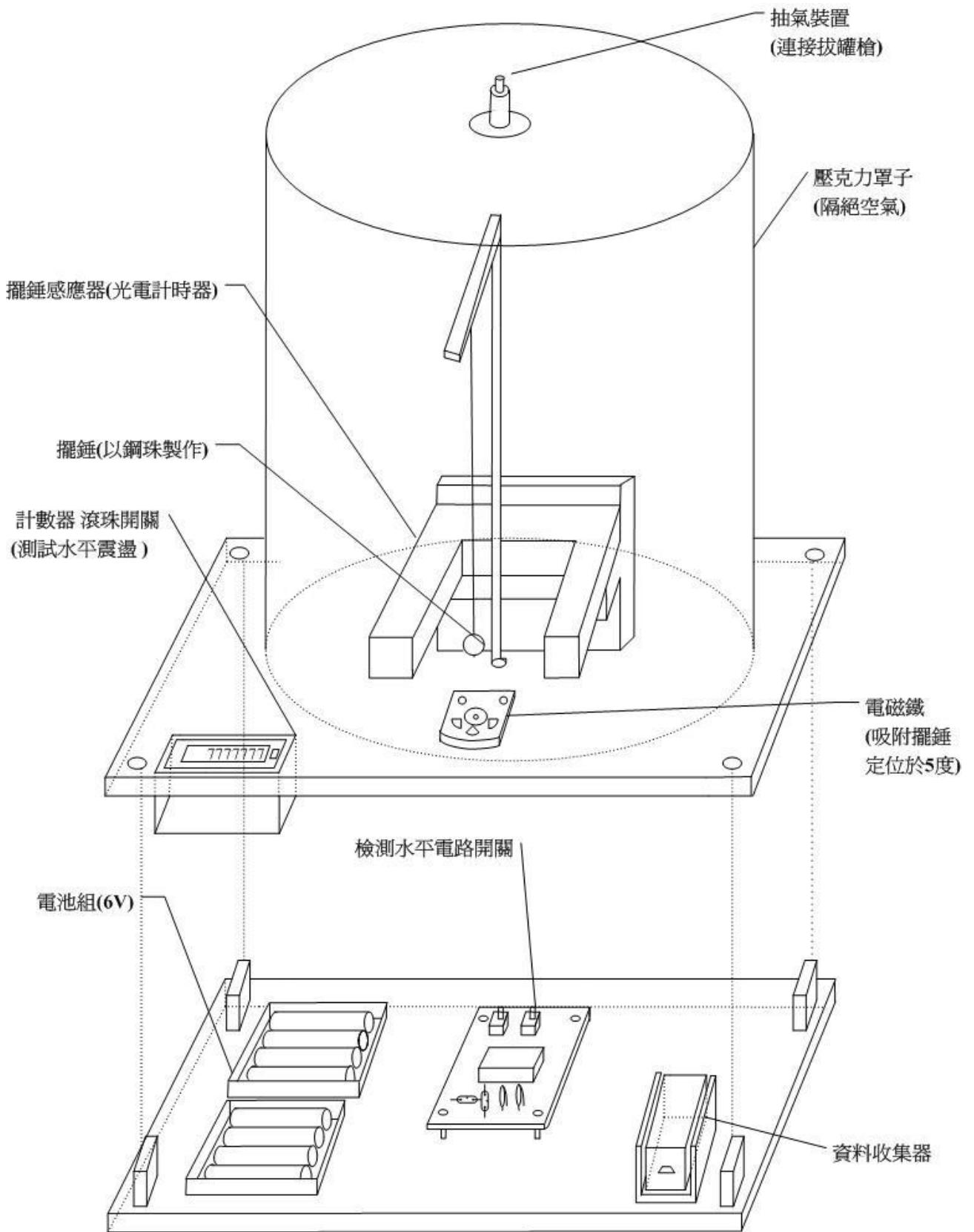


圖 24：第四代自製單擺解說圖



表十五：第四代自製單擺組件說明表

裝置	組件說明	功能及原理	實體
1. 初略粗略真空裝置	拔罐器組(拔罐口、拔罐槍)	減少空氣阻力，使單擺擺盪穩定	
2. 擺錘感應器	光電計時器(光柵、資料接收器)	精密計算週期，誤差可達千分之1秒	
3. 電磁鐵	電池盒	1.吸附擺錘，並固定初始擺角為5度 2.運用電磁鐵通電及不通電時的磁性變化，控制擺錘的起始位置及角度	
4. 水平震盪感測器	計數器、震動型滾珠開關	1.測量平穩度 2.檢測水平變化的滾球開關，連結計數器，測量電梯升降時的平穩度	
5. PC 板	水銀開關、繼電器、按鈕開關	見 P C 板電路圖說明	
6. 發光二極體	分別為綠燈及紅燈	1.顯示儀器台面是否水平 2.檢測水平的水銀開關，在非達水平時是通往綠色	

(二) PC 板電路圖

圖 25：PC 板電路圖

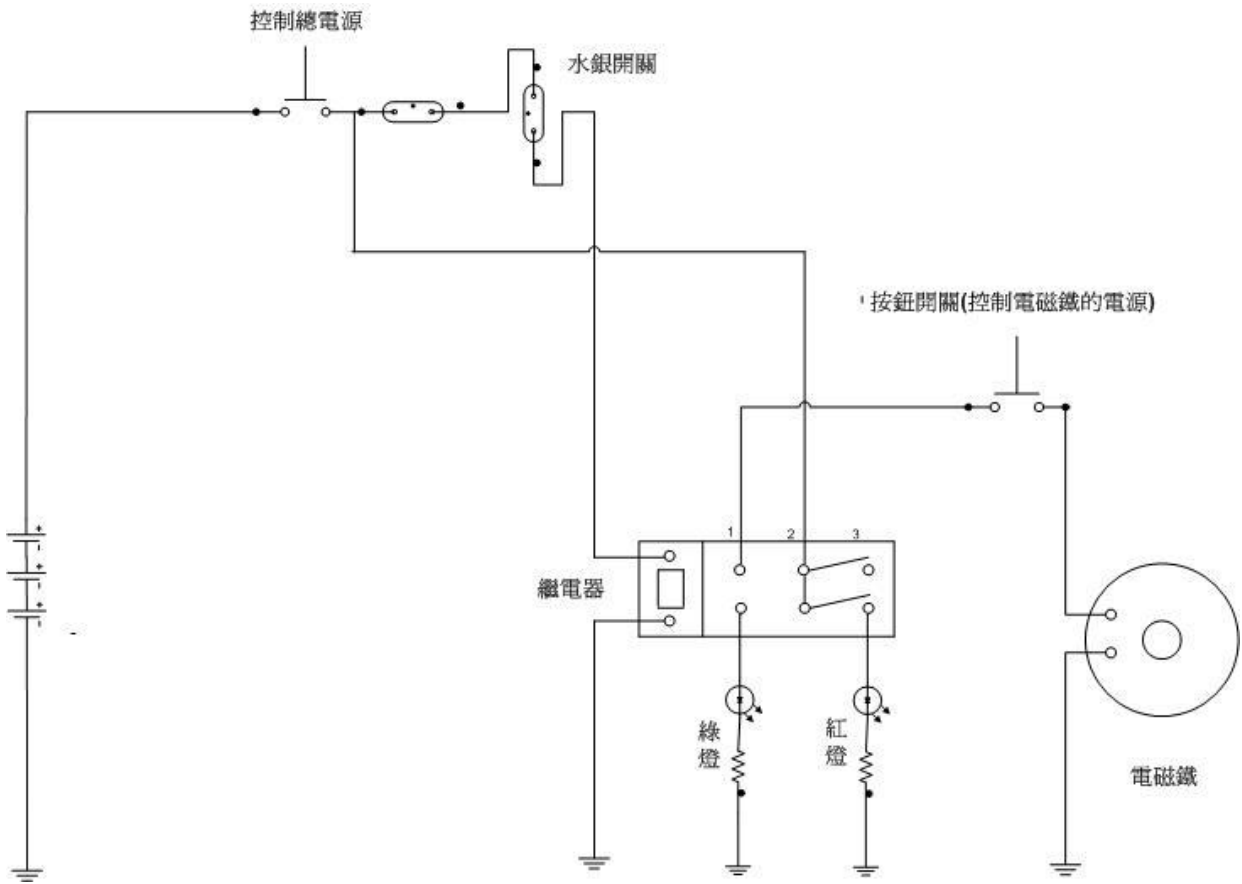


圖 26：PC 版零件說明表

名稱	功能	圖示
水銀開關	分別是保持橫向以及直向的水平，當沒有保持水平時將會自動斷電。	
按鈕開關	此開關控制供應繼電器的電流，有兩個開關，分別為總電源和磁性有無。	
繼電器	通常是應用於自動控制電路中，它實際上是利用較小的電流去控制較大的電流的一種 <b>(自動開關)</b>	

(二) 將擺錘吸附於定點，按下 Data Harvest Easy Sence Software 軟體開始鍵(電梯啓動時)，再放開擺錘，最後按下結束鍵(電梯停止時)，最後轉換至 Excel，再做計算，即可完成。



圖 27-1：點選動力學計時

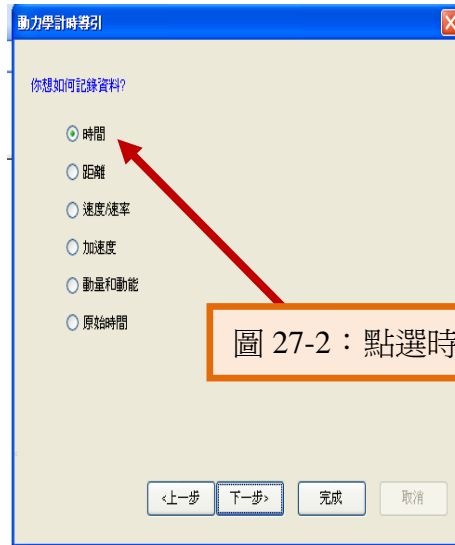


圖 27-2：點選時間

圖 27-3：先點選開始鍵

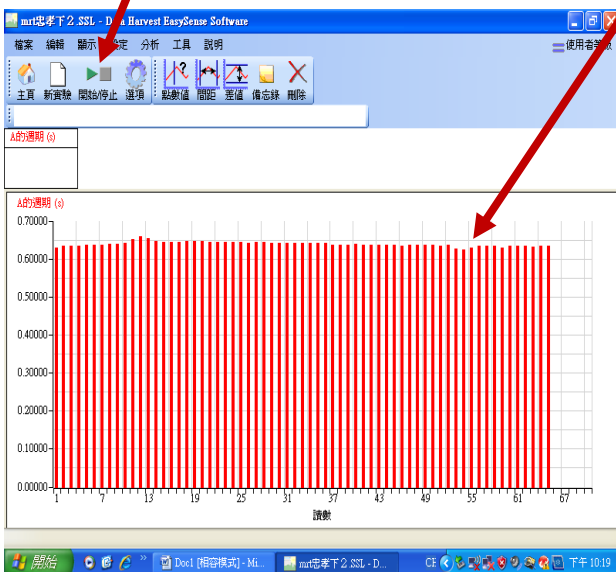


圖 27-4：此區是收集完的數據

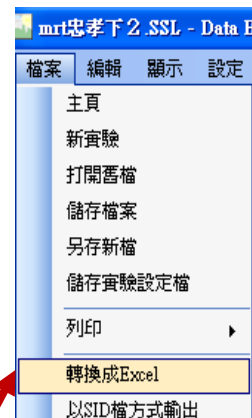


圖 27-5：最後將數據轉換成 EXCEL 及完成

## 陸、討論

- 一、經討論後，我們認為單擺會受到空氣阻力的影響造成數據的誤差，而擺長、擺角也過大，所以在第四代儀器中我們將加裝粗略真空裝置，並將擺長條為 10 公分、擺角調為 5 度。
- 二、在前三代單擺是運用蜂鳴器的聲音變化，以麥克風作為擺錘，啓動 Cooleedit2.1 軟體接收聲音所產生的頻率波形圖，需要花費時間找出週期，第四代運用光電計時器來測量，直接讀取週期，使數據取得應更為精確。
- 三、學校電梯在 1F-2F 和 2F-1F 上升或下降之間其速度尚未達到一個穩定的狀態，就開始減速，由此推測搭乘僅間隔僅 1 層樓電梯，時間短暫，僅有加速度的變化，故其呈現啓動加速及停止減速之現象非常明顯
- 四、在研究三中運用自製單擺測量高樓層大樓及高速電梯的加速度變化
  - (一) 利用自製改良單擺實驗，以週期變化推算出電梯的加速度與啓動後的平均速度，但在實驗過程中發現如果電梯太老舊，或受到外力影響（風力、聲音）便會造成週期（ $g$  值）的起伏，同時也可能造成實驗的誤差，希望持續改良發展第四代實驗裝置。
  - (二) 研究台北 101 大樓之高速電梯時發現因為高度高樓層多，造成  $g$  值變化大，所以數據會產生較大的誤差。
- 五、我們發現無障礙電梯的最高速度較一般大樓電梯慢了許多，我們討論後認為是因為無障礙電梯是提供給行動不便者使用，才會造成此現象發生。
- 六、在研究六中，我們發現在後半段的負的加速度，而在後半段的負的加速度，我們測得數據有明顯震盪，與廠商提供的數據雖然有誤差，但其兩者的變化趨勢上是呈現相關性；經詢問後得知一般電梯公司所使用得測量工具為 18 萬元，而我們的自製儀器只需大約 3000 元便能得到高相似度的結果，表示我們的儀器有實用的價值。
- 七、在研究七中，我們改良了前三代的缺點製作出第四代，發現在測量週期時，無法呈現較為穩定的數據，經過實驗及討論，可能是因為電磁鐵無法在斷電後完成消磁，使得擺錘的擺動受到影響。

## 柒、結論

- 一、在研究一中、改進課本單擺實驗，自製改良了三代自製單擺實驗裝置，將麥克風加裝於擺錘，可以精準的測量出單擺的週期變化（誤差可比一般傳統碼表測量還精準小數點一位）。
- 二、在研究二中，在學校無障礙電梯中使用自製改良單擺，測量週期的變化，發現：
  - (一)由 1 樓上升到 2 樓，或 2 樓下降到 1 樓，啓動及停止時均明顯的加速度變化，由於僅間隔一層樓之高度，故無平穩的週期現象，表示無平穩的速度。
  - (二) 測量電梯後，驗證了我們的假設，得到相同高度不同樓層之速度變化是一致性的。
- 三、在研究三中，運用自製單擺測量 101 大樓及高樓層大樓的高速電梯之加速度變化
  - (一)以自製單擺測量北投焚化爐之高速電梯，發現其不像學校電梯般的有規律性的加速度變化，而是呈現持續動盪的週期變化，與在實驗時我們明顯感受到電梯的震動有關，同時推測其電梯較為老舊。
  - (二) 以自製單擺測量台北 101 大樓之高速電梯，發現：101 高速電梯，在 5 樓上升至 89 樓中間，第 21 個脈波(在 21.37 秒)前速度是呈現平穩上升，21 秒後開始降速。從 g 值變化中，推測準備減速時，並非平穩趨緩減速，而是間斷式減速；自 89 樓至 5 樓，高樓往下加速，其加速度呈平緩上升，至第 21 個脈波(21.77 秒)，開始間斷式減速，直到停止，此一現象與 101 高速電梯採用間斷式煞車是呈高度相關
  - (三)以自製單擺測量北投焚化爐之高速電梯，發現其不像學校電梯般的有規律性的加速度變化，而是呈現持續動盪的週期變化，與在實驗時我們明顯感受到電梯的震動有關，同時推測其電梯較為老舊。
- 四、在研究四中，捷運電梯不論在啓動時的或停止前其加速度變化均比一般住家電梯和緩。
- 五、在研究五中，以捷運電梯及住家一般電梯為例，嘗試以實驗所得週期及 g 值變化，計算出電梯啓動後的平穩速度，捷運無障礙電梯主要是供行動不便者使用，所以其在啓動時加速度變化及上升或下降時的速度是需要保持平緩。
- 六、在研究六中，比對分析廠商提供的以高價精密儀器測量 101 大樓的速度變化圖，與我們使用自製單擺測得的結果，在前段的加速度的變化上幾乎是一致性，而在後半段負的加速度，我們測得數據有明顯震盪，與廠商提供的數據雖然有誤差，但其兩者的速度變化趨勢上是一致的。
- 七、在研究七中，我們爲了增加本實驗的實用性與價值性，持續改良研發第四代自製單擺，實驗裝置縮小至 10 公分長的擺長，以光電計時器（誤差至千分之一秒）在抽氣的狀態下直接測量週期，並以電磁鐵開關控制擺錘擺盪的起始位置在 5 度，由於儀器小且精密，故靈敏度高，少許的誤差就呈現明顯的變化；我們將持續研究及實驗，期能製作出精準度高的實驗裝置，以利檢測電梯的加速度及平穩度。

## 捌、未來展望

希望未來能將整體實驗裝置體積縮小，重量減輕，讓操作更方便，並能夠快速有效的測出電梯的加速度變化和平穩速度

## 玖、參考資料及其他

- 一、丁錫鏞總編輯 民國 74 年 牛頓科學研習百科---物理 初版 台北市 牛頓出版社
- 二、光復書局編輯部編 民國 79 年 大英科技百科全書 初版 台北市 光復書局 200 頁
- 三、陳龍根總編輯 民國 92 年 知識小百科 香港 讀者文摘遠東公司 639 面
- 四、劉君祖總編輯 民國 78 年 牛頓現代科技大百科 初版 台北市 牛頓出版社
- 五、奧斯朋編輯群作 民國 94 年 圖解物理辭典 蔡承志譯 第一版 台北市 天下遠見出版社 150 頁
- 六、蔡坤憲 民國 97 年 觀念物理 第二版 台北市 天下遠見出版社 310 頁
- 七、自然與生活科技第五冊（康軒版）

## 【評語】 030803

1. 本計劃改良了九年級課本中單擺之實驗，並用以測定電梯之加速及平穩度。研究主題既是單擺，宜在單擺運動周期之精密量測及使用之簡易方便性方面多加深入與著墨，在電梯加速及平穩度方面的應用宜精簡並同時作不同應用方面之測試，以印證其廣用度。
2. 計劃書看板及口頭報告均甚詳實。