

2023仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱： 磁吸太后你說對不隊

作品名稱： 磁吸太后母雞抖

隊 員： 邱元廣、曹琺翔、葉亘祐

指導老師： 楊一郎

科學概念1： **阻尼震盪**，當一個進行震盪運動的物體受到周圍摩擦力，或是說阻尼力的作用時，其系統帶有的總力學能會受到阻尼影響衰減成熱能或他種能量，而在阻尼力的作用之下，總能最終消耗殆盡，而此處之主要阻尼力為空氣阻力，透過空氣阻力的應用，並以其阻尼大小與速度平方成正比的關係，快速的讓總力學能衰減。

科學概念2： **磁耦合震盪**，在兩個獨立的震盪系統間，使其互相影響，並造成能量之間的傳遞，此時兩個震盪系統間進行了耦合，常見的耦合震盪一般以彈簧為耦合項，讓能量在兩個震盪物體間傳遞，而此處我們使用磁鐵作為耦合項，這樣就可更好的搭配科學概念1之阻尼震盪，透過更大的接觸面積，達成系統總能量因阻尼衰減之效果。

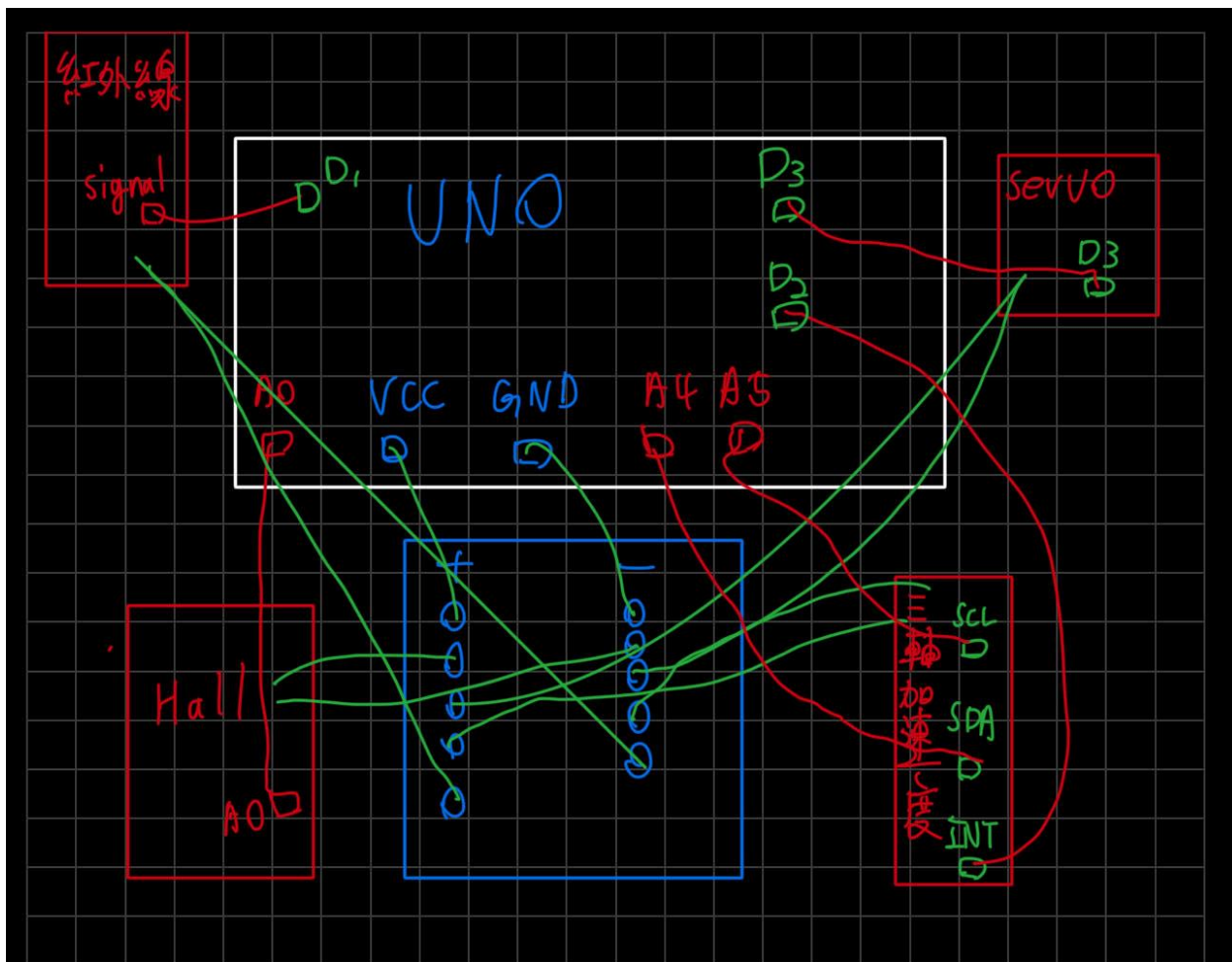
1. 發想動機：

之前某天我乘車在高速公路上奔馳，因為是連假怕塞車所以特別早出門，此時的我十分的疲憊，睡眠惺忪，急欲睡個回籠覺，但高速公路上的伸縮縫顯然不那麼想，因為伸縮縫相對路面稍低的高度，導致我在這段路程中不斷的進行力學能轉換，上一秒有了位能下一秒就轉換成了動能，而我還是缺乏睡眠。

眼看是睡不下去了，我便開始思考有什麼方式能夠讓我下次在高速公路上睡得更平穩些，第一個浮現在我腦海中的是更換液壓避震器中液體的種類，透過應用粘度更高的液體，讓輪胎與地面碰撞之時間增長，達成減少衝量之效果，而又或者是應用同樣的概念去更換不同力常數之彈簧，但想來想去這些都只是減小衝量，那是否有其他方式能讓避震更高效，換句話說，能量損失的更快呢？

此時，我們曾看過的一個研究題目，同時也是 IYPT 的其中一道題目，Magnetic Mechanical Oscillator，與我們所想解決的問題十分相似，他是要研究出雙板簧在磁耦合下的震盪，而如果將其轉向90度，這樣子便與避震器結構十分相似，而在不探討震盪之頻率等常見主題下，轉而研究阻尼耦合震盪系統的能量衰減模式，而將其應用於避震器上，似乎就能達成我們所希望的，提高能量衰減效率的目標，而這也就是我們開展此研究之原因，希望能在避震上做出實際應用，在行車過程中睡個好眠。

2. 硬體及電路架構圖：



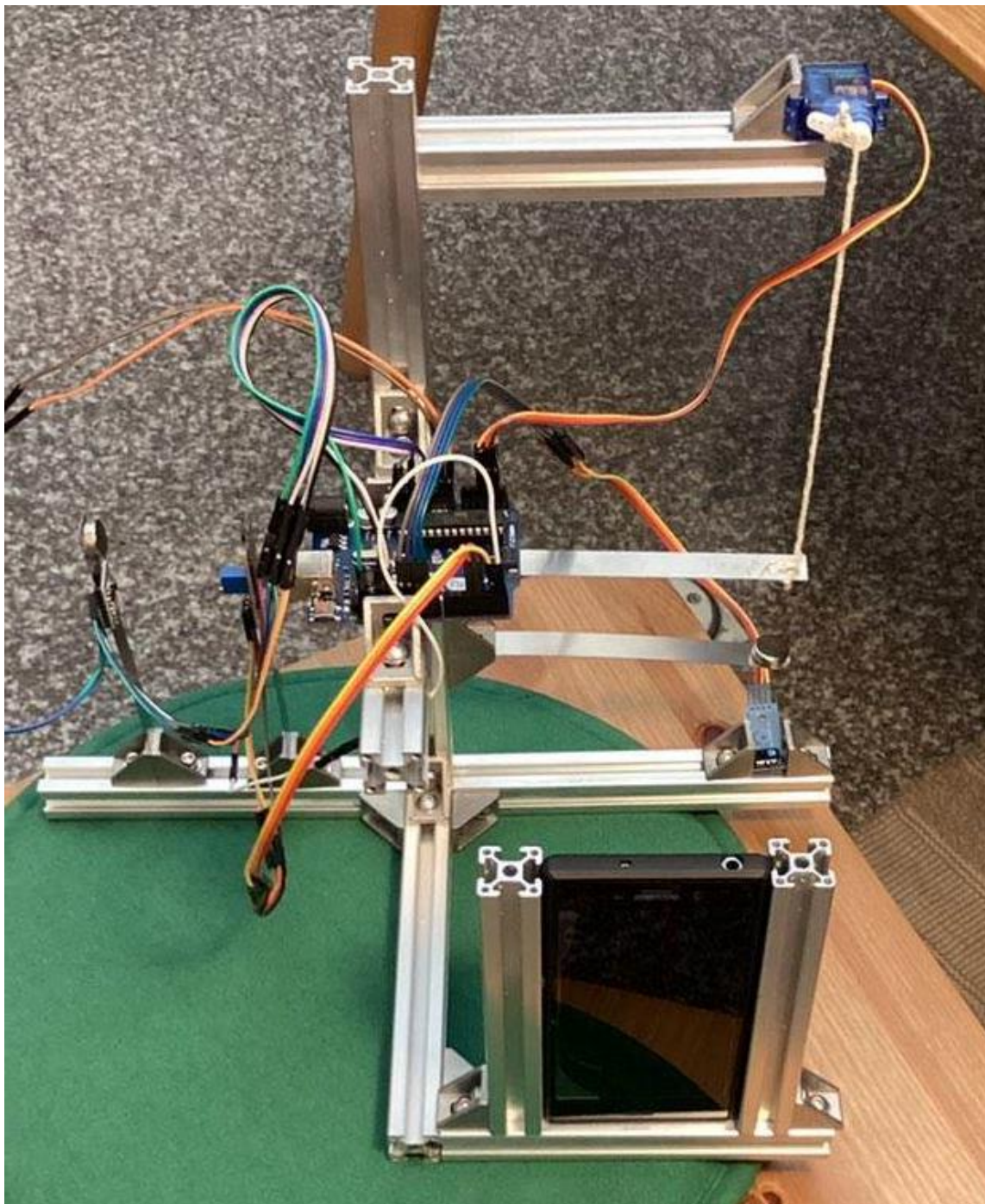
說明:上圖為我們準備使用之紅外線感測器(TCRT5000，透過電壓

變化偵測板簧單軸向位移)、線性霍爾磁力感測器(KY-024，測量與位移同軸向的

磁場變化)、以及三軸加速度計(MPU6050，測量板簧彎曲角)、以及伺服馬達之電

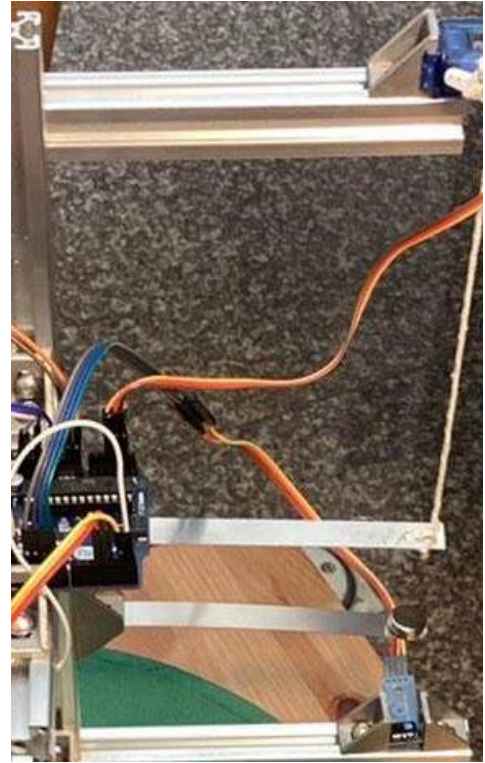
路圖，我們用這些裝置來輔助推導理論模型以及獲取實驗數據。

3. 作品使用說明及應用：

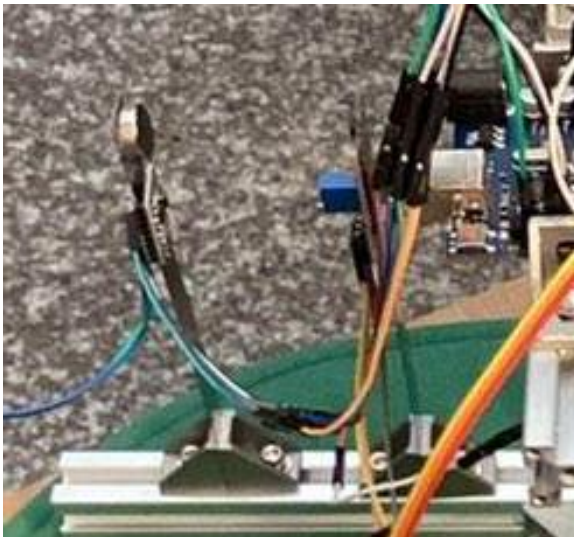


1. 此作品本體使用鋁擠型建構而成，前方有一手機架為拍攝影片用，而本作品共使用一張 Arduino UNO 開發板，置於架設中心方便接線

2. 而右側之實驗裝置為雙板簧之震盪，上方配有一伺服馬達，可用來轉初始角度，而我們設定轉兩圈，為了在每組實驗中能控制初始的彈力位能，而要做實驗時再用剪刀剪斷棉繩，進而有效控制實驗釋放誤差



3. 右方底下有一紅外線感測器，其用途為測量板簧與其之距離，透過測量下方板簧的位置變化並收集數據，可取峰值進行包絡線分析，進而擬合出其能量衰減趨勢



4. 左側之裝置為霍爾磁力感測器與三軸加速度計，三軸加速度計用來測量板簧的彎曲角度，而霍爾感測器則可用於偵測磁場，而透過程式的編寫，我們可以得到在不同彎曲角度下產生之磁斥力，並擬合出經驗方程式代回理論計算

4. 作品創意性：

此作品打破傳統液壓式避震器的做法，利用耦合震盪以及空氣阻力造成的能量損失來抵銷衝擊對車輛所做的功，為一種創新的方式，並且在途中我們會利用 Arduino 的三種不同感測器來偵測實驗數據，特別是使用科技的輔助建模經驗方程，而經驗方程為物理實驗發展的核心，我們效仿托勒密尋找行星運動定律的精神推導經驗方程為一大創意之處，遇到難以推導的理論，透過數據反璞歸真，我們也希望透過此專題的研究造福人類，使得避震器的效率透過阻尼力進而達能量耗散最大化的效果。

5. 作品成果報告

以下為理論建模之過程：

$$\delta = \frac{4FL^3}{nEbt^3}$$

板簧之位移量定義如上

$$F = \frac{\delta nEbt^3}{4L^3} = k\delta$$

此時推導出板簧力常數，後彈力以虎克定律帶入

$$k = \frac{nEbt^3}{4L^3}$$

將板簧做力分析考慮磁鐵耦合作用力、空氣阻力、板簧形變的回復力與重力

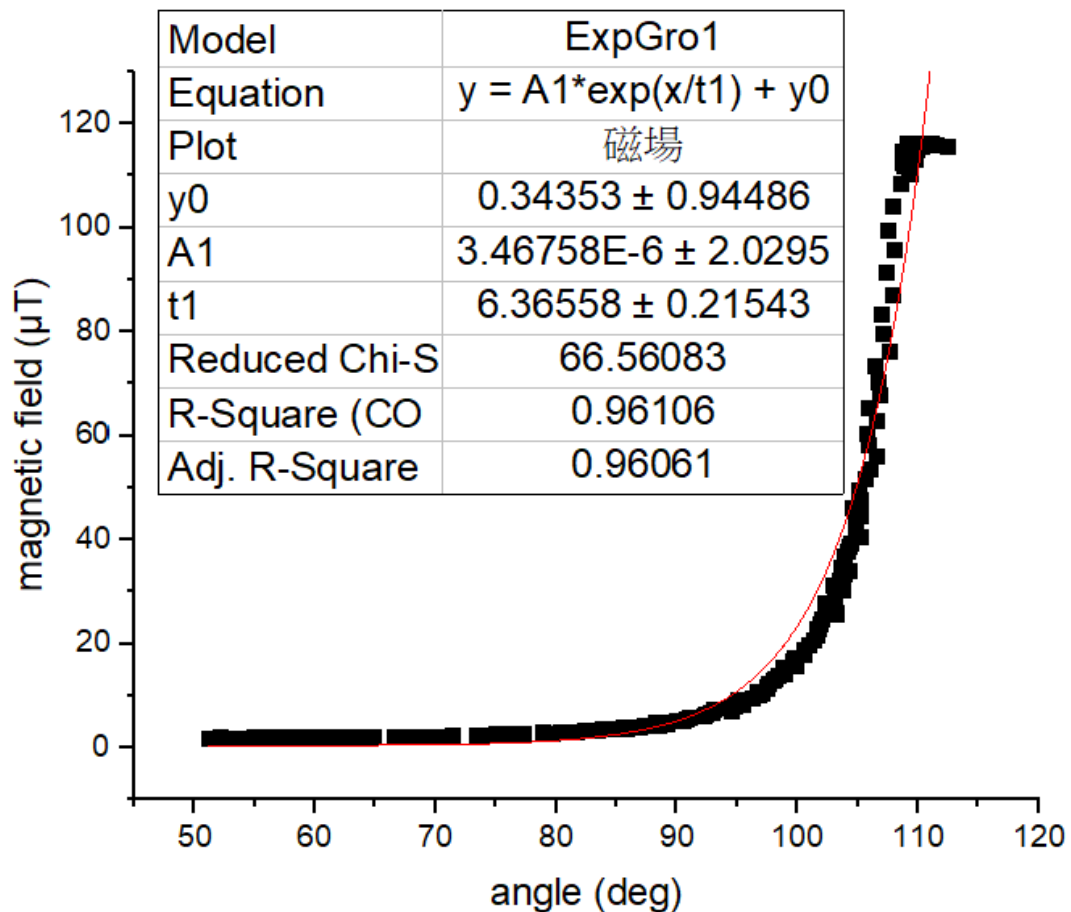
$$m\delta_1 - \frac{\delta_1^{-2} E b h^3}{4L^3}$$

$$\frac{\pi\mu_0 M^2 R^4 [(x + \delta_1 + \delta_2)^4 + 10(x + \delta_1 + \delta_2)^2 t^2 + 4(x + \delta_1 + \delta_2)^3 t + 12(x + \delta_1 + \delta_2)t^3 + 4t^4]}{4(x + \delta_1 + \delta_2)^2 [(x + \delta_1 + \delta_2) + 2t]^2 [(x + \delta_1 + \delta_2) + t]^2}$$

$$-\frac{1}{2}\rho\delta_1^2 C d b L - kx + mg = 0$$

在此處我們查找了許多文獻，他們對磁斥力有著不同的見解，也各自有缺漏之處，像是上方的磁斥力推導遇到不平行磁鐵便不適用，而若是使用磁偶極矩積分卻又太過難計算，因此在此處我們使用感測器來測量經驗方程，直接比照現實物理世界，將誤差化為最小，具體做法如下：

1. 用手機上之 physics toolbox 磁力計量測磁鐵之磁場大小
2. 校正霍爾感測器上之數值(因為它量的是相對磁場大小)
3. 輸出在板簧彎曲不同角度時之磁場變化
4. 放進 Origin 擬合出經驗方程式

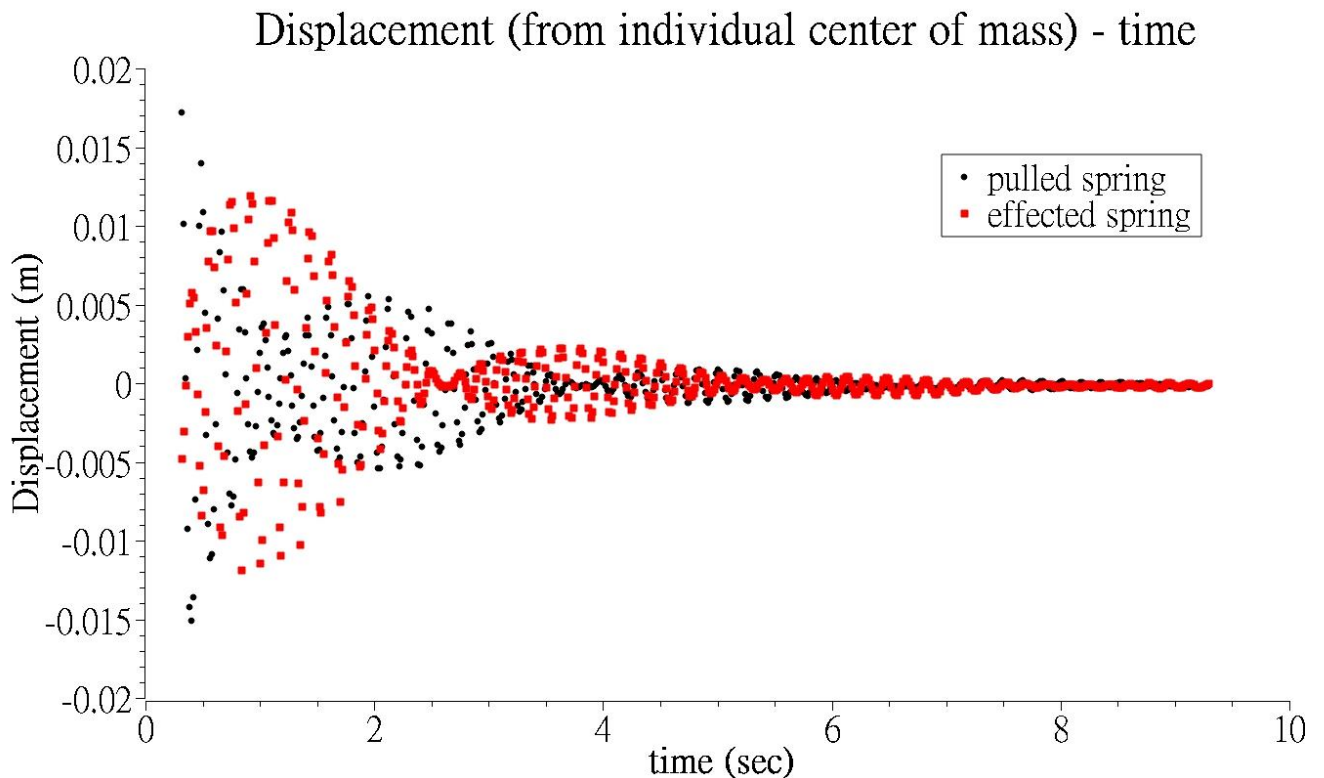


$$\Rightarrow m\ddot{\delta}_1 - \frac{\delta_1^{-2} E b h^3}{4L^3} - 3.46758 \times 10^{-6} e^{\frac{\theta}{6.36558}} - 3.4353 \times 10^{-1} - \frac{1}{2} \rho \delta_1^2 C d b L - \frac{\delta n E b t^3}{4L^3} + m g = 0$$

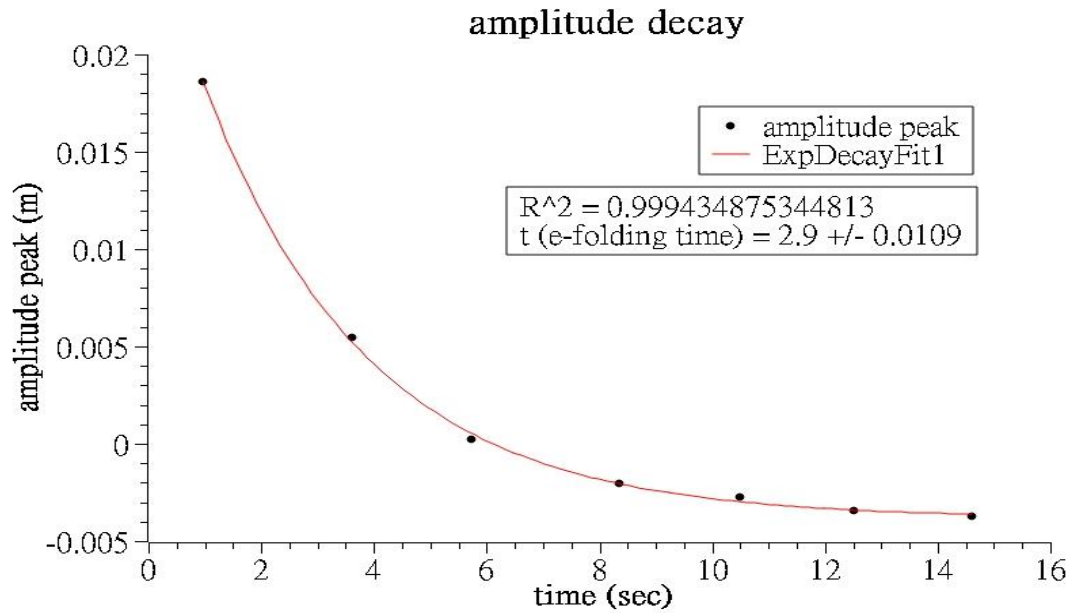
重新整理等式，將經驗方程取代原先磁力公式，之後就得到了運動方程式

但在解微分方程時，數值解跑不出模擬結果，故理論建模只能進行到此

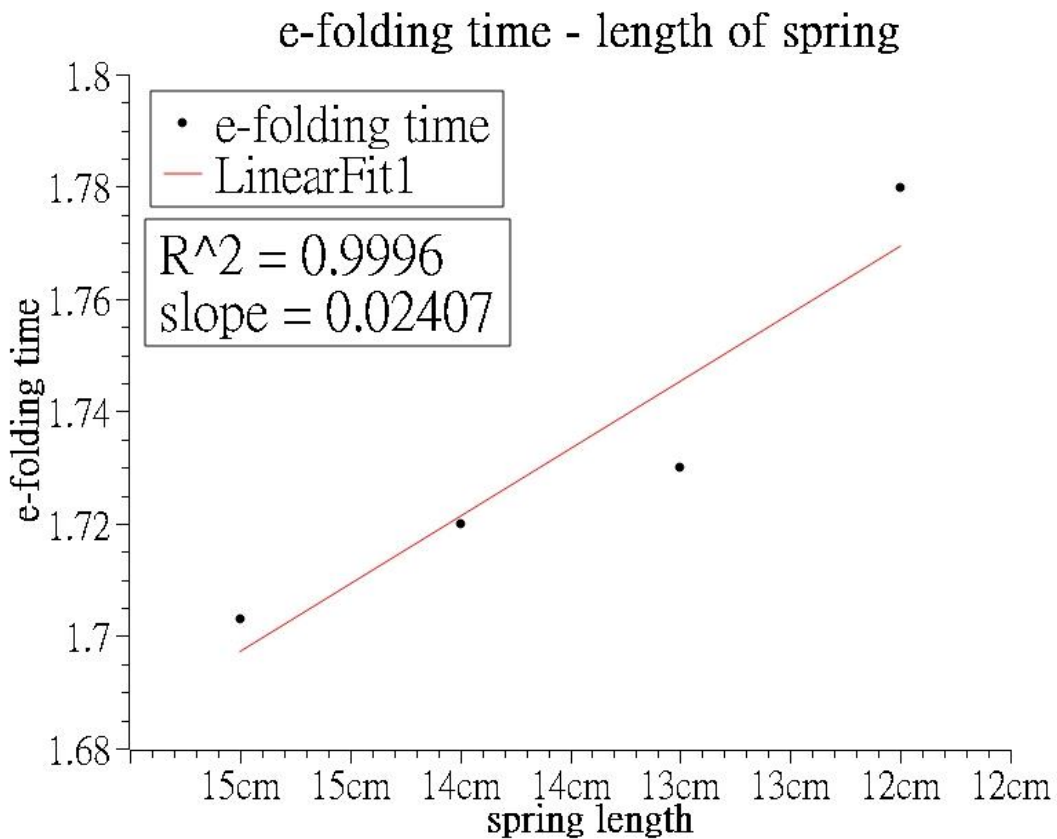
接下來是實驗的部分：



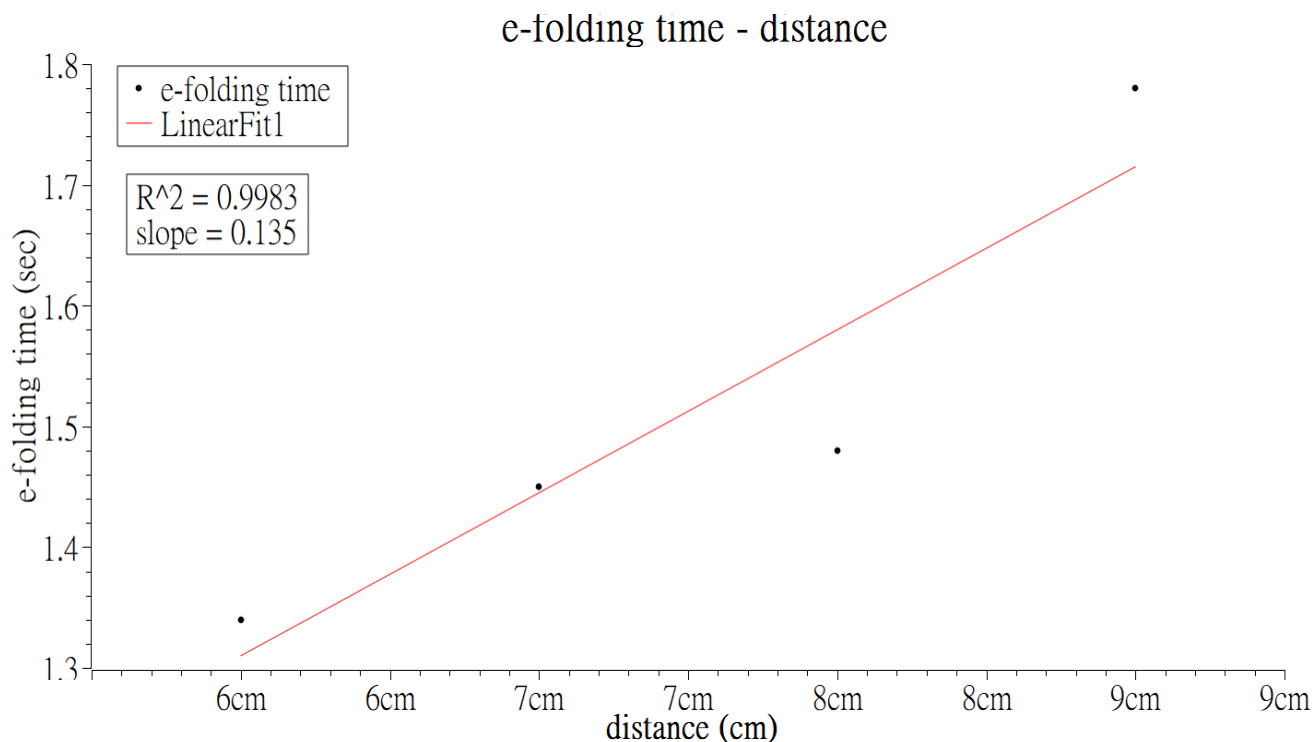
上圖為實驗中之一耦合震盪示例，能量在兩板簧間轉移，而後我們用紅外線感測器所測得之數據進行包絡線分析，能得到最大震幅之衰減(如下圖)



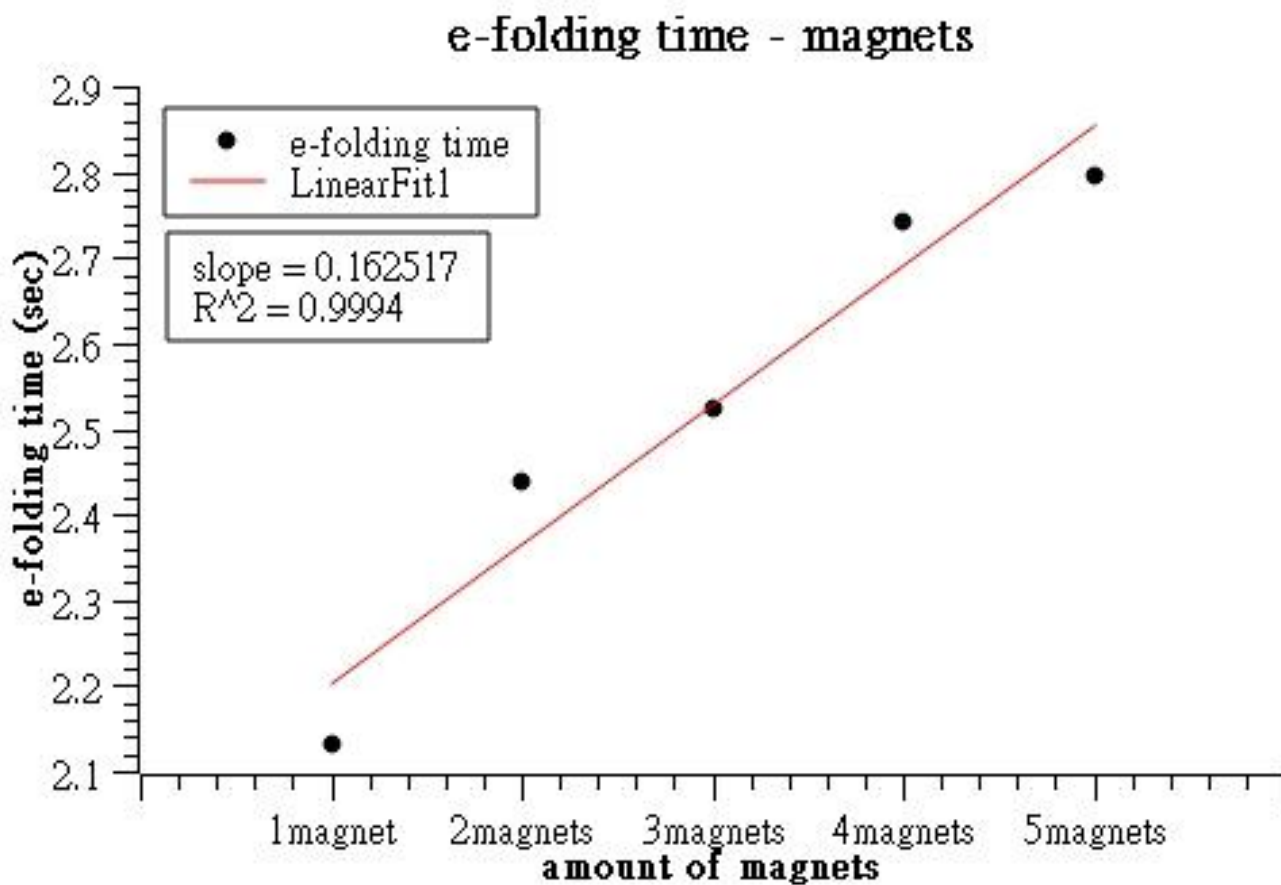
而後我們便可進行分析，透過分析擬合曲線的數據，比較不同變因下之不同衰減時間常數



上圖為不同長度之板簧之不同能量衰減趨勢，可知長度越長，衰減越快



上圖為不同間隔之板簧之不同能量衰減趨勢，可知間隔越小，衰減越快



上圖為不同數量磁鐵之板簧之不同能量衰減趨勢，可知磁鐵越少，衰減越快

結論：

在實驗過程中我們盡量利用科技的輔助讓一切達到完美，但理論之推導雖有使用經驗方程式修正但仍然有些係數難以測量無法推導出理論線，但在實驗過程中我們可以透過數據得出結論，未來在真正製作此方向的避震器時可以往間隔越小、磁鐵越少、板簧越長之方向嘗試。

6. 參考文獻：

空氣阻力：

<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E9%98%BB%E5%8A%9B>

磁耦合震盪：

http://generalphysicslab.phy.ncu.edu.tw/phy_lab/coupling_osc.htm

耦合擺的原理：

<https://www2.nsysu.edu.tw/physdemo/2012/B1/B1.htm>

便宜的耦合振盪實驗示範：

<http://140.130.15.232/student/file/%E7%A7%91%E6%99%AE%E8%AB%96%E6%96%87%E6%95%B4%E7%90%86/Inexpensive%20Coupled-Oscillations%20Demonstration.pdf>

2023仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

作品設計費支出明細表(複賽用)

隊伍名稱：

項目名稱	費用	備註
鋁擠型	340	
固定鋁擠型之角碼	60	
杜邦線	50	
電路板	45	
KY-024霍爾線性磁力感測器	25	
MPU 6050三軸加速度感測器	85	
TCRT5000紅外線測距感測器	40	
板簧	96	
磁鐵	200	
大會給的 UNO 開發板	0	
總價(新台幣)(元)	941	

註：除了大會所提供之 Arduino UNO 外，其餘作品設計費每組花費限額3,000元(大會不補助)。若作品有使用到網際網路，提供網路的設備不計入作品設計費，該設備只作為提供網路給作品使用。

複賽時並請提供「作品設計支出明細表」。