

【2020 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：高樓守護神—調節質量阻尼器

一、摘要：

本研究旨在探討何種情況下大樓的抗風阻尼器能夠發揮其最大效用。我們認為大樓與阻尼器自然震盪頻率相同時，抗風阻尼器能夠最有效的吸收大樓擺盪的能量，並以此假設為基礎設計實驗裝置。

二、探究題目與動機

台北 101 大樓等高樓容易受到風力影響而產生擺動，使住戶產生不適感。為了降低建築物的擺動，多數高樓會加裝抗風阻尼器，利用加裝的重物相對大樓擺動，產生似阻尼的效果以降低大樓的擺動。如果沒有阻尼器，且風的頻率恰與大樓自然震盪頻率相同時，大樓的振幅將會是無限大！此時如果適當選取抗風阻尼器的震盪頻率，則可以使大樓穩定擺動之振幅最小。

查找資料後我們發現物體自然震盪頻率受質量與恢復系數影響，本次實驗將借由改變阻尼塊的質量，探討調節質量阻尼器與大樓質量和彈力系數間的關係，找出在何種情況下大樓阻尼器恰符合大樓震盪頻率併發揮最大效用。

三、探究目的與假設

一、目的：

1. 找到影響物體自然震盪頻率的因素。
2. 找出在何種情況下抗風阻尼器恰符合大樓震盪頻率並發揮最大效用。

二、假設：

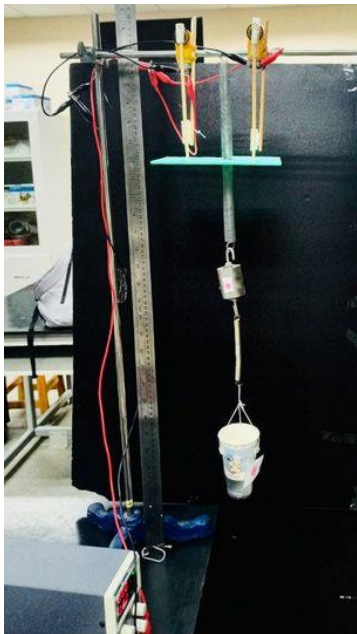
1. 物體自然震盪頻率為 $\omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ 。
2. 當阻尼器自然震盪頻率與大樓相同時，能夠最有效吸收大樓擺盪的能量並抵銷風力，使大樓震幅達到最小。
3. 根據 1.2，若固定阻尼器 k 值，阻尼質量為 $m = \frac{Mk}{K}$ 時能夠發揮最大效用。



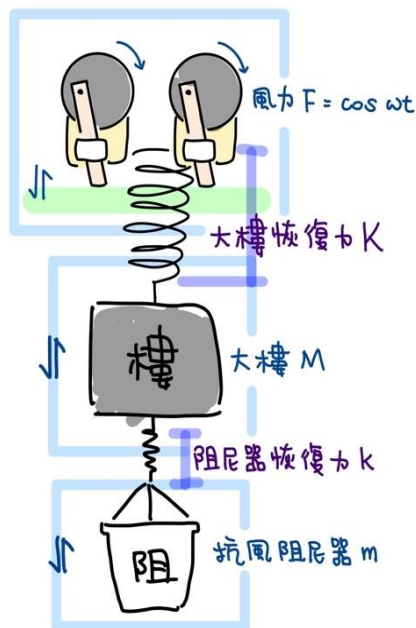
四、探究方法與驗證步驟

一、實驗器材：

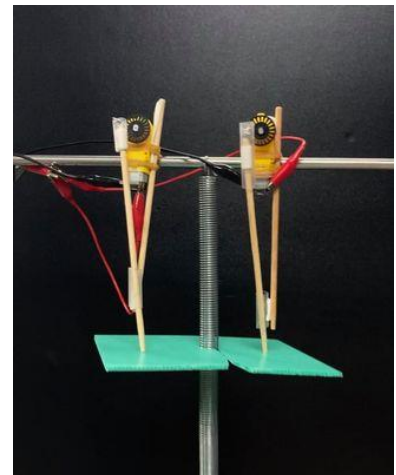
鐵架組 1 組	20g 砝碼數個	竹筷 2 雙
不同彈力係數彈簧 2 個	500g 砝碼 (模擬大樓質量塊)	鱈魚夾 6 條
馬達 2 個	tracker	黑色塑膠板 1 個
手機支架 1 個	橡皮筋數條	懸掛紙杯 1 個
直流電控制器 1 臺	粗吸管 2 支	瓦楞版 1 個



▲ 實驗裝置



▲ 實驗裝置示意圖



▲ 自製風力模器

二、實驗步驟：

1. 測量彈簧的彈力係數與阻尼質量塊空杯重。
2. 組裝自製的風力模擬裝置並接上直流電控制器與電源，將電壓維持在 1.6V 以模擬固定頻率、固定強度的風，並量測風力模擬裝置的頻率。
3. 置一長尺作為比例尺，並於裝置後方架設黑色塑膠板，使攝影背景乾淨以便分析。
4. 打開電壓至 1.6V 並錄影，紀錄小紙杯中無砝碼時，大樓質量塊的運動模式。
5. 在紙杯放入一個 20g 砝碼，打開電壓至 1.6V 並錄影紀錄。
6. 重複步驟 5.直到阻尼總重 300g。
7. 利用 tracker 分析影片獲得數據。
8. 討論並得到結論。

三、實驗紀錄

1. 基本測量

大樓恢復力 K	40 g/cm	大樓質量塊+大彈簧重(M)	600 g
阻尼恢復力 k	10 g/cm	阻尼質量塊空杯重(m_0)	20 g

2. 整理及分析

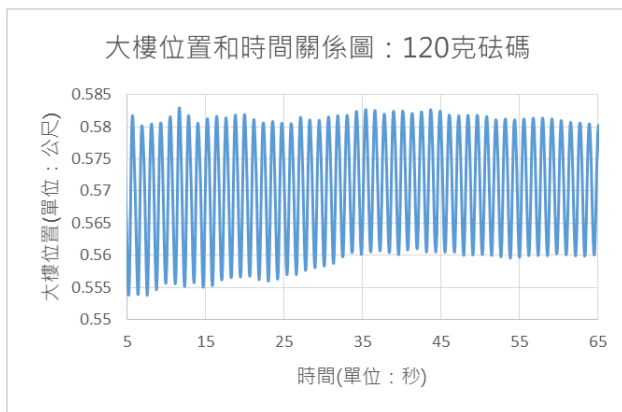
在利用 Tracker 分析之後，以 Excel 將其繪製成較清楚的大樓位置和時間之途，發現大樓的振幅會隨時間逐漸下降，並在到達一程度後，逐漸趨於穩定。比較不同重量的砝碼後，用終點振幅和初始振幅的比值來計算減少的程度，若以比值來算< 可以得到一個有相同標準且為相對之數據。

▼ 阻尼器重量和振幅減少程度

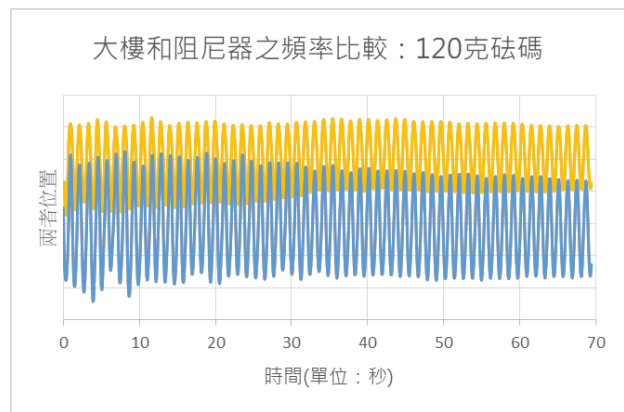
阻尼器總重(m_0 +砝碼)	減少程度
20+60	20.07%
20+80	23.63%
20+100	24.15%
20+120	27.59%
20+140	19.57%
20+200	12.98%

從表格中我們可以發現以 120 克砝碼的效果最好。

再將阻尼器之位置和時間比較圖與大樓的疊在一起，可以發現大樓的振動頻率和阻尼器的振動頻率是相同的。



▲砝碼 120 克時大樓位置和時間關係圖



▲砝碼 120 克時大樓和阻尼器之頻率之比較

五、結論與生活應用

1. 實驗結果及討論

- A. 在阻尼器的作用下，大樓的振幅會隨時間下降，並在到達特定程度後趨於穩定。
- B. 效果最好的阻尼器為砝碼 120 克，也就是總重 140 克的阻尼器。

代入一開始假設的最大效用阻尼質量為 $m = \frac{Mk}{K}$ ，所得到的理論值應為 150 克，和

我們的實驗結果相近。但存在誤差，推測其原因有二：

一、我們每次都加了 20 公克的砝碼，而非 10 公克，因此無法比較 140 克和 150 克的效果。

二、沒有考慮到外界空氣阻力等的影響，這也是我們的模型和現實有差距的一點。

2. 生活應用

抗風阻尼器可以運用在高樓的樓頂上，以穩定整個建築的結構，使其在搖晃的時候可以不那麼容易傾倒，達到增加安全性的效果。

參考資料

1. 建築物防風工程：如何避免高樓大廈在強風中搖晃？(關鍵評論)
<https://reurl.cc/ynGdE1> (已經過縮址)
2. 如何幫大樓抗風防震？淺談台北 101 大樓阻尼器
<https://reurl.cc/kVgxLK> (已經過縮址)