

【2021 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：圓環擺運動分析

一、摘要：

本研究是電腦分析法測量液體在擺盪期間的週期改變及震幅衰減率，讓系統進行擺盪，搭配攝影法做輔助，能將動態影像結合靜態的振幅大小資料，最後分析圓環在擺盪期間，受流體影響後的行為。液體的量與種類、濃度做為影響液體的變因以及將擺換成偏心圓併改變其半徑差，發現液體量在 40ml 以上，且本身黏滯係數越小者，圓環的週期越大，震幅衰減率越快，進入半衰期時間也較短。巨觀的影像與數據資料，與微觀探討液體間動能與位能的變化，期望能應用在流體行為分析上，使其更加完備。

二、探究題目與動機

於 1584 年科學家伽利略，看著禮堂的鐘擺有規律性，再經實驗研究出單擺的性質，後世的人將單擺進行變化，進而演伸出複擺，根據中大普物的複擺實驗裡有伊斯科里奇擺跟圓環擺，再加上在公園看到類似圓環擺結構的盪鞦韆，看到不少小孩因擺動慣性太大，直接摔出去的情況，所以就想如果結構換成空心，並且放入流體，是否可以增加整個系統阻力，去減少類似狀況發生



三、探究目的與假設

主要的研究主題有三，第一個主題是剛性的圓環擺，第二個主題是研究非剛性的圓環擺，第三個主題是偏心圓環擺。本研究問題主要探討其圓環(弧)擺在不同結構下的運動分析探討，主要探討的研究目的如下：

研究目的一：剛性圓環擺的運動分析

- 1-1 不同半徑下圓環擺的運動探討
- 1-2 不同弧度下對圓環擺的運動分析
- 1-3 不同重量下對圓環擺振動的運動行為分析

研究目的二：非剛性圓環擺(內含流動液體)的運動分析

- 2-1 相同重量不同種類的液體放入水管中對圓環擺運動分析
- 2-2 相同種類的液體不同重量放入水管中對圓環擺運動分析
- 2-3 相同種類的液體不同濃度放入水管中對圓環擺運動分析

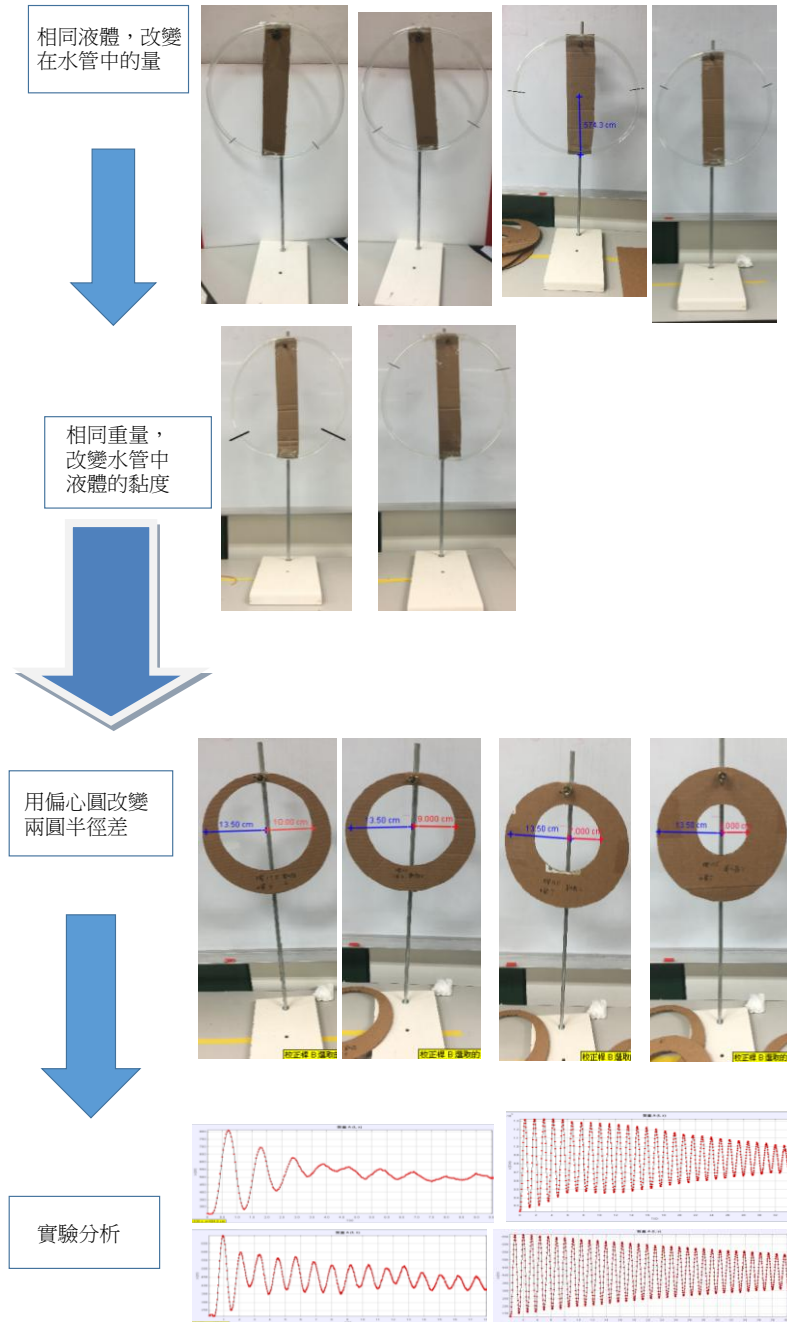
研究目的三:偏心圓環擺的運動分析

3-1 偏心圓環擺運動分析

3-2 改變兩圓半徑差對偏心圓環擺運動分析

四、探究方法與驗證步驟

研究方法



實驗(一) 改變兩圓半徑差對偏心圓環擺運動分析

實驗說明

原本的圓環，換成了偏心圓，想觀察若原本的圓環換成偏心圓環擺後，對於週期跟能量耗損上會有什麼狀況。進一步本實驗想要觀察改變兩圓半徑差會對週期有什麼影響，分別會將半徑差 3.5、4.5、6.5、8.5 進行量測，並分析

實驗步驟

改變半徑 → 實際測量 → 運動分析

實驗(二) 相同種類的液體不同重量

實驗說明

實驗中我們會分別將 20ml、30ml、40ml、60ml 的水加入水管中進行擺盪。本實驗要觀察不同量的液體對整個系統黏滯係數跟阻尼震盪的效果差別

實驗步驟

改變水量 → 實際測量 → 運動分析

實驗(三) 相同重量不同黏滯係數的液體

實驗說明

這個實驗我們會將不同黏滯係數的液體放入水管中，分別分析 30ml、60ml 讓他進行擺盪。阻尼跟黏置力有關，液體的黏度可能會造成阻力部分的差異性，想比較黏置行為造成擺盪行為上的差異。

實驗步驟

改變黏滯係數 → 實際測量 → 運動分析

實驗(四) 相同種類的液體不同濃度

實驗說明

本實驗用的是甘油，因甘油易容於水且帶有黏滯係數，要配不同濃度的甘油水溶液也比較方便。想觀察若用相同的黏滯係數但我們改變整體的濃度，對整個系統的週期跟阻尼震盪差異。

實驗步驟

改變液體濃度 → 實際測量 → 運動分析

五、結論與生活應用

結論

1. 改變兩圓半徑差對偏心圓環擺運動分析

(1) 偏心圓的半徑差越大，週期也越大。

2. 相同重量不同種類的液體放入水管中對圓環擺運動分析

(1) 水量越大，週期越大

(2) 水量在 30ml 以下，擺盪週期有規律，能量耗損較不明顯，進入半衰期的時間也較長，出現上下起伏的現象

(3) 水量超過 30ml，前 2 次擺完後，能量極速耗損，擺盪週期也轉為不規律，進入半衰期的時間較短，出現上下起伏的現象

3. 相同重量不同種類的液體放入水管中對圓環擺運動分析

(1) 週期的部分：黏滯係數越小者，週期也越大

30ml: 水的週期 > 甘油的週期 > 機油的週期 > 洗碗精的週期

60ml: 水的週期 > 甘油的週期 > 機油的週期 > 洗碗精的週期

(2)液體量在 30ml 以上，且本身液體黏滯係數越大者，擺盪週期會更有規律，能量耗損也會越小，進入半衰期時間也更長

(3)水管中液體的量越多，且黏滯係數越小者，其阻尼震盪效果越明顯

4. 相同種類的液體不同濃度放入水管中對圓環擺運動分析

(1)週期的部分:濃度越高，週期越小。

(2)濃度越大，振幅衰減率也越小，進入半衰期時間越長

生活應用

1.可用於遊樂場海盜船，運用液體阻尼震盪的效果，讓遊樂設施更快停止

2.若公園盪鞦韆可以與實驗融合，將減少小孩摔出鞦韆的問題

參考資料

1. VISCOSITIES 。 SMALLCOLLATION

2.應用在高黏性牛頓及非牛頓流體混合之層流攪拌器性能參數分析與流場計算。國立交通大學機械工程學系博士論文。崔燕勇教授、胡育昌。2011,7 月。

3. Chaos theory。維基百科。

4. 環擺經驗方程式。東海大學

5. 環擺與弧擺。國立中央大學科教中心。黃朝暉、廖奕璋。