

2023 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱： 通行無阻隊

作品名稱： 液體阻力係數測量工具

隊 員： 何禹承

指導老師： 顏智民

科學概念 1： 當一物體在液體中鉛直下落時，如果下落的距離夠長，此物體會因液體造成的阻力而達到終端速度。因此我可以利用此方法測量其終端速度，進而求出阻力係數。

科學概念 2： 在測出終端速度後，利用此時物體所受外力合力=0，可求出其所受的液體阻力；
再利用公式： $F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A$ ，求出阻力係數。(F_D: 阻力； ρ 為流體密度；v 是物體相對於流體的速度；A 為與物體運動方向垂直的截面積；C_D 為阻力係數)

註：複賽作品說明書內文總頁數最多 10 頁(不含本封面)

複賽作品說明書內文



(最多 10 頁)

1. 發想動機：

在學校的課程中，我利用利用彈簧懸掛重物放置於不同的液體中做鉛直方向的震盪。在設計實驗的過程中，我想利用網路上理論值的阻力係數與實驗求得的阻力係數來比較、算出誤差值。但在查資料時卻發現難以找到係數的資料。因此我想利用 Arduino 的測量工具，設計一個能方便測量阻力係數的實驗器材。

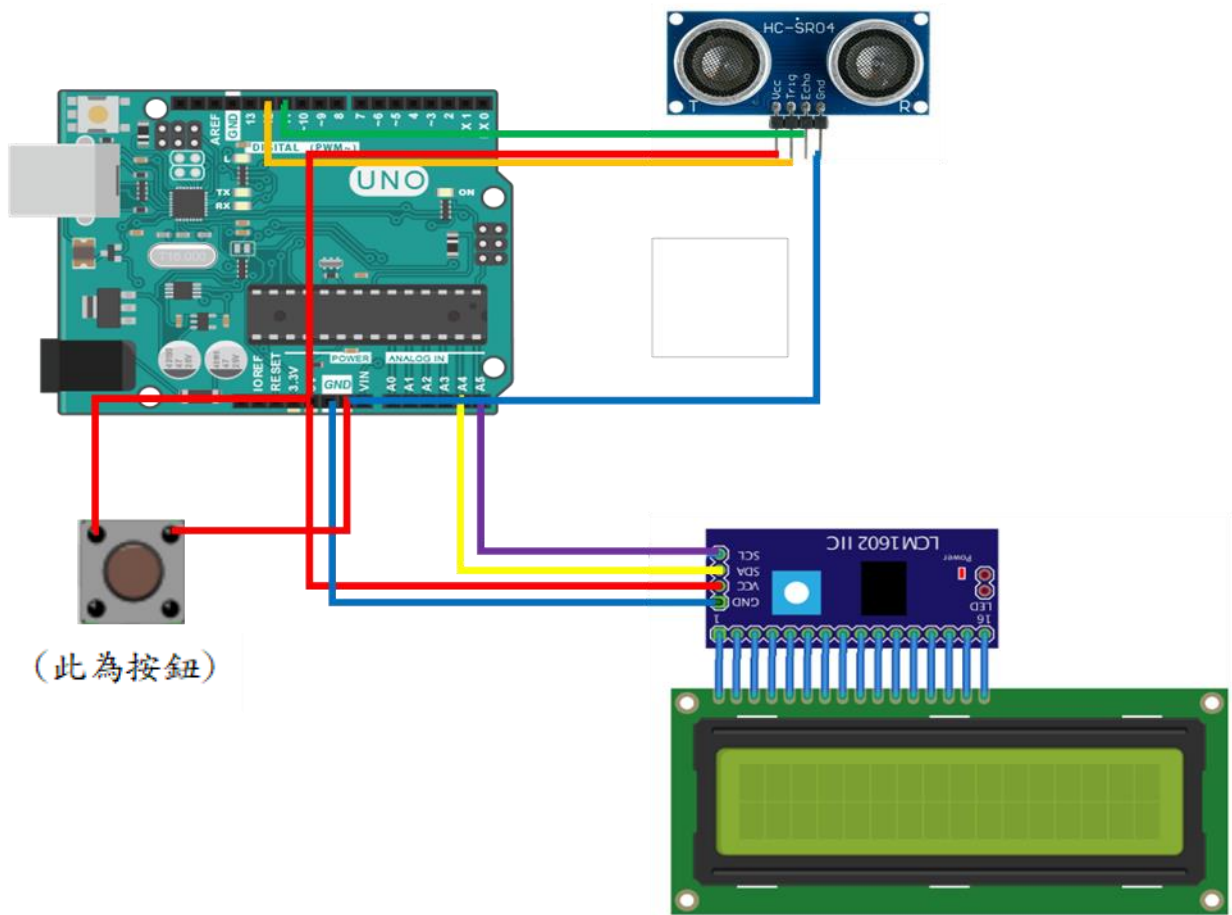
2. 硬體及電路架構圖：

(1) 實驗器材

尼龍線	塑膠管(直徑:4.6cm;高度:80cm)	Arduino UNO	HC-SR04 超音波感測器
			
LCD1602 螢幕	大、小麵包板	杜邦線(公公*6 公母*4)	滑輪*3
			

束線*3	大小砝碼 (50g;20g)	沙拉油(1.2L)	太白粉(800g)
			

(2) 電路架構圖



3. 作品使用說明及應用：(可透過圖表或照片說明之)

(1) 器材架設示意圖



(2)使用方式:

- a. 將待測液體加入塑膠管中至黑線所示高度，確認電路板接線是否正確。
- b. 按下按鈕不放，直到液體外的 20g 砝碼垂直下拉至超音波感測器上方黑線處即可放開。接者放開砝碼，使其自由上升。
- c. 紀錄螢幕上的阻力係數數值，若螢幕上顯示” error”（註一），則重複 b 步驟再試一次。

4. 作品創意性：(最多 300 字)

在測量落下時的速度方面，因考慮到超音波感測器在液體中會因為聲速改變而失準，因此我想到在物體上用釣魚線懸掛住，在裝液體的容器上方加裝一個滑輪，使得釣魚線能在容器的外側下垂，在外側的繩子上掛上一底部無掛鈎的砝碼，最後在砝碼的下方安裝一超音波感測器。當物體下落時，可以利用超音波感測器每單位時間測量砝碼下落的距離，求出單位時間的平均速度，最後再求出終端速度，其阻力便可求出。

5. 作品成果報告

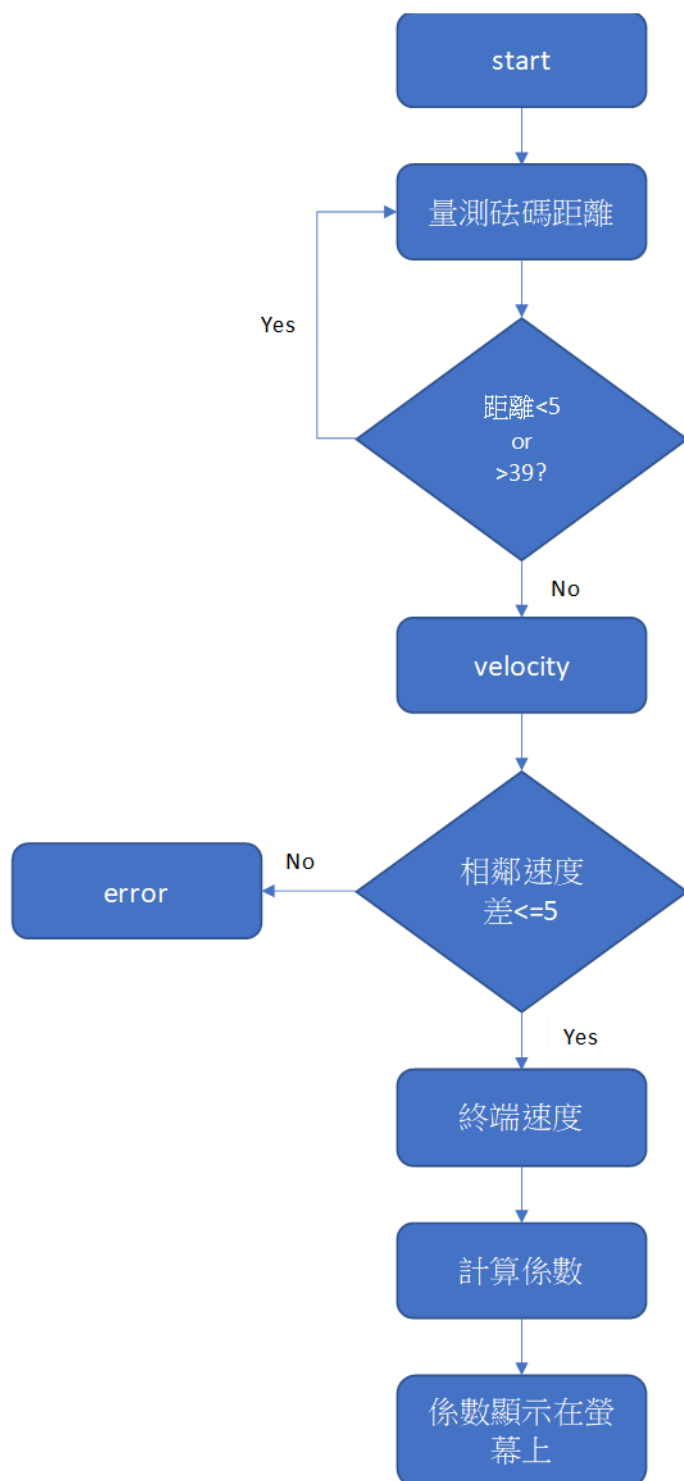
(1)研究目的

- a. 設計一種簡易、不用使用實驗室專業測量器材也能運作的阻力係數測量工具。
- b. 測量水、沙拉油、非牛頓流體(太白粉加水;比例：水:太白粉=1:2)之阻力係數。

(2)研究過程或方法

- a. 透過 Arduino 的感測器作為測量工具，撰寫程式讓使用者能在電腦以及螢幕上得知係數的量值。

b. 程式架構圖



(3) 研究結果

a. 各液體之密度、平均阻力係數量值

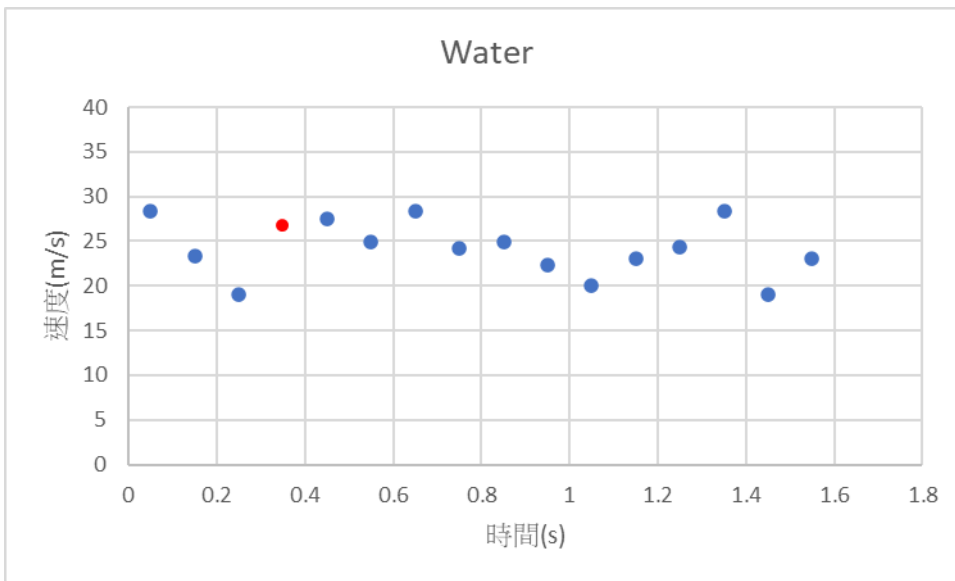
液體類型	水	沙拉油	太白粉加水(非牛頓流體)
液體密度 (g/cm^3)	1	0.85	0.75
去極值後平均阻力 係數 C_D (無單位)	9.16	12.23	26530.61

此數據為進行十次實驗後得出的結果，每種液體分別去除最大值以及最小值後取平均。

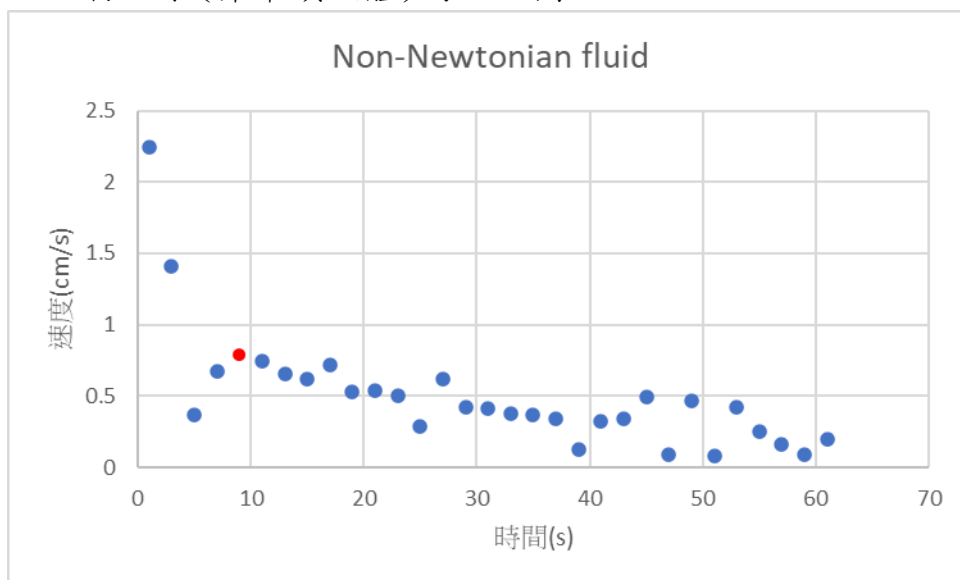
b. 各液體之速度-時間圖(各取一組實驗作為範例)

*圖中的時間為超音波感測器開始記錄距離的時間，而非砝碼從被釋放開始計算的時間，因為砝碼釋放時可能因為手不能穩定釋放而造成誤差，因此以下的 V-t 途中都沒有記錄到砝碼速率上升的時候，而是直接記錄接近終端速度的數值。

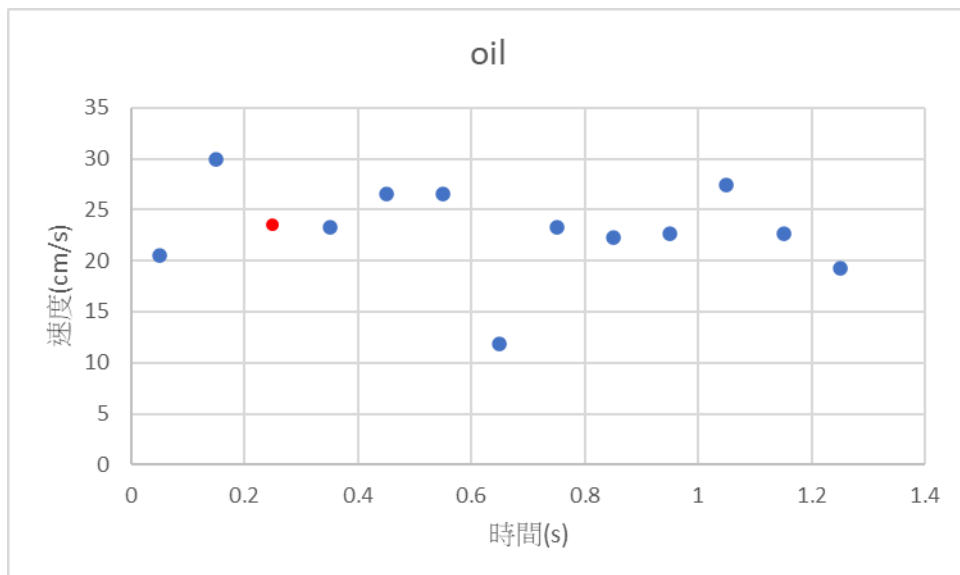
水的 V-t 圖



太白粉加水(非牛頓流體)的 V-t 圖



油的 V-t 圖



(4) 討論與誤差

a. 各液體係數大小比較並討論合理的解釋

由實驗數據可知，太白粉加水所調配出之非牛頓流體，其阻力係數數值遠大於水與油。推測其原因，可能是由於非牛頓流體的特性(受力時近似固體，流動緩慢;無受力時近似液體，流動較快)以及其高黏稠度所造成;至於油的係數量值大於水，可能是因為受到液體密度的影響，在阻力公式中，阻力係數與液體密度成反比關係，所以油的密度較小，造成阻力係數相較水來說偏大。

b. 終端速度的測量與誤差

本實驗中端速度的測量原理，是利用計算出的速度中，相鄰兩速度若相差小於某誤差值(依照實驗時，砝碼在液體的流動速度而

定)，便將兩速度視為相等(若超音波感測器測量出的距離有誤差，那即使砝碼已在某時間點到達終端速度，那在該時間點後速度仍會有些微誤差，難以測量到完全相同的速度。因此，我決定若某相鄰兩速度小於某誤差時，就視為達到終端速度)。也就是砝碼在此時達到終端速度，因此終端速度即為該速度(取時間較早者)的值。但是這樣的計算方式可能造成的誤差在上述誤差值的大小，會影響終端速度的量值，本次實驗中，我利用實驗數據的經驗求得該誤差值，如何更正確的求出誤差值仍有待討論。

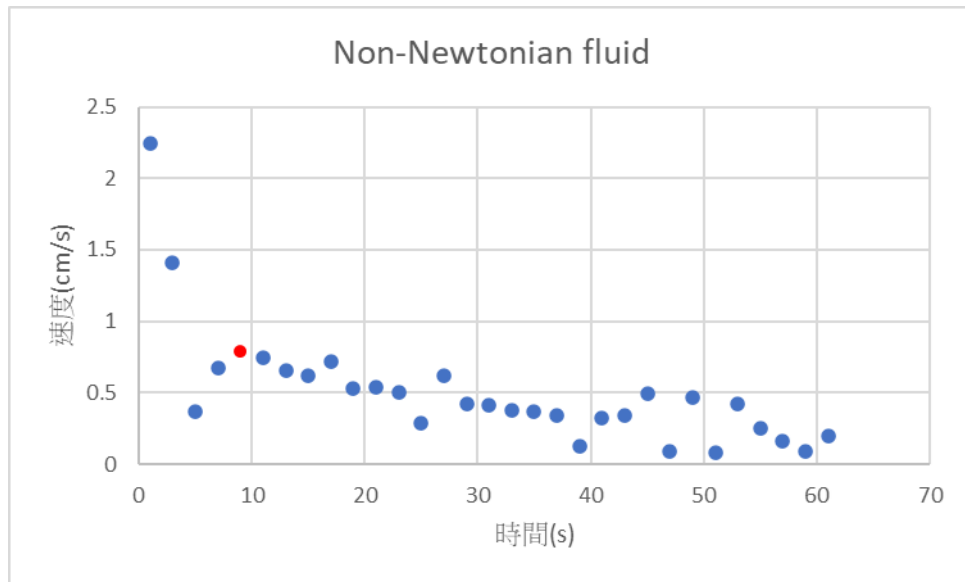
c. 討論實驗硬體造成的誤差以及合理的解決方式

超音波感測器:即使本次實驗使用感測器時，都是在 2cm~400cm 之間(即感測器之可測量範圍)，但仍然可能造成誤差。改善方式為:將感測器安裝在砝碼下方，偵測感測器與地面的距離;或是將超音波感測器換成紅外線測距儀或是雷射測距儀，以改善精準度。

砝碼的懸掛方式:本次實驗利用尼龍線，將兩分別砝碼懸掛在塑膠管的外側與內側，在手動將外側砝碼往下拉，讓超音波感測器感應距離變化。這樣做雖然能方便超音波感測器測量距離，但手動操作時容易讓晃動，造成測得的距離不準。未來可以將尼龍線與滑輪組改成鍊條與齒輪，可以減少因砝碼晃動造成的誤差，但鍊條與齒輪之間的摩擦力需在計算時列入，所以此方法仍有待討論。

d. 非勻相混和物測量的合理性

本次實驗使用太白粉加水的非牛頓流體來進行實驗，在實驗前已發現塑膠管內的太白粉容易沉澱，可能造成實驗的誤差，因此實驗前會再搖晃塑膠管使其重新混和。但由 V-t 圖可以發現，當砝碼掉落至越深處，其速度有變小的趨勢。推究其原因，可能是因為太白粉沉澱在底部，造成底部阻力較大，砝碼的移動速度變慢。因此利用此方式雖可以測量出非勻相混和物的阻力係數，但可能無法提供較為準確的結果。(下圖為太白粉加水的 V-t 圖)



(5) 結論

a. 本次實驗利用了超音波感測器作為主要測量工具，為勻相水溶液測量阻力係數提供一種較為方便省時的方法。

b. 水、沙拉油、太白粉加水(非牛頓流體)的阻力係數量值如下:太白粉加水>>沙拉油>水。

6. 參考文獻：無

7. 註釋：

註一：若螢幕顯示”error”則表示超音波感測器沒有全程偵測到砝碼的運動，而造成結果不正確，所以應重新測量。

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：通行無阻隊

項目名稱	費用	備註
塑膠管*3	360	
HC-SR04 超音波感測器*1	50	
LCD 1602 顯示螢幕*1	100	
麵包板*2	50	
圓形按鍵*1	10	
杜邦線(公公*6;公母*4)	50	
滑輪*3	400	
大小砝碼(50g;20g)*3	300	
沙拉油(1.2L)	100	
太白粉 800g	50	
總價(新台幣)(元)	1470	

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」。