

【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：超聲波泵(Ultrasonic Pump)

一、摘要：

本實驗主要是想探討超聲波的性質，以及和抽水機的融合，藉由分析兩者的特性和理解，找出超聲波讓水上升的原因，並探究實驗中各式各樣的變因對水位高度上升的影響，而藉由實驗的探討與資料的分析，我們可得知，此實驗與超聲波產生的小氣泡有關，小氣泡爆裂產生的沖擊波將使開口的壓力產生改變，導致周圍的水能因此而進入並上升，使此現象能發生。

二、探究題目與動機

在探究與實作課程中，經由老師的指引，讓我們認識到 IYPT，這個國際組織每年不但會舉辦物理的國際競賽，也會釋出近 20 題的物理探究題目，以供全球對於科學有熱忱的人能一同鑽研。而我們也藉此機會，選擇了其中的一題：**超聲波泵(Ultrasonic Pump)**，**而是什麼理由導致水會往上升？又是什麼變因會導致水的上升速度變慢？**這些問題將會是我們探究下去的動力。

三、探究目的與假設

- (1) 探討「**毛細現象**」對於水上升的幅度或可能性
- (2) 找出超聲波的性質，並分析各項性質是否有哪項與水相關，進而去深究其原理
- (3) 研究各種**管口半徑、頻率或管子材質**，對於實驗的影響

表 1:管子種類列表

塑膠注射筒(2.5ml)	管徑:0.31mm
塑膠注射筒(5ml)	管徑:0.31mm



圖 1、針筒照片



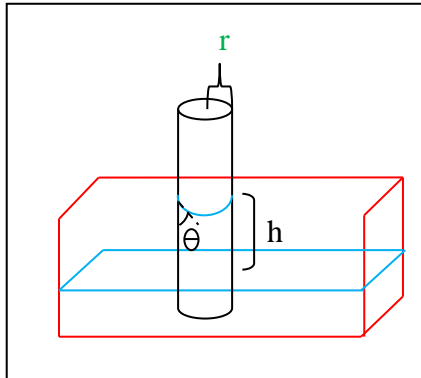
圖 2、超聲波浴

四、探究方法與驗證步驟

我們研究出幾個可以檢測我們假說的方法，由以下做說明：

一、理論值與實際值的比較測試：

我們將利用我們所知道的「**毛細現象公式**」推算出的水上升高度來去比較**實際用超聲波機**測出來水上升的高度。以此來驗證此現象是否皆為「毛細現象」所造成，亦或是有其他的因素導致而成的：



毛細現象公式：

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

γ = 表面張力係數(J/m²)

θ = 接觸角

ρ = 液體密度(kg/m³)

g = 重力加速度(m/s²)

r = 細管半徑(m)

以 20°C 水為實驗液體：

$$h = \frac{2 \times 0.0728 \times \cos \theta}{1000 \times 9.8 \times r}$$

$$h \approx \frac{[1.4 \times 10^{-15}]}{r}$$

圖 3、代號檢視圖

表 2:各種管子中水上升(理論和實際)的高度(60 秒)(30°C)

管子種類(管口半徑(mm))	實際測試(ml)		理論值高度(mm)	實際高度
(2.5mL)塑膠注射筒(0.31)	1.2	1.3	4.52×10^{-9}	
(5mL)塑膠注射筒(0.31)	1.4	1.0	4.52×10^{-9}	

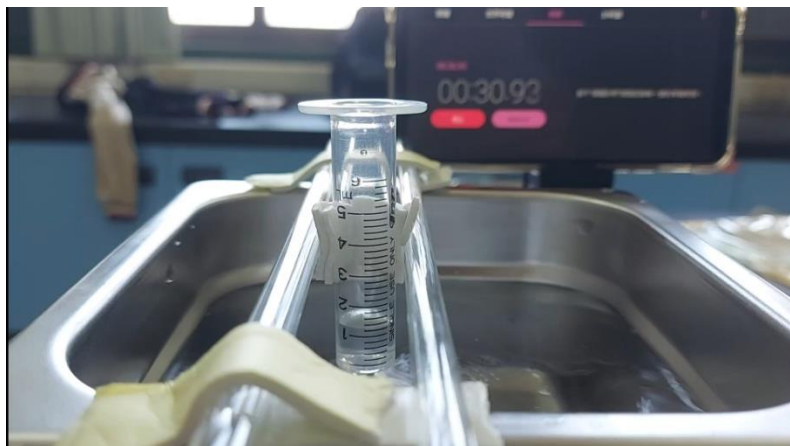


圖 4、實驗照片

從以上數據得知:

1. 從塑膠注射筒上升的高度可得知，除了毛細現象，還有其他因素會影響水上升的高度，由此實驗推論，影響水面高度與推論值的主要因素為超聲波
2. 管口口徑對於上升高度影響極大

表 3、水上升之折線圖



二、找出超聲波與實驗相關的特性:

定義:超聲波在介質中前進時，因自身的震動，而引起細胞內物質運動

應用:可改變細胞膜的通透性，進而促進新陳代謝和血液循環

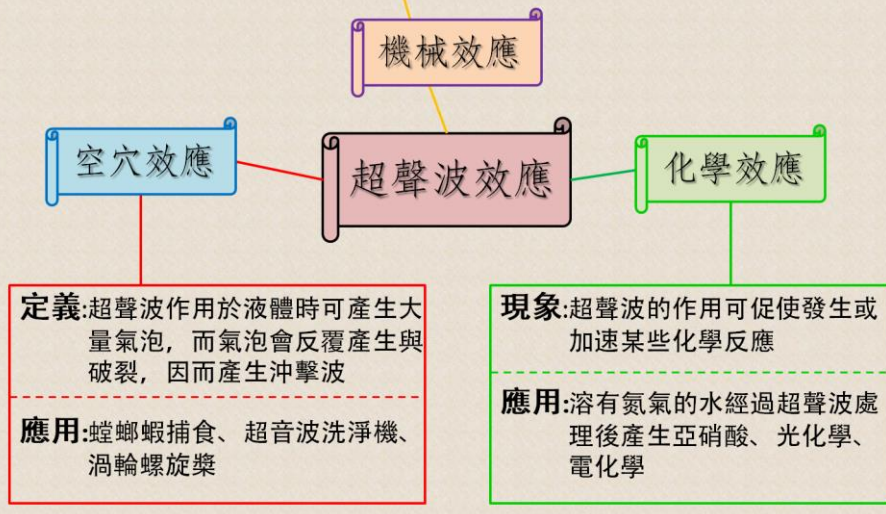


圖 2、超聲波效應分析圖

從以上分析可得知:

1. 超聲波之效應、應用常與其之高速震動有關
2. 從以上的資訊去比對「超聲波泵」的實驗，「空穴效應」應為主要鎖定現象

三、分析空穴效應:

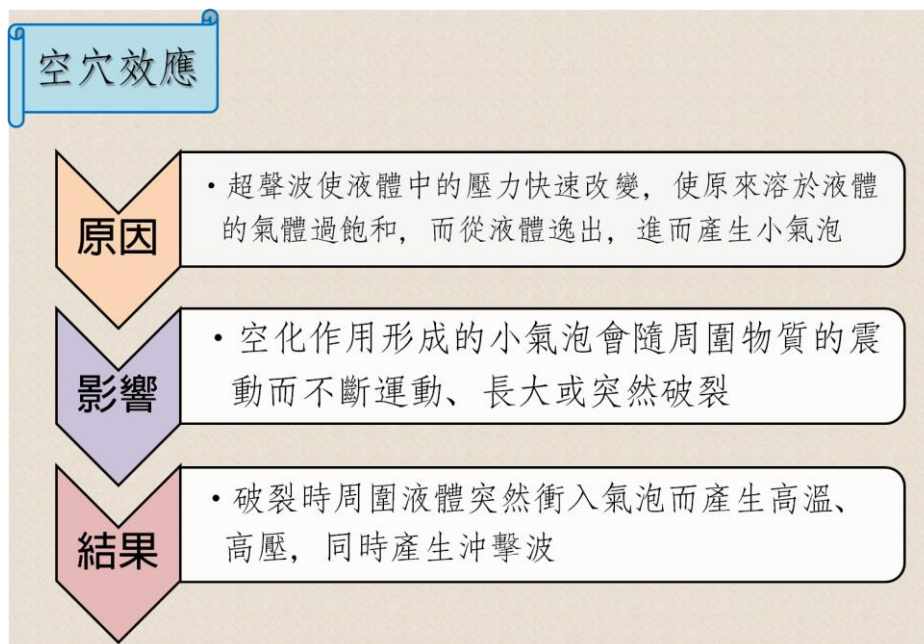


圖 3、空穴效應分析圖

從以上分析可得知:

1. 因超聲波而產生的「小氣泡」是空穴效應的主軸
2. 小氣泡將導致液體中的溫、壓受到改變

四、空穴效應驗證

我們將利用正常的實驗數據去比較用薄膜去阻隔大部分小氣泡去靠近管口的開口之數據，進而去發現超聲波產生出的氣泡多寡是否會影響水上升的高度和速率

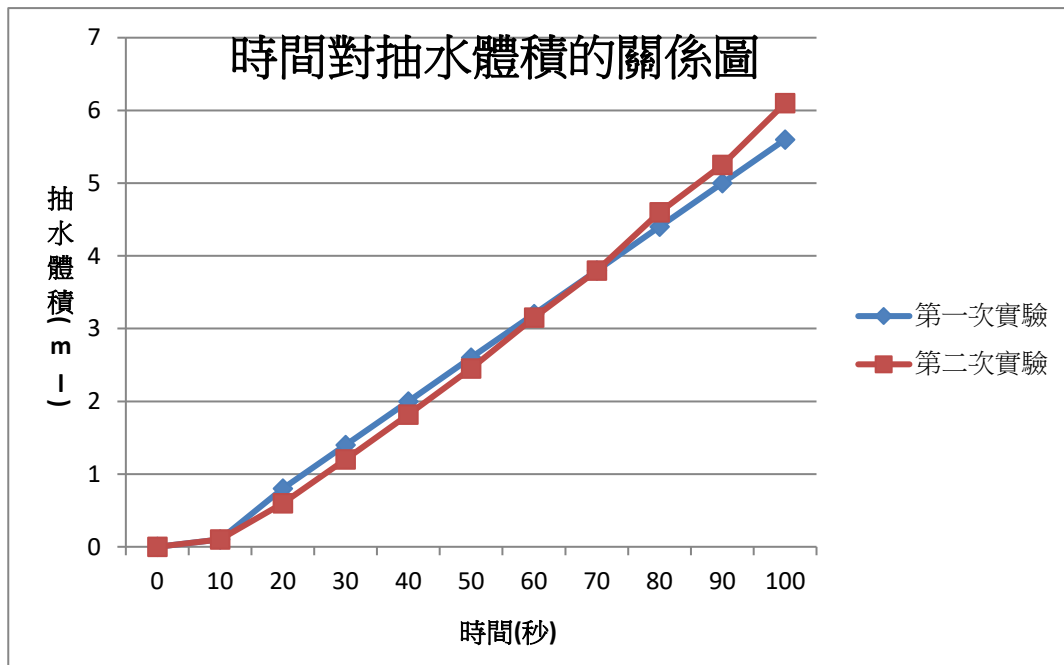
表 3: (2.5ml)塑膠注射筒在隔絕小氣泡與否下，水上升的體積

水上升體積(ml) 種類	第一次	第二次	第三次	平均
無隔絕小氣泡	1.2	1.3	1.2	1.23
有隔絕小氣泡	0	0	0	0

從以上實驗可得知:

小氣泡的產生是水上升的主因，所以能得知空穴效應是主要的實驗理論

四、探討超聲波抽水機抽水體積對於時間的關係。



五、結論與生活應用

綜合以上的實驗與理論，我們發現到：

1. 因為超聲波的效應非常的多元，所以能在許多領域應用，例如：醫學、軍事、工業.....等。
2. 而超聲波抽水機則可應用在發電機上，利用水的位能改變，形成新的綠色能源。
3. 超聲波在水中產生的小氣泡則可利用其爆裂帶來的衝擊波，清洗許多物體小細縫中的髒汙



圖 4、眼鏡(洗淨前)



圖 4、眼鏡(洗淨後)

參考資料

1. <https://iopscience.iop.org/article/10.1143/JJAP.43.2864/meta>
2. <https://www.iypt.org/problems/problems-for-the-34th-iypt-2021/>
3. <https://baike.baidu.com/item/%E8%B6%85%E5%A3%B0%E6%B3%A2>
4. http://ntmedu.blogspot.com/2017/08/blog-post_27.html
5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041624X97001145>
6. <https://stemfellowship.org/iypt-2021-references/ultrasonic-pump/>
7. <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AF%9B%E7%BB%86%E7%8E%B0%E8%B1%A1>