

波速與水深的探討

高中組物理第一名

省立臺中第一高級中學

作者：王緒維 李仰忠

胡學仁 莊季高

陳東陽 黃宜裕

黃俊琦 蔣泰順

指導老師：黃敏男

一、動 機：

我們在水波實驗中，發現水的深度會影響波的傳播速度，但不知其間的關係如何。為求充分了解，於是設計一實驗，以便進一步探討水深與波速的規律性。

二、目 的：

設計一實驗裝置，以求得水深與波速的關係。

三、原 理：

(一)以電鈴為精密的計時器，並利用溶鹽水溶液之導電性。

(二)若一波峯由水面上的A點傳到B點的時間(T)可測，而A B的距離(L)已知，則波速(V) = $\frac{L}{T}$ 。

四、裝 置：

(一)於水波槽之水中加入鹽類，使其密度均勻(可調整使近於海水)。

(二)在水波槽兩端吊起二銅片，調整高度使其與波峯能夠恰好接觸。

(三)在水波槽之一端裝上一直線起波器。

(四)在木板上裝置二電磁鐵，其中一者磁力較大。兩電磁鐵間裝一

活動鐵板，以便通電使計時器打點。

(五) 磁力較弱之電磁鐵接銅片 A，另一電磁鐵則接銅片 B。

(六) 水波槽中置一電極，另一電極則分接於兩電磁鐵及電源。

五、步驟：

(一) 先測定計時器之打點頻率 (F)。

(二) 以直線起波器引起直線波。

(三) 當波峯接觸銅片 A 時，由於線圈形成磁場而吸引鐵片，此時計時器因通路而開始打點。

(四) 當波峯接觸銅片 B 時，因線圈之磁力較大，將鐵片吸回而成斷路，此時計時器停止打點。

(五) 算出紙帶上點數 (N)，則由波 A 傳至 B 之時間 (T) 為：

$$T = \frac{N}{F}$$

(六) 量取 AB 之長 (L)，則波速 (V) 為：

$$V = \frac{L}{T} = \frac{F \cdot L}{N}$$

(七) 改變水深，重覆上述實驗，將所得數據記錄之。

六、記錄及分析：

(一) 電鈴型計時器打點頻率：

$$F = 61 \text{ 次/秒}$$

(二) 鹽水，比重 1.02，AB 長 $L = 150 \text{ cm}$ 。

※ 以下為數千次實驗之平均值。

(詳細數據於展覽會場展出)

水深 h	30	29	28	27	26	25	24	(cm)
時間 T	0.91	0.91	0.93	0.94	0.98	1.00	1.02	(sec)
波速 V	164.13	164.13	161.29	159.57	153.06	150.00	147.06	(cm / sec)

水深 h	23	22	21	20	19	18	17
時間 T	1.05	1.05	1.07	1.06	1.08	1.24	1.26
波速 V	142.99	142.99	139.69	141.51	138.64	120.97	118.83

水深 h	16	15	14	13	12	11	10
時間 T	1.27	1.33	1.43	1.28	1.34	1.31	1.39
波速 V	117.81	112.96	105.17	117.30	111.59	114.85	107.65

(三) 硫酸銅溶液，比重 1.05

AB 長 $L = 150 \text{ cm}$ 。 以下亦平均值

水深 h	30	29	28	27	26	25	24
時間 T	0.92	0.93	0.98	0.97	0.99	1.00	1.03
波速 V	163.04	161.29	153.06	154.64	151.52	150.00	145.63

水深 h	23	22	21	20
時間 T	1.05	1.06	1.08	1.10
波速 V	142.99	141.51	138.64	136.36

七、討 論：

(一) 計時器的改進

- 1 首先用碼錶，但因時間極短，故誤差必由於人為之因素而增加。
- 2 次而改以電錶，但一般電錶之精密度不大，不甚理想。
- 3 最後想到了以電鈴型計時器，因電壓加至九伏特時，頻率在每秒五十次以上，故可算相當精密的計時儀器。

(二) 起波器的改進

- 1 最初以電動起波器引起水波，但其振幅太小，不便觀察。
- 2 我們利用彈簧繫一銅棒作起波器，因彈簧由一定高度放手，可作簡諧運動（S.H.M.）故其頻率及振幅均可達理想情況。

(三)由各種圖形的分析，我們不難發現除 $V^2 - h$ 圖“可能”通過原點外，其餘均不能以直線通過原點。但在 $V^2 - h$ 圖中於水深 20 cm 以上顯呈規則，而水深少於 20 cm 時便無規則可尋，故可斷言波速與水深之關係為 $V^2 \propto h$ ，但水深不宜太淺！

(四)實驗結果，可知波速與水深可以下式表示之：

$$V^2 = K h$$

其中 K 為 $V^2 - h$ 圖之斜率，可由下列方式求得：

$$K = \frac{V_2^2 - V_1^2}{h_2 - h_1}$$

故
$$K = \frac{26938.66 - 19513.30}{30 - 21} = 825.04$$

（上值為食鹽水者）

(五)為證實 $V^2 \propto h$ ，我們另外用密度不同的水溶液如硫酸銅溶液測定之，發現 K 略有不同。

$$K' = \frac{26582.04 - 19186.02}{30 - 21} = 821.78$$

(六)我們可得一結論： $V^2 = K h$ ；其中 K 值隨溶液之不同而有所改變；在比重 1.02 之鹽水中， $K = 825.04$ ，而比重 1.05 之硫酸銅溶液中 $K' = 821.78$ 。

八、應 用：

- (一)利用本實驗裝置，可求得各種不同溶液（可導電者）之 K 值。
- (二)利用已知之常數 K ，探測某一水域之“平均深度”。
- (三)於中國大陸唐山地震引起的海嘯，可由東海之平均深度而求其波速，但唐山與臺灣淡水之距離可量，故可算出其發生地震約在何時，沿海居民不妨多注意觀察海浪，或者可以知道某時何處曾有地震。

九、後 記：

許多人認爲“物理”乃一門理論科學，於是產生了許多幻想。最初我們認爲水深與波速有關，但無法以理論求之，故我們乃從事此一實驗，孜孜不倦地由各種實驗所得數據，加以演繹歸納、分析，而尋求其中之規律性，本實驗之裝置，乃配合能以最簡便最經濟的儀器，作出最正確的結果。從計時方法的改進到水波槽的裝置設計，每個同學都親自操作，提出改進的意見，以獲得最正確的結果。其中我們在每次水深一定時，均實驗數十次，捨棄其中誤差（比較其他數據）較大者，然後求其平均值，去蕪存菁而有今日之碩果。但願我們這一實驗，能喚起更多青年運用自己的智慧，尋求大自然的規律，以實驗證實或修正理論，相信中國的科學將會在實驗之中開花結果。