

我看到了“都卜勒”效應

國中組物理科第三名

台北市立和平國民中學

作者：陳穎儒、盧素珍

指導老師：邱秀美

一、引言

我每次聽到汽車、摩托車的聲音，迎面疾駛而來時，聲音高亢驚人。走過之後，却突然間變得非常低沉，我覺得非常奇怪，就將這種情形向老師請教，老師聽了，說：「這種現象叫“都卜勒”效應。」又說了一些有關頻率改變的道理。可是我總覺得似懂非懂的，既然聲波和水波的性質相近，那麼就試試用水波代替聲波來觀察了解“都卜勒”效應吧！

因為聲波、水波等，都是一種波動，水波容易觀測，所以我們用水波和觀察者的運動來了解另一個“都卜勒”效應。

我們的報告裏包括：1 製置的介紹，如何作法。2 分析所得的資料。3 結論。

二、器材與裝置

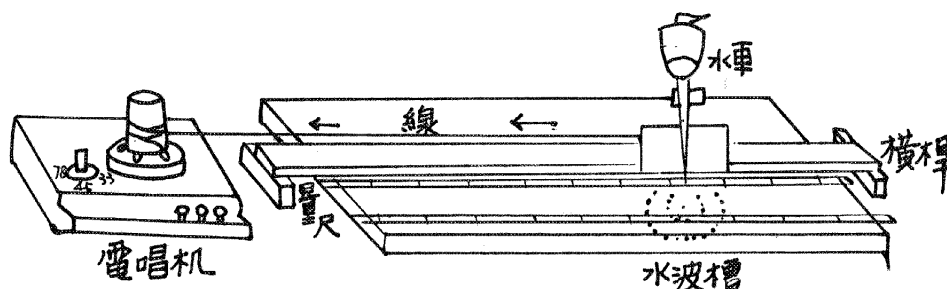
1 器材：

| | | | |
|---------------|----|--------|----|
| 水車 | 一組 | 水波槽 | 一個 |
| 橫桿（滑行槽） | 一根 | 電唱機 | 一臺 |
| 銀粉 | 一瓶 | 量尺 | 兩支 |
| 圓筒（口徑大、中、小、微） | 四個 | 照像機 | 一臺 |
| 固定波長的滑車臺 | 一組 | 小馬達 | 一組 |
| 當觀測者的小滑車 | 一組 | 電池、小燈泡 | 一組 |

2 裝置：

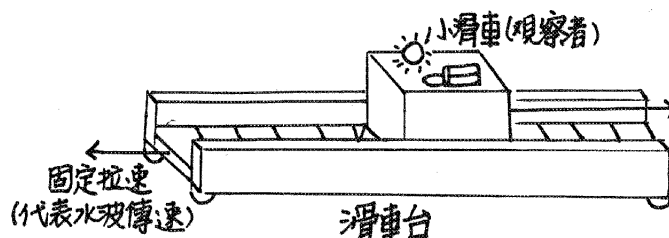
(1) 波源運動發生的都卜勒效應裝置：水波槽裝 $\frac{3}{4}$ 清水，然後加

入銀粉。(這樣照像後，較易量水波) 上放橫桿，水車放在



橫桿盡頭；電唱機放在另一頭，量尺架在水波槽上，橫桿之前，一前一後，刻度互相對齊，以便照像後從照片中量出水波。

- (2) 觀察者運動發生的都卜勒效應裝置，小滑車作



觀察者，放在滑車臺上。滑車臺用電唱機拉動，小滑車臺上。滑車臺用電唱機拉動，小滑車則用小馬達朝反方向拉動。

三、步 驟

1. 波源運動時的都卜勒效應：

- (1) 利用電唱機各種不同的轉速和不同大小的圓筒作軸，拉水車，測出水車速度。(見附錄一)
- (2) 固定的滴頻：
 - (a) 測水車不動時的波長。
 - (b) 水車以各種不同速度(步驟(1)所列速度)運動時，前波長和後波長的值。
- (3) 變換不同的滴頻，重複(2)的步驟。

2. 觀察者運動時的都卜勒效應：

- (1) 固定小滑車(觀察者不動)，又以固定的速度拉滑車臺。(波源不動時水波傳的速度)測出滑過十二格所需的時間。

(2)用各種不同的速度拉小滑車(觀察者動)，同樣測出所需的時間。

四、資料整理

1. 水車速度：

| 表一 水車速度 | | |
|---------|----|----------|
| 口徑 | 轉速 | 速度(厘米÷秒) |
| 大 | 78 | 28 |
| | 45 | 17.87 |
| | 33 | 13.66 |
| 中 | 78 | 18.26 |
| | 45 | 10.91 |
| | 33 | 8.24 |
| 小 | 78 | 13.81 |
| | 45 | 8.0 |
| | 33 | 5.91 |
| 微 | 78 | 8.57 |
| | 45 | 5.25 |
| | 33 | 3.8 |

以各種不同的口徑和各種不同的轉速來拉水車。

表一的數目是五到十次測量的平均值。

以上的實驗是以表一的十二種速度，當作波源（水車）運動的速度。

2. 水波傳遞速度：

先後用十二種不同的滴頻，攝下水車不動時的波長，求出水波傳遞的速度。

3. 波源行進時波長的變化：前波長變小，後波長變大。前波長若為負，表示水車速度大於水波傳遞速度。

4. 運動與靜止波長的比較：

前波長與後波長的平均和靜止時波長的比。

5. （後波長與前波長）之差與水車速度的關係：

6. 觀察者運動時的“都卜勒”效應

(1) 滑車距離：45.5 cm

(2) 小滑車的滑速（觀察者的速度）：

（2.1）走45.5 cm 所需的時間

表二

| 轉速 | 時間（秒） | 平均時間 | 速度（cm/秒） |
|-----|---------------------|------|----------|
| (a) | 5.4 5.4 5.6 | 5.46 | 8.33 |
| (b) | 4.2 4.2 4.1 4.2 4.1 | 4.16 | 10.93 |
| (c) | 9.3 9.4 | 9.35 | 4.85 |

(3) 滑車臺的滑速（波傳的速度）：

時間：7.4 7.1 7.1 7.2 平均 7.2

速度：6.3 cm / 秒

(4) 相對速度：

滑車臺與小滑車相對速度：

| 轉速 | 時間(秒) | 平均 | 相對速度 | 臺速+滑車速 | 比值 |
|-----|-----------------|------|------|----------------|-------------|
| (a) | 3.5 3.1 3.1 3.1 | 3.2 | 14.2 | 8.3+6.3=14.6 | ≈ 1 |
| (b) | 2.9 2.6 | 2.75 | 16.8 | 10.9+6.3=17.2 | ≈ 1 |
| (c) | 4.4 4.2 4.6 | 4.4 | 10.3 | 4.85+6.3=11.15 | ≈ 1 |

故相對速度是各別速度的和。

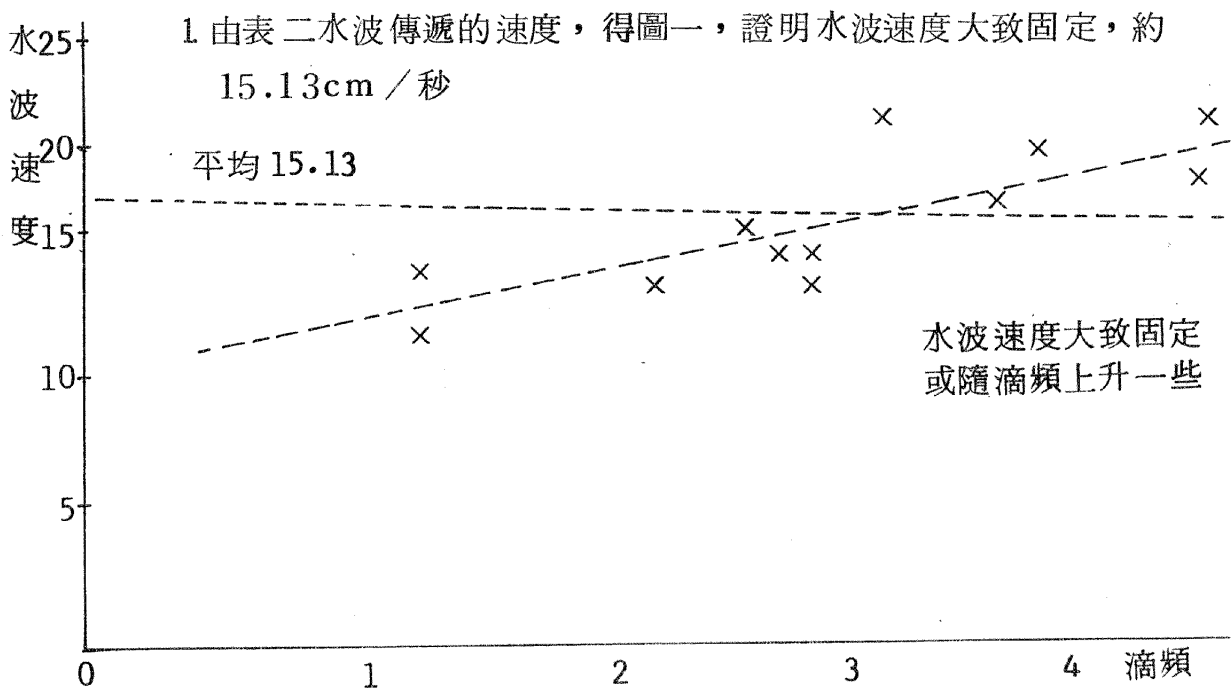
(5)觀察者運動頻率的改變：

表 三

| 相對速度 | 時間(秒) | 越過波數 | 聽到的頻率 | (相對速度)/(頻率) |
|------------------|-------|------|-------|-------------|
| 6.3 小滑車 不動 | 7.2 | 11 | 1.52 | 4.14 |
| 14.2 | 3.2 | 11 | 3.43 | 4.11 |
| 16.8 | 2.75 | 11 | 4 | 4.2 |
| 10.3 | 4.4 | 11 | 2.5 | 4.12 |

(相對速度)/(頻率) = 4.14 (滑車臺上的波長)

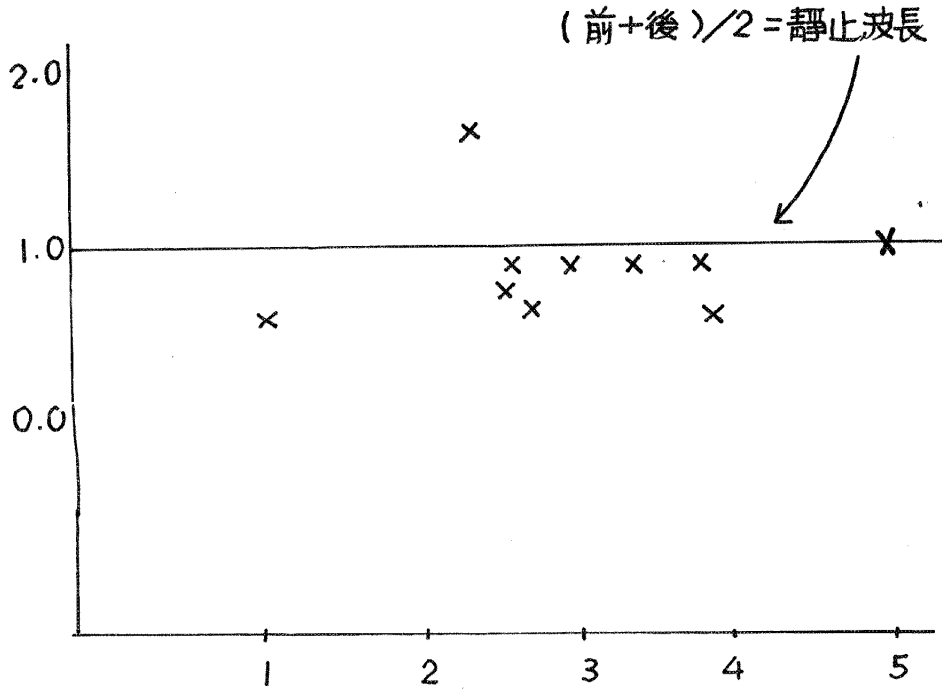
五、推 論



1. 由表二水波傳遞的速度，得圖一，證明水波速度大致固定，約 $15.3\text{cm}/\text{秒}$

2. 由表三前波長和後波長平均與靜止波長的关系：

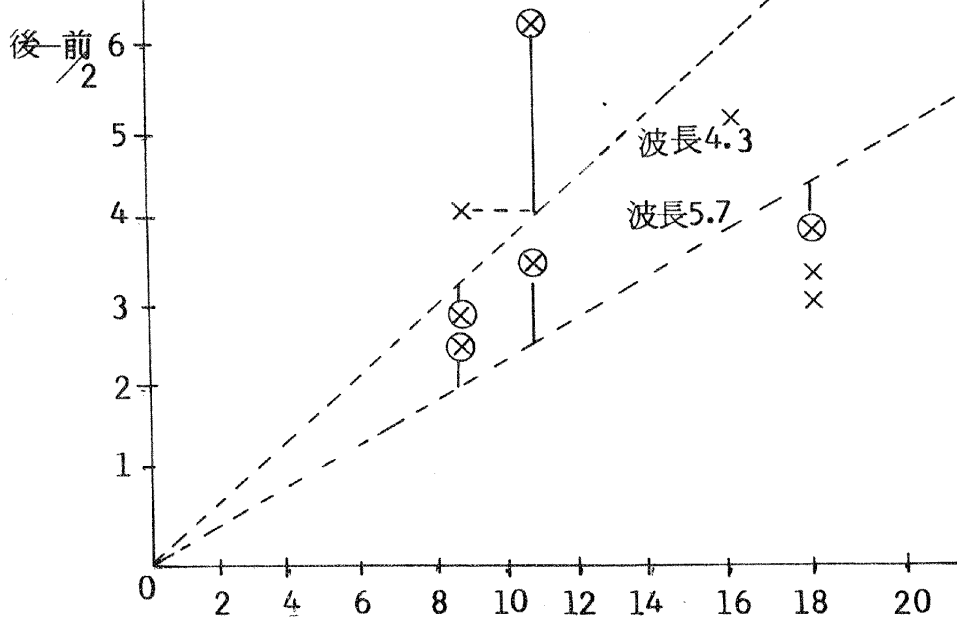
$$(\text{前波長} + \text{後波長}) / 2 = \text{靜止波長} \dots\dots\dots \text{公式①}$$



圖(2)

3. 由表四得：

(3.a) $(\text{後} - \text{前}) / 2$ 與水車速度成正比

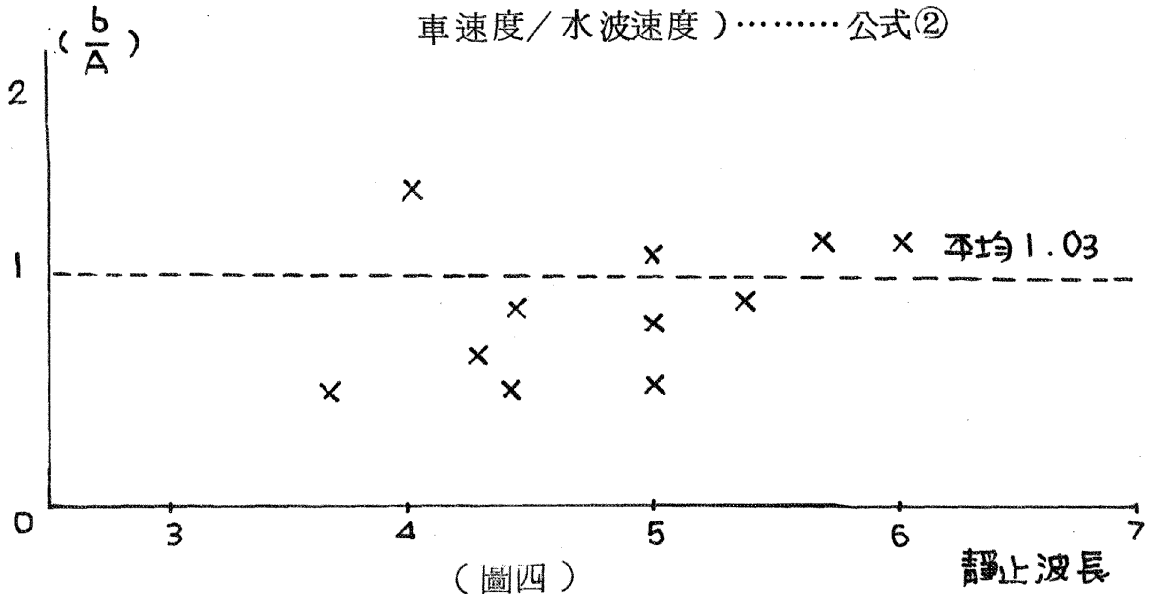


圖(三)

(3.b) 由表四得：

$$\begin{aligned} & (\text{後波長} - \text{前波長}) / 2 = b, \text{波長} \times (\text{水車速度} / \text{水波速度}) \\ & = A, b / A = 1 \end{aligned}$$

得公式：(後波長 - 前波長) / 2 = 靜止波長 × (水車速度 / 水波速度) …………… 公式②



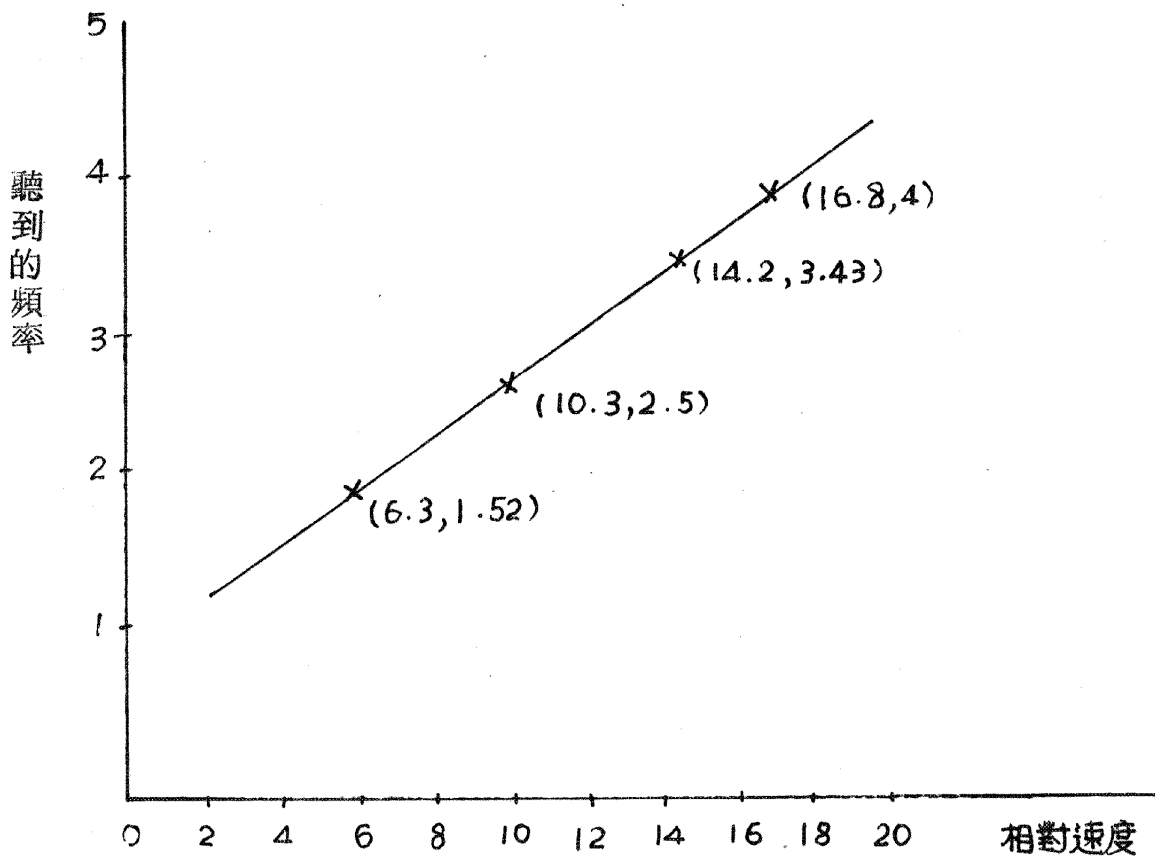
4. 由表六 (觀察者運動時的都卜勒效應) 得：(見附錄三)

相對運動時的頻率 = 觀察者不動時的頻率 ×

$$\frac{(\text{波傳速} \pm \text{觀察者運動速度})}{(\text{波傳速})}$$

(波傳速)

…………… 公式③



六、結 論

由公式①②可得：（見附錄四）

（改變後的頻率）＝

$$\text{（原來的頻率）} \times \frac{\text{（波傳速）}}{\text{（波傳速）} \pm \text{（波源運動速度）}}$$

若再與公式③合併，可得：

$$\text{（相對運動時的頻率）} = \text{（原來的頻率）} \times \frac{\text{（波傳速）} \pm \text{（觀測者運動速度）}}{\text{（波傳速）} \pm \text{（波源運動時速度）}}$$

評語：本項作品運用水波槽中之運動波源，以照相技術觀察水波波紋所顯示之都卜勒效應。由於水槽中先灑佈銀粉再進行實驗，故所獲相片頗為清晰，易加分析。在定性上，本作品對初學物理學生，極具啟迪作用。