

液體波速的測量及探討

國中組物理科第一名

桃園縣立山腳國民中學

作者：黃東興、陳光覺

鄭淑宜

指導教師：劉昌明、楊麗華

一、研究動機

在國中理化第三冊第一章中提到了介質的狀態會影響到波速，而在課程中接觸最多的是水波，所以我們就試着從實驗中來研究水深度，溫度及溶質濃度對水波波速的影響，並為求測量上的準確性而設計利用電腦做為測量時的輔助工具，進而達到實驗電腦化之目的。

二、實驗目的

1. 溫度對水波波速的影響。
2. 在不同深度中，對水波波速的關係。
3. 有機濃度對水波波速的影響。
4. 鹽類對水波波速的影響。
5. 分子量大小對波速的影響。
6. 比重大小對波速的影響。
7. 電腦在實驗上應用之評估。

三、研究設備器材

水波槽、起波器、IC 介面板、電流計、伏特計、電腦、溫度計、接受器、甲醇、乙醇、丙醇、氯化鉀、氯化鈉、氯化鎂、沙拉脫、醋酸、四氯化碳。

A、計時器工作原理：

1. 計時器部分：

因電腦系統時間（軟體）每秒更換 18 次，也就是時間的精密度大約 0.05 秒，遠大於改變深度或濃度所改變的時間，所以必須放棄軟體截取時間的方式。在 PC 多功能卡上有個計時 IC-8253 我們以這個可程式規劃的 IC，達到 $\frac{1}{1000}$ 秒的精密度。

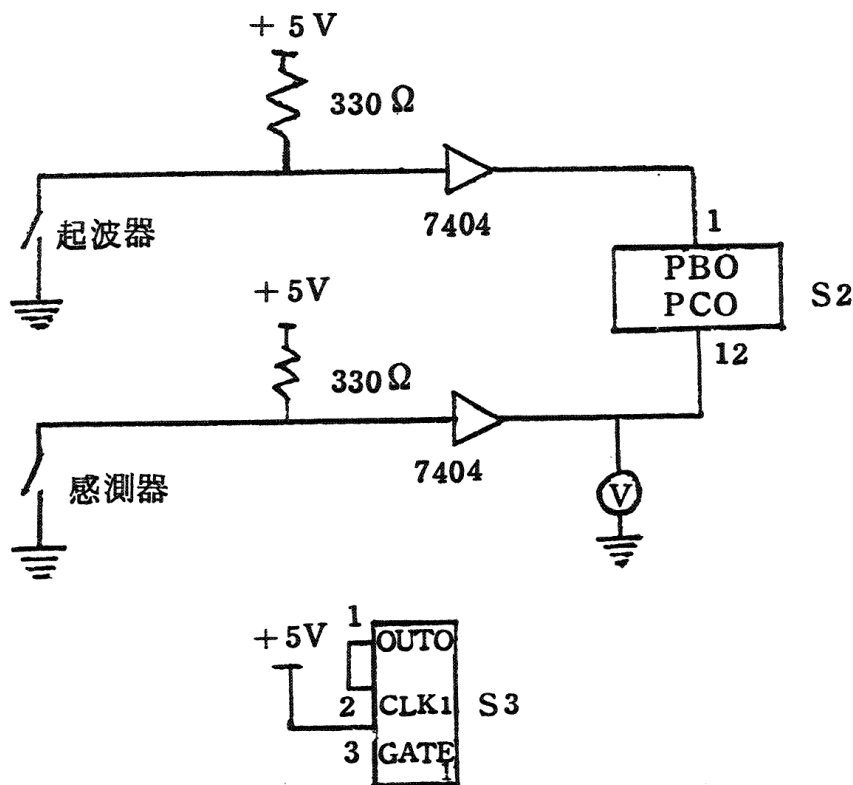
2. 起動及感測器：

當未起波或水波未達到時，訊號為高電位，經 7404 反相後為低電壓，當起

波或水波到達時開關接通，其訊號為低電位反相後為高電位，輸入電腦。因此可藉由 PC 多功能卡來判斷，是否起波器啓動與否？或水波是否到達。

3. 空白實驗：

將感測器短路（表示波已到達），並啓動起波器。記錄時間為 0.008 秒，其為硬體及跑程式所花時間，必須扣除。

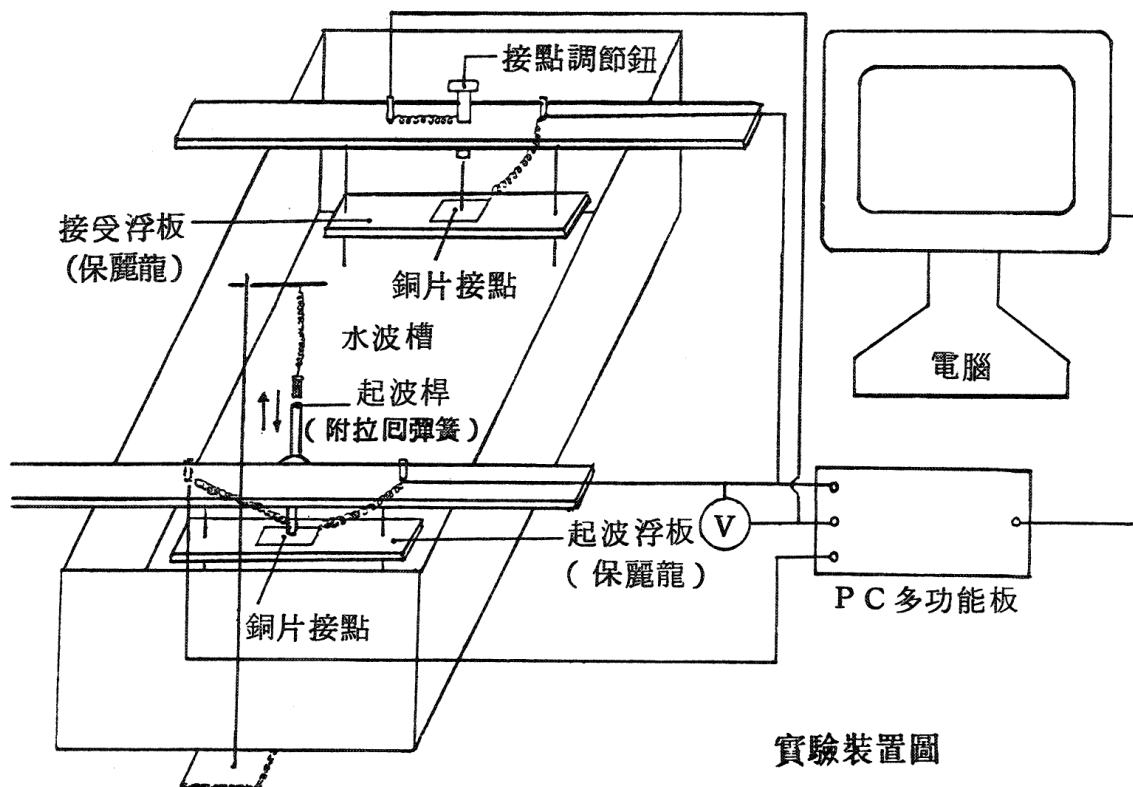


電腦測量流程圖

B、測量步驟：

1. 將電腦開機，至穩定狀態中。
2. 把待測液置於水波槽中，並等液面平靜後，才開始測量。
3. 將起波槌提至一定高度後放下，當起波槌撞擊起波桿的同時，銅片接點亦接通且輸出信號至電腦，開始計時並產生一波動。
4. 當波動傳至接受浮板時接通電路，輸出信號至電腦並停止計時。此時電腦即顯示出所需之時間。
5. 測量由起波浮板至接受浮板的距離 S ，再除以所需之時間 T ，得其波速

$$V = \frac{S \text{ 公分}}{T \text{ 秒}}$$



C、溶液之配製及測量：

1. 溫度的影響：取蒸餾水 2000 cc，先加熱至 80°C 再倒入水波槽中，待其冷卻至 65°C 時，開始每降低 5°C 測量一次其波速。
2. 深度的影響：於水波槽中，將蒸餾水的深度由 1.0cm 開始，每增加 1.0cm 測量一次至 10cm 為止。
3. 醇類水溶液的影響：將甲醇、乙醇、丙醇按 10%，20%，30%，…… 100% 之濃度溶於水，各配成 4000cc 置於水波槽中分別測其波速。
4. 鹽類水溶液的影響：將氯化鉀，氯化鈉，氯化鎂等三種氯化物分別配成 0.1，0.2，0.3，……1.0M 之濃度各 4000cc 測其波速。
5. 清潔劑的影響：將沙拉脫以 0.5%，1%，1.5%……5% 的濃度配成 4000cc 分別測量其波速。
6. 比重及分子量大小的影響：將水、甲醇、乙醇、丙醇、醋酸、四氯化碳等，液態物質在相同狀況下測其波速，比較與比重及分子量之影響。

四、實驗結果及討論

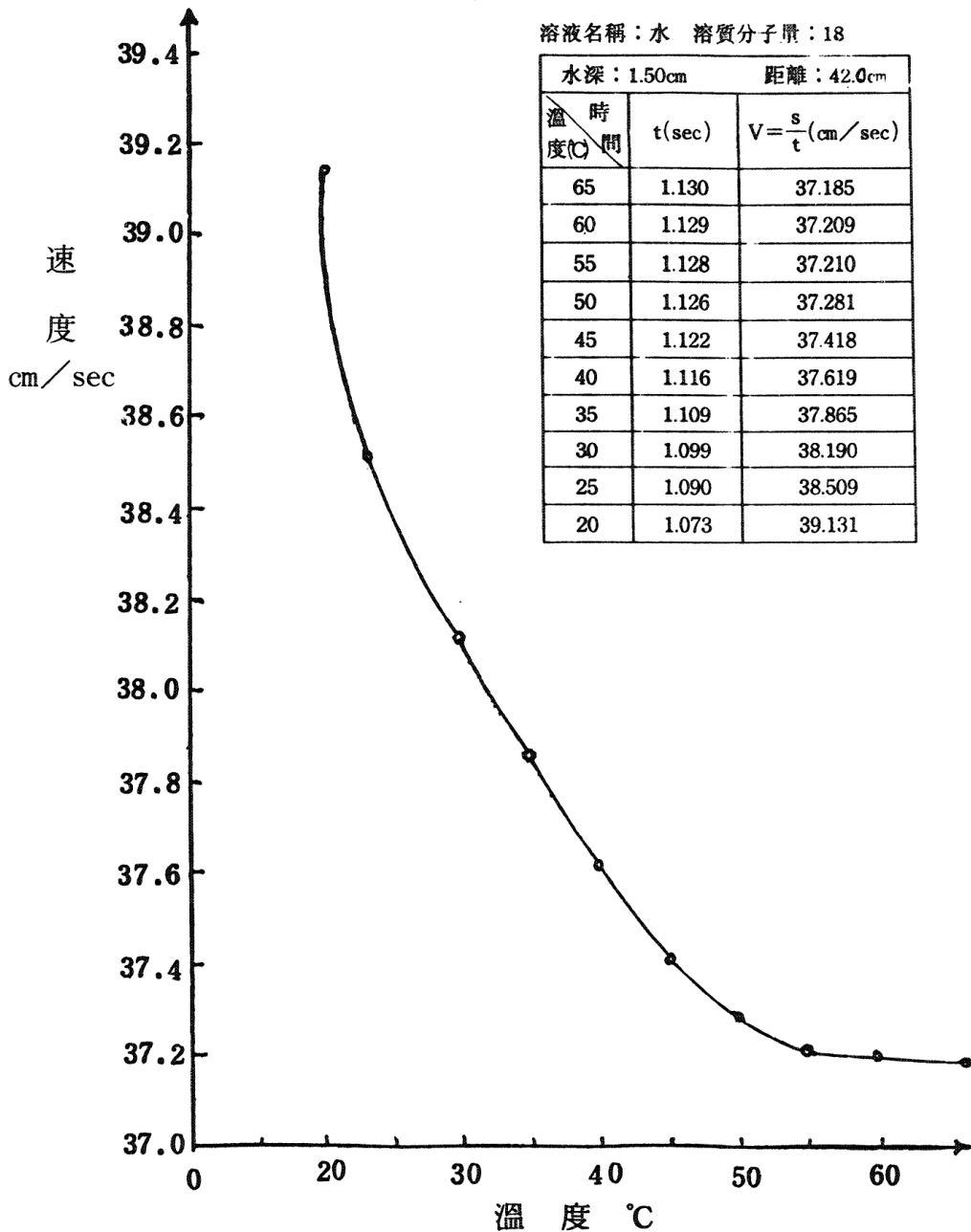
1. 溫度對波速的影響：

- (1) 由資料顯示，溫度對水波波速的影響是溫度愈高其波速愈慢，但其曲線非一直線，而是當溫度接近 50°C 時曲線開始漸趨平緩，由此可推知，當水

溫愈高，愈接近沸點，其波速變化愈小，終至沸騰而無從測其波速。

(2)就上速之結果，可知水溫升高時，水分子運動加快，使得水分子之間的表面張力降低，示即表面張力之大小與波速成正比之關係。

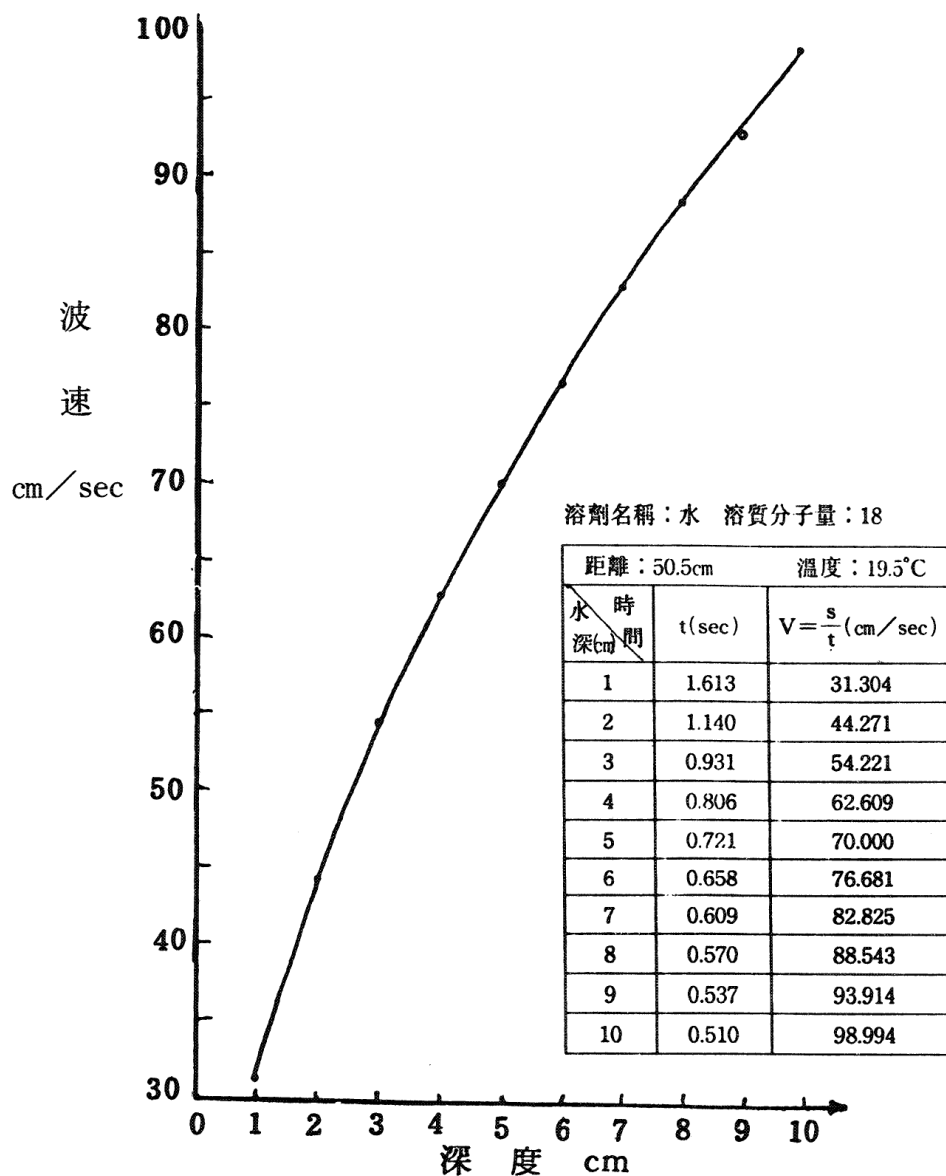
(3)就整體而言，溫度對波速的影響，在 0°C 至 45°C 以下時，其波速之影響尚未成直線型的正比，然影響不太大，但可驗證課本所提的影響波速的原因在於介質之不同，顯然溫度的不同在波速而言，那是介質的改變。



2. 深度對波速的影響

(1)由實驗結果可看出水的深度對波速的影響極大，其波速之增加率為每公分 6.769cm/sec 。

- (2)就其曲線圖形來看並非一直線，而是以極小弧度形成近似直線，再以深度與速度之關係來探討，我們可發現其深度(h)與速度(V)之關係為 $V = \sqrt{gh}$ ，其中 g 為重力加速度 ($980\text{cm}/\text{sec}^2$)，例如：深度為 2cm，溫度 18°C 時，其波速為 $V = \sqrt{980 \times 2} = 44.271\text{cm}/\text{sec}$ 。
- (3)綜合所知，水深度之不同即代表著介質不同，其情況亦如：粗繩較細繩其波速較快，由此可推知水波由淺水進入深水時，其波速必變快。

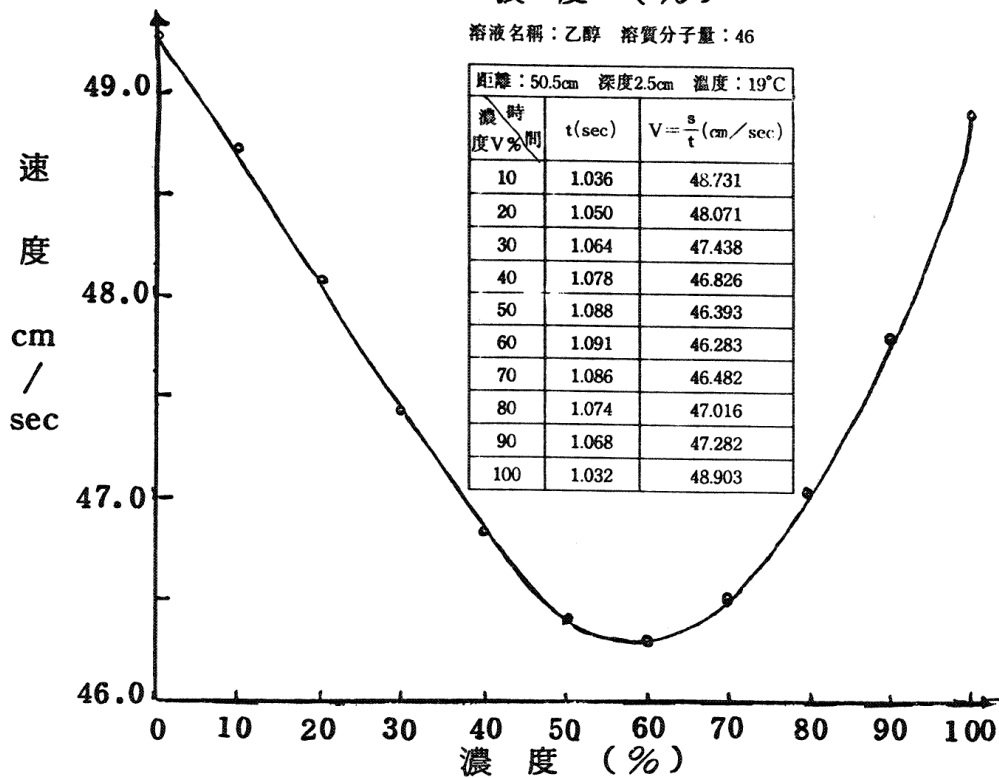
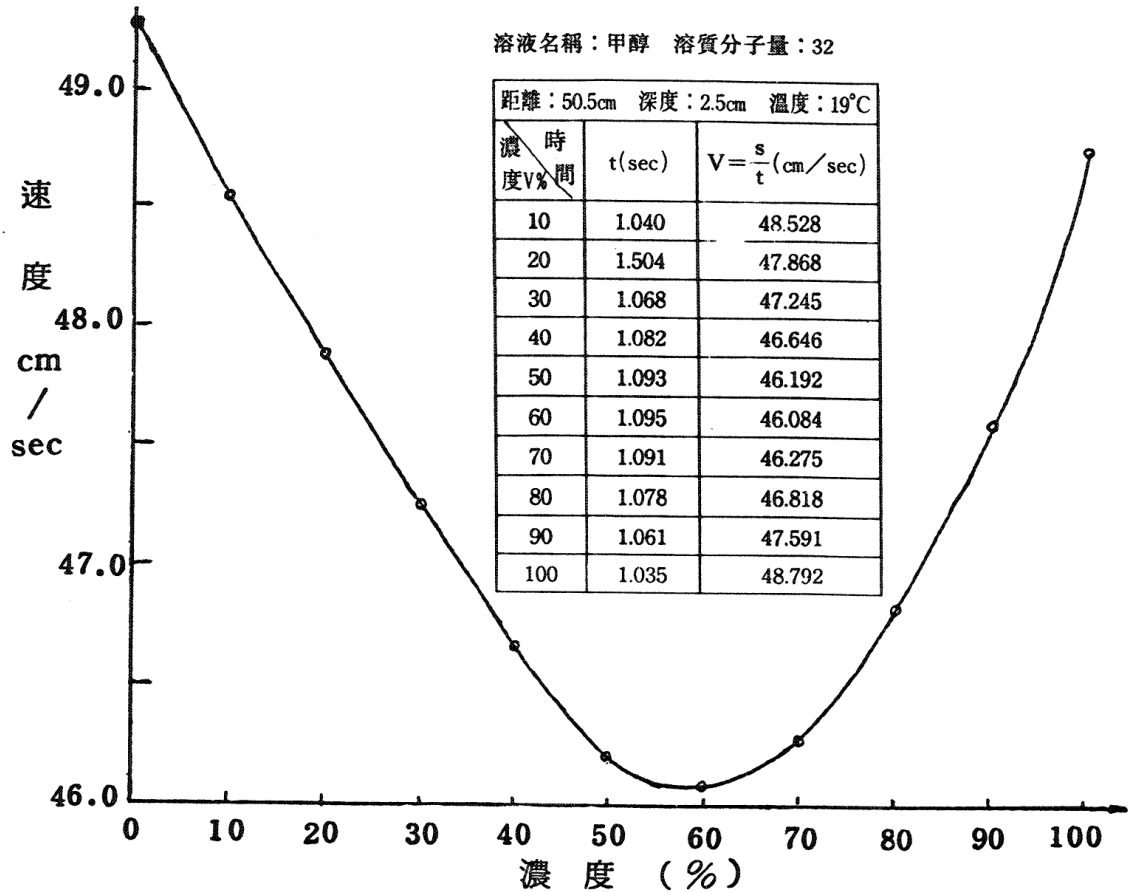


3. 醇類水溶液的影響：

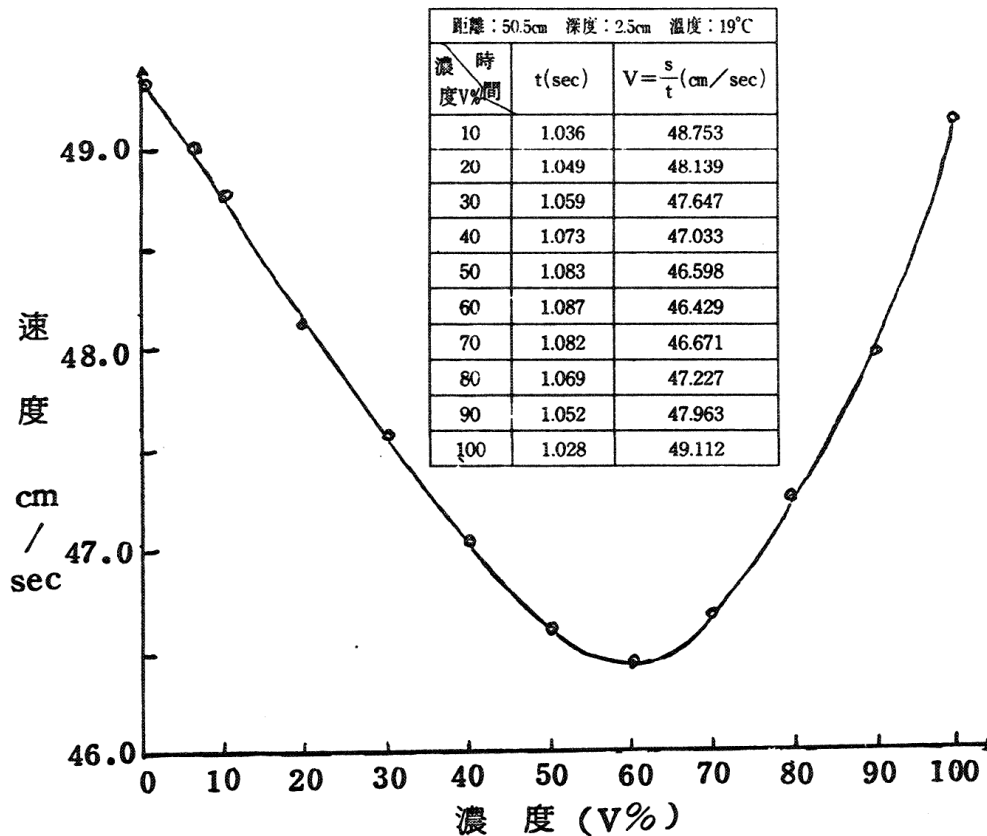
- (1)就實驗所用三種醇類而言，所顯示出之圖形，均是呈凹狀曲線，且波速之變化隨濃度之增加而變小，在 50% 至 60% 間達最小隨後又漸增加。
- (2)綜合三種醇類結果，以純物質而言，甲醇、乙醇的波速均較純水來的小，是因其為揮發性物質，其黏滯係數較水小有關而丙醇較不易揮發，且其黏滯故其波速較純水快。

(3)就分子量大小而言，在相同深度及濃度下，分子愈大者，其波速愈快，即丙醇 > 乙醇 > 甲醇。

(4)綜合醇類的濃度來看，其影響極小，從資料可知，其濃度之影響不超過 $1\text{cm}/\text{sec}$ 。

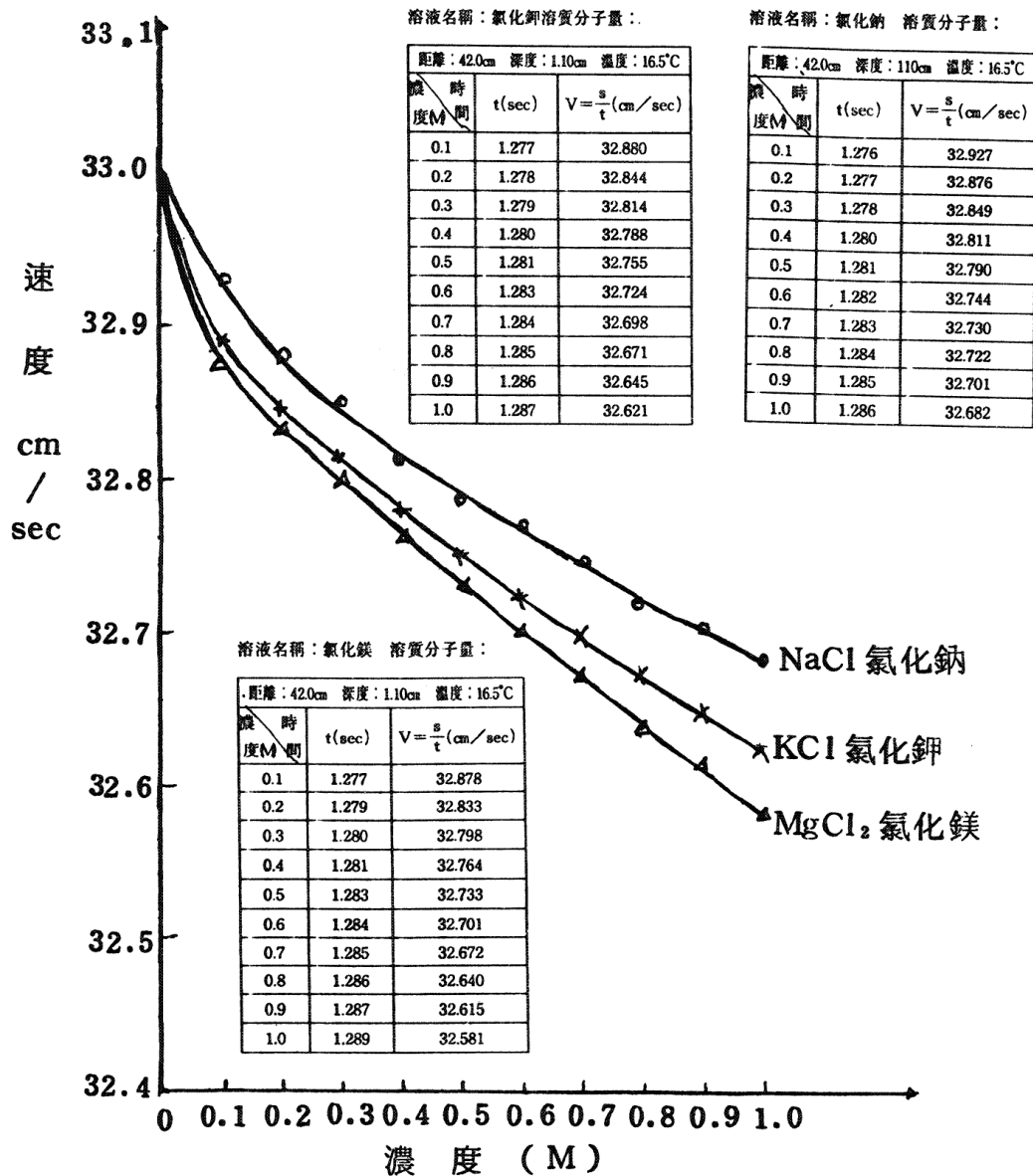


溶液名稱：丙醇 溶質分子量：58



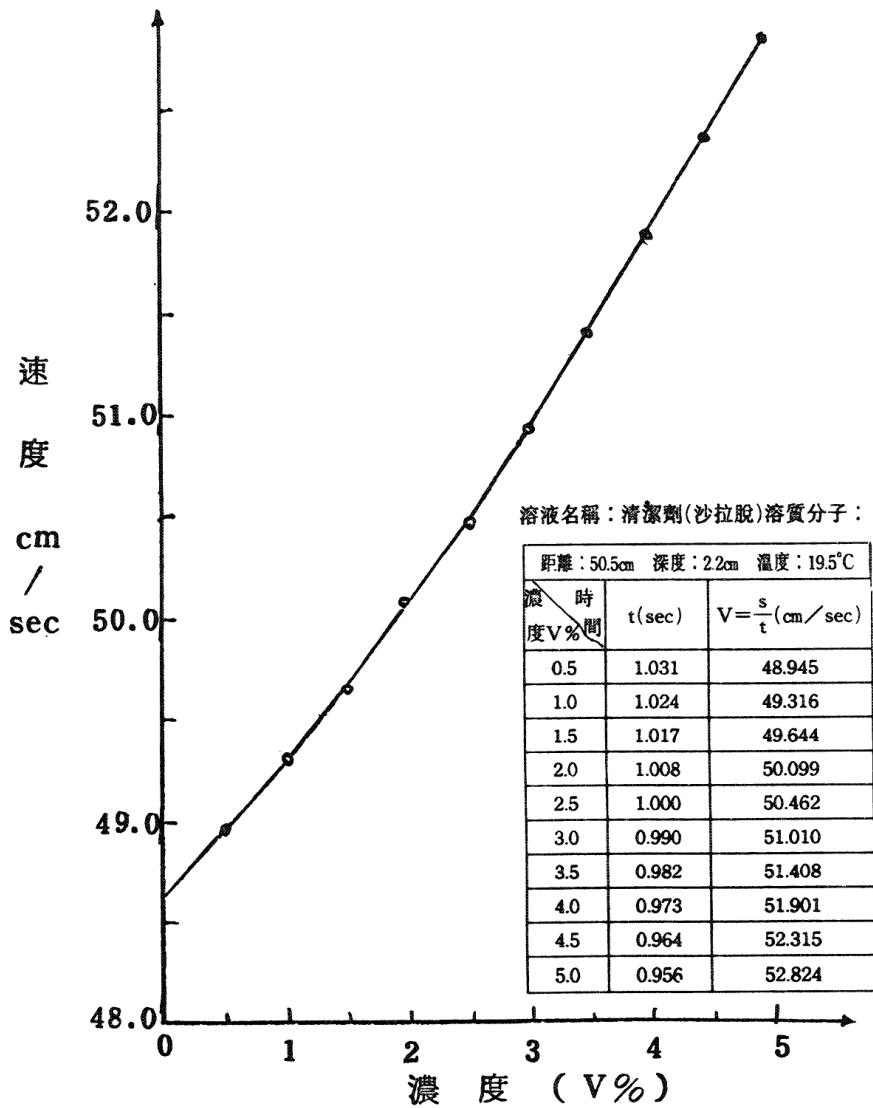
4. 氯化物的影響：

- (1) 從實驗的圖形可看出，氯化物的濃度對波速的影響較醇類來的更小些，但其曲線是呈直線，只在 10% 之間是呈曲線，顯示濃度愈大其波速愈小，成反比關係。
- (2) 氯化物溶於水會使水的表面張力降低，其情形亦如加熱使水的表面張力降低相同，此為鹽類影響波速的最大原因。至於濃度超過 1M 及其他鹽類之情況，則有待再做進一步之實驗探討。
- (3) 就氯化物的分子量大小來分析，在相同情況下，分子量大小者其波速較小，即氯化鎂 < 氯化鉀 < 氯化鈉，至於其原因，則有待進一步探討。



5. 清潔劑的影響：

- (1) 清潔劑濃度雖然很小，但其影響卻很大，其圖形是趨近直線的正比，即濃度愈高，波速愈大，即與鹽類相反。
- (2) 清潔劑溶於水會降低水的表面張力，理應波速降低，但事實相反，其真正原因有待探討。



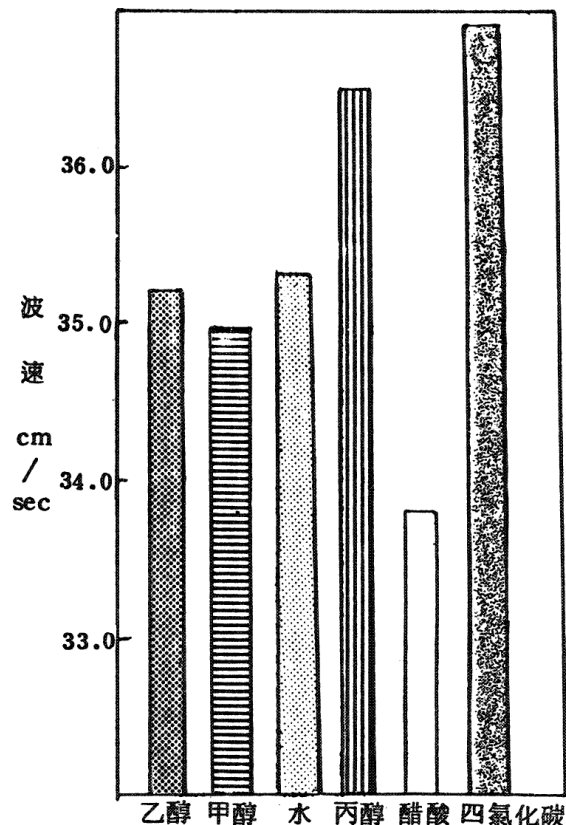
6. 比重及分子量大小的影響：

- (1)就資料而言，分子量愈大其波速並不一定就愈快，但在同一類物質，如醇類，則是分子大，波速就大。
- (2)就比重而言，亦如分子量般，並非比重大就波速快，顯示比重大小與波速無直接關係。
- (3)綜合以上而言，液體之波速與其物理性有關，但波有一定的規則可循。

距離：50.5cm 深度：1.3cm 溫度：18.5°C			分子 量	比 重
物質名稱 \ 時間	t(sec)	$V = \frac{s}{t}$ (cm/sec)		
水	1.415	35.178	18	1.00
甲醇	1.446	34.948	32	
乙醇	1.431	35.290	46	
丙醇	1.384	36.488	60	
醋酸	1.294	33.802	60	1.05
四氯化碳	1.369	36.888	154	

五、結論

1. 一般的液體物質，其純度愈高波速就愈大，若溶有其他物質，則會降低表面張力，使其波速變小。
2. 醇類等具有揮發性的物質，其表面張力較小，其波速亦小。
3. 一般鹽類物質溶於水，其波速之降低較小，而醇類在 50% 至 60% 之間最小，且醇類較鹽類的影響來得大。
4. 溫度升高使得水分子運動增加且零亂，降低了水分子間的吸引力，使得表面張力降低，波速降低，這與聲波相反。
5. 黏滯係數大的物質，其波速較快，如丙醇大於甲醇。
6. 清潔劑溶於水應會降低表面張力，但實驗結果相反。
7. 就液態而言，比重及分子量與波速並無直接關連。
8. 由資料綜合來看，影響水波波速最大的變因是水的深度，其波速 V 與深度 h 的關係為 $V = \sqrt{gh}$ ，同時與物質本身的物理及化學性質有關，故同一物質在不同的狀況下其波速亦會不同。
9. 水波的波速速測量，若以課本的方法測量，只能得大約的數值對於微小的變化則無法測出，而本實驗以電腦來測量，其精確度可達千分之一秒，任何微小變化均可測出，且操作容易，再現性極好，值得在其他實驗上推廣應用。



六、參考資料

- (1)國中理化課本(三)、第十七章，(2)教師手冊，七十六年八月修訂本，P19，
- (3)Lectnres .on physics, by Feynman, Leighton Sauds.

評語

1. 本件作品利用電腦做為測量波速的工具，研究內容涵蓋了溫度、深度、有機物濃度、鹽類、分子量大小及比重大小等，對水波波速的影響考慮週到，內容完整，部分題材頗富創意，所得結果，對教學應有貢獻。
2. 本件作品有關在不同混合溶液中，波速的變化情形，極富價值。但在結論及討論上若能加強對該些圖形做基本性（學理上）的討論及分析，則會更佳。
3. 本件作品有關清潔劑對波速的影響，取樣稍嫌不足，若能增加不同種類的清潔劑，將可增益作品的價值。