

# 波浪與潮汐之探討研究

## 國中學生組地球科學科第一名

雲林縣立土庫國民中學

作者：楊芳玲、張玉禎

指導教師：張武宏



### 一、研究動機

我們為什麼要探討波浪與潮汐呢？開始的時候是因為國中物理課本第三冊，介紹有關波的現象（折射、反射、繞射）引發了我們的興趣，同時學校舉辦南部畢業旅行看到南台灣風光明媚的香蕉灣，海面所產生漣漪的波浪，更增強了對海浪的深一層認識。其次抱着對浪本身的特性，就科學的好奇心所引起的求知慾，促使我們嘗試製作一台波浪槽，藉着簡單的設備和裝置，解決有關波浪與潮汐的問題，以擴展地球科學教學方面的知識領域。

## 二、研究目的

1. 探討波浪是如何產生的？
2. 探討在不同的情況下，波浪運動的軌道是什麼形狀？
3. 探討波浪是在何種情況下，才產生不同的折射，反射和繞射現象。
4. 探討不同種類與大小的海浪，對海灘、防波堤、攔水壩、塞堤碼頭以及其他類似建築物的影響。
5. 瞭解如何才能有效地保證一個港灣，或抑制海沙沿岸漂流？
6. 解決地球科學課程教學上所產生許多實際困難。

## 三、研究內容

1. 藉海邊自然情境探討波浪的特性。

探討一：利用海草的搖擺，研究擺動的波浪。

(1) 材料：海草、海邊。

(2) 方法：

① 在一個晴朗日暖的日子裡，沒有風，水面如鏡。

② 仔細觀察那筆直地生長在水底的海草。

(3) 結果：

當一個波峯接近時，海草上部就迎向波浪，當波峯通過後，海草仍一直指向着它，直到另一個波峯來臨時，海草始轉向新的波浪。

(4) 討論：

① 由海邊觀察海草的搖擺，可以顯示出，當波浪通過時，水分子的運動情形。

② 如將海草的斷枝懸浮於水中，可觀察得到，它即不浮於水面，也不沉於水底，對每一個通過的波浪，緩慢地作垂直的圓周運動。

探討二：利用小樹枝擲向海水中，注視其在水上浮動。

(1) 材料：小樹枝、海邊。

(2)方法：

- ①把一根小樹枝擲向水中，並注視其在水中浮動。
- ②觀察小樹枝和岸邊的一塊岩石相比較，有無任何改變。

(3)結果：

當波浪在樹枝下通過時，小樹枝會一上一下地前後運動，並不隨波浪向岸邊移動。

(4)討論：

- ①由海邊觀測小樹枝在海水上浮動，可知只有波浪是呈運動狀態，水却仍留在原來的位罝。
- ②當每一個波浪通過時，小樹枝和環繞它的水，僅在原位罝做緩慢的圓形擺動中運動而已。
- ③樹枝對每一個通過的波浪，緩慢地作垂直的圓周運動。這就是流體力學的基本原理：物體在水中運動，傾向於被該物體所排出之水的運動，也就是和原先被物體排出之水的運動相同。

2.藉波浪槽深入探討波浪的基本特性。

波浪槽之製備：

(1)材料：

玻璃壁的波浪槽，變速的馬達、鉸鏈接合的槳板、吸排風機、計時器、電磁鐵、銅片。

(2)製作法：

- ①波浪槽是一具長 180 公分，深 40 公分，寬 15 公分以玻璃作壁的水槽。
- ②波浪槽之一端，裝有一具可變速的馬達。
- ③以一根可調整的橫金屬桿，驅動一塊在底部以鉸鏈接合的槳板。
- ④波浪槽之另一端，製作一波浪衝擊的海灘。
- ⑤在水槽的玻璃壁上刻上方格（或貼標尺）的記號。
- ⑥水槽兩端壁均懸掛上二銅片，且與波峯恰好接觸，在水槽上各裝二強弱電磁鐵，分別與銅片連接，連線與電動計時

器相接。

(3)討論：

- ①此波浪槽乃是用以製造一系列永無止靜的典型波列，然後可對其特性進行研究。
- ②在所製造的波浪中，最簡單之形式與最易於從數學上去瞭解者，乃為正弦波。
- ③水槽的一端所裝備的槳板，緊密地插地水槽中，並可沿槽壁滑動；槳板在底部以鉸鏈接合，在頂部以一連桿驅動。
- ④連桿和馬達臂相接之點是可以調整的，於是波浪的高度可予以變化。即距離轉臂愈遠，製造的波浪愈大。
- ⑤模型波浪的週期，係由馬達速度的改變來調整。亦可由電動計時器來測知。
- ⑥在水槽的另一端，為波浪衝擊的海灘，該海灘可以吸收波浪，並可防止混亂的反射作用。
- ⑦運動的槳板，亦可在槳板的後方製造波浪，可在此部份空間內，填以人造蜂窩狀的物質（例如海棉），藉以吸收在局部亂流中所不需要的波浪。

探討一：波浪的基本特性（探討純粹的正弦波）

(1)材料：波浪槽、計時器、銅片、食鹽、硫酸銅。

(2)方法：

- ①於波浪槽中加入鹽類（ $\text{NaCl}$  或  $\text{CuSO}_4$ ）使其密度近於海水。
- ②在波浪槽之兩端吊起二銅片，調整高度，使與波峯相接觸。
- ③在波浪槽之一端裝上一根直線起波器（彈簧繫一銅棒）引起直線波（或由槳板推送）。
- ④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。
- ⑤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。

⑥測完計時器之打點頻率(F)，算出紙帶上點數(N)，則由波A傳到波B之時間(T)為

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

⑦量出AB之長(L)，則波速為

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

⑧改變水深，重覆上述實驗，將所得數據記錄之。

(3)結果：食鹽溶液 ( AB長 L : 150 cm )

水深 h	10	12	14	16	18	20
時間 T	1.38	1.36	1.34	1.32	1.24	1.08
波速 V	104.32	110.43	111.10	117.81	118.73	139.51

水深 h	22	24	26	28	30	cm
時間 T	1.05	1.04	0.92	0.89	0.88	sec
波速 V	140.72	146.05	148.32	154.43	165.08	cm/sec

硫酸銅溶液 ( AB長 L : 150 cm )

水深 h	10	12	14	16	18	20
時間 T	1.39	1.37	1.36	1.34	1.31	1.30
波速 V	106.43	110.73	111.12	118.72	121.68	124.50

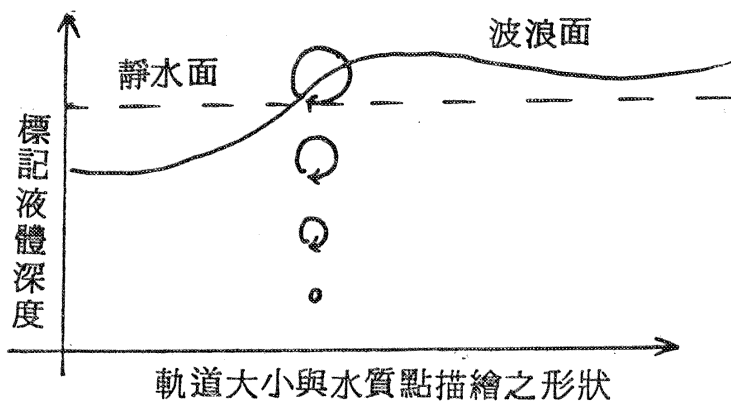
水深 h	22	24	26	28	30	cm
時間 T	1.07	1.04	1.01	0.9	0.9	sec
波速 V	136.44	140.54	144.74	146.51	148.79	cm/sec

(4)討論

- ①在此探討實驗中，改變馬達的速度，就等於改變波浪的週期，也就是槳板拍動一週所需的時間。另法為由計時器之打點頻率 (F) 除紙帶上點數 (N) 求出由波 A 傳到波 B 之時間 (T)。
- ②此項實驗中，我們改變了波浪，同時發現波高並未受到影響，因為槳板拍動的總數並沒有改變。於是我們知道波長決定於波浪的週期，而波高則否。
- ③水槽在理想的情況下，由實驗的資料已證實產生純粹的正弦波。同時我們也發現，波長與週期間的關係，亦即波長等於週期平方的 5.12 倍。
- ④當增加週期，我們立即發現週期為 1 秒的波浪，其波長應為 146.18 公分。此種關係，對於此波浪槽中週期超過 1 秒的波浪，並不能正確的保持。此仍因水深小於波長，則水底的影響，就是以在本質上改變波浪的性質。
- ⑤增加週期所產生的波浪會觸及水槽的底部，並受其影響，因此研究波浪之速度，水深及波長應列入考慮及研究。

探討二：波浪內部個別水分子的運動。

- (1)材料：波浪槽、氧化鋅 ( ZnO )、二甲苯、丁烷基、輕油 ( light oil ) 乳頭吸管、高級汽油、二行程汽油、柴油。
- (2)方法：
  - ①製造密度與水相同之標記液體。取輕油 ( 亦為二甲苯和丁烷基的苯二甲鹽酸 )，以氧化鋅使之漂白與加重，製成油膩的黏液 ( gunk )。
  - ②以一端有橡皮球之長玻璃吸管，吸取黏液，將黏液滴注於水槽中數種深度處。
  - ③此時啓動變速馬達，牽引波浪製造器 ( 槳板 ) 觀測且描畫出，此白色的小質點之運動軌跡。
- (3)結果：



(4)討論：

- ①由於水分子的本身我們不能見到，因此製造油膩的黏液。在水中加入小標記，於是水如何運動，它們就如何運動。
- ②由實驗中我們得知，四個黏液的質點，在不同的深度所描繪的軌道，可明顯地在水槽壁上看到。
- ③在不同深度同一垂直線上之所有質點之軌道，則於同一方向同時描繪圓圈，並且為同向的運動。
- ④水面上質點所描繪的圓形軌道，正好和波高相等。水面下的質點，則描繪一個較小的圓圈。第三個質點（更深水面下）的軌道，不僅更小且稍微暗淡，而最底下（最深水面下）的質點，却在一直線上來回地運動。
- ⑤把一連串的測量結果，綜合歸納，可以得知在深度為波長的 $\frac{1}{9}$ 之水深處，軌道的直徑接近二等分。深度超過波長 $\frac{1}{2}$ 的地方幾乎沒有運動發生。（水質點的運動，幾乎減少到零）。
- ⑥一瞬間後的同一波峯，水質點波浪運動的低限。

探討三：研究傾斜的海灘，使水的質點發生質量遷移的變化。

(1)材料：波浪槽、攝影機、油膩的黏液、乳頭吸管。

(2)方法：

- ①啓動波浪製造器，以每秒鐘1轉的速度產生波浪。
- ②此時手持黏液滴管浸入剛剛破裂的波浪中，並做出一道可

見水滴的痕跡。此時則啓動攝影機。（連續拍攝12張）

③探討攝影機以每秒60閃至500閃的速度變化。

④將洗出影像所得之相片，依一連串水滴的位置變化和水面的痕跡一同描記在一張格子紙上。

(3)結果：

海浪破裂的過程。

①湧在進入淺水水域時突起。

②當抵達水深為波高的1.3倍之水域時破裂。

③海浪重新組成及再度破裂。

④海水朝向海灘前進，成為移動波。

⑤最後，海水衝上了海灘。

(4)討論：

①由實驗我們知道，當每一個波浪通過後，水仍返回其原來的位罝。但當波浪較陡時，水質點的軌道圓圈，與原來的位罝，並不完全吻合。

②水質點係被通過的波形所遷移，其速度較波速要緩慢的多。如此，運動的水質移動軌跡，對小坡度（通過的情況）的波浪而言，是可以不計的。

③在波浪槽中，有我們看不見的小回流，沿着槽底朝相反的方向流動，以補償因波浪而產生的表面遷移。

④水質點在碎浪中的運動，其運動方向、大小與其速度成正比。亦即愈接近碎浪其速度愈快。

3. 藉波浪槽探討風級與海面狀況。

探討一：微波

(1)材料：波浪槽、變速逆風機。

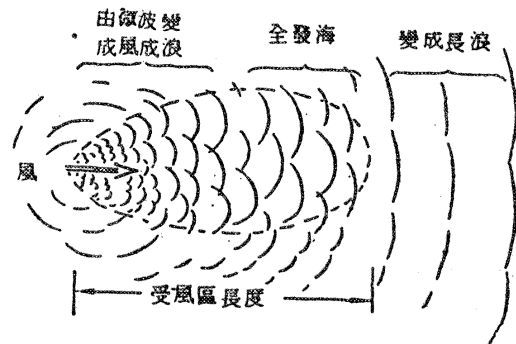
(2)方法：

①調整變速機，使送風機1秒鐘能製造出一個波浪。

(3)結果：



波浪的發展階段（概念的）。圖中以虛線所示者為受風區，係因風而產生波浪之海域。



(4) 討論：

- ① 大多數波浪以及那些對人類最為重要的波浪，都是被風所引起的。
- ② 本實驗藉着機械能所產生的風轉換成傳到水裡之儲藏能，於是小的波浪迅速成長。

探討二：模擬小浪、大浪、長浪（湧）

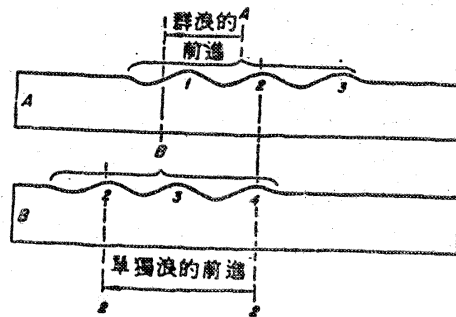
(1) 材料：波浪槽、變速送風機。

(2) 方法：

- ① 調整變速機，使送風機每 4 秒、12 秒、16 秒能製造出一個波浪。
- ② 觀測其形成模擬小浪、大浪、長浪情況。

(3) 結果：

浪群的前進，當浪群的中心自 A 點前進至 B 點時，第一號波浪消失，而第四號波浪在其後方形成，由於第二號與第三號波浪均以正常速度運動，於是整個浪群的速度僅為單獨浪的二分之一。



(4) 結論：

- ① 有三項因素會影響風成浪的大小，它們是①風速②風吹的持續時間③風所吹的範圍（受風區）。
- ② 波浪發生的地區（通常是暴風），在受風區上風端的波浪較小，但是經過一段發展的距離，其週期與波高增加，而終於達到風所能揚起之最大規模。

③當海面因受風而變成長浪時，我們稱海面為發展完全（全發海），此時波浪已從那種速度的風中，吸收其所能吸收的能量。

探討三：油或其他異物在海浪上的效應。

(1)材料：波浪槽、魚肝油、沙拉油、碎塑膠片、桌球。

(2)方法：

①調整送風機，使送風機由最小達最大送風速率。

②將布裝之魚肝油、碎塑膠片、桌球等異物，分別置於波浪槽之一端，探測其對海浪之影響。

(3)結果：

實驗潮	魚肝油	沙拉油	碎塑膠片	桌球	木片	麥管
效應	優	優	可	劣	劣	可

(4)討論：

①由布袋所滲透出來之魚肝油及沙拉油，對於微浪、小浪，所發生抑制之效果良好，但是對於長浪（湧）之效果就差。

②將物質混於水中或浮於水面，亦有減少海浪活動之效應。亦即能減低海浪的高度。

③水的表面張力為油之二倍，但水面摻有油後可使水之表面張力更形增加，因油之作用，可以像是一層有彈性的膜，愈薄愈好，但如果增加風成量，油膜被破壞時，油膜中心，必需再增加更多的油。

#### 4.藉方型水波槽（或圓型槽）探討淺水區的波浪性質。

探討一：反射作用。

(1)材料：圓型小波槽（或波浪槽）。

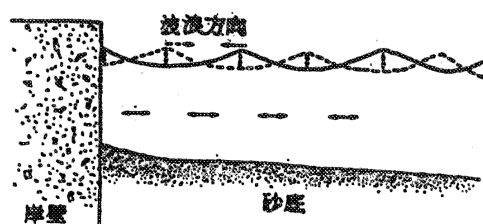
(2)方法：

①取下水波槽壁之海棉。

②由變速馬達製造不同情況之正弦波。

③探討其對垂直壁反射之情形。

(3)結果：



海浪從一近乎垂直的岸壁反射的情形。在海水質點以圖示方向運動的軌道中，可能建立一駐波的模式。

(4)討論：

- ①當一個波浪遭遇波浪槽一端的壁板，它就會反射回來，並損失部份能量。
- ②假如由變速馬達以規則之速率運行，則可產生一規則之週期波列。
- ③由於所形成之波列週期相同，因此前進之波浪及反射回來之波浪，可彼此互相衝擊而緩和。
- ④海岸亦可反射海浪達一顯著的程度，同時當反射的海浪向外海運動時，會和向海岸運動的海浪正面相遭遇，就會造成海水之咆哮，同時有許多水花在混亂中飛舞。

探討二：繞射作用。

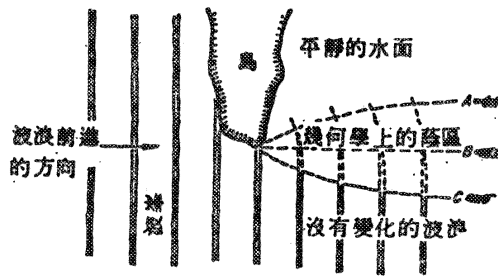
(1)材料：圓型水波槽（或波浪槽）

(2)方法：

- ①離波浪製造器，100公分處設置模擬半島。
- ②啓動波浪製造器，觀測模擬半島對向前行進之波浪影響情形。
- ③在半島後，分置乒乓球探討搖擺情形。

(3)結果：

- ①



海浪繞射圖。當一系列波浪經過一座邊緣徒峻的島嶼時，海浪的能量最初是集中在B與C之間，而在A與C之間展開。

②小船置於A、B、C三區

A 區	B 區	C 區
停止搖擺	搖擺	搖擺厲害

(4)討論：

- ①當一系列規則的波浪經過一層模擬島嶼時，來自B、C之間區域內的部份海浪能量，就沿着波峯流入B、A之間的區域。
- ②波浪在C處為最高，在B處為其最初高度之半，而在A處則為在C處高度的十分之一。
- ③在模擬半島之前端波浪後方（亦即B區）稱為幾何學上的蔭區，因為波浪會造成繞射，故其水域仍非平靜，仍波浪經過島嶼時，其部份能量會從旁邊傳播過去。

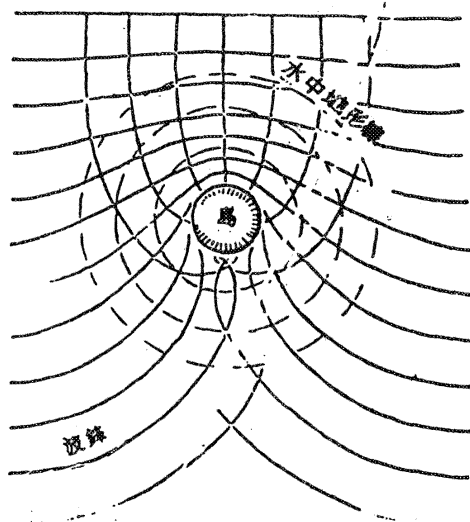
探討三：折射作用

(1)材料：圓型水波槽（或波浪槽）模擬島

(2)方法：

- ①將一模擬海島置於水中央，且距離波浪製造器100公分處。
- ②觀察環繞一圓形小島的波浪，所產生折射現象。

(3)結果：



環繞一圓形小島的海浪所產生的折射現象。（海浪運動的方向係自書頁的上方向下運動）。

(4)討論：

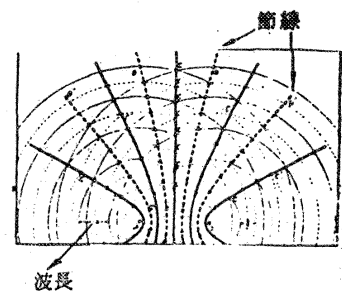
- ① 折射的簡單意義就是彎曲，當海浪進入淺水區時，海底的摩擦就會使波浪緩慢下來。
- ② 每一海浪的近岸部份，係在淺水區進行，其行進的速度必較在深水部份的海浪緩慢。其結果是波峯變成和海岸線平行。
- ③ 水波由深水進入淺水時，入射角大於折射角，折射線偏向法線。
- ④ 波通過直線境界面時，其折射後波形不變，且頻率、週期亦不改變，但其波長、波速、折射角皆會改變。

探討四：干涉作用

(1)材料：水波槽、振動器、強力吹風機。

(2)方法：

- ① 將強力吹風機，接用塑膠導管，將空氣引入至兩出氣孔。
- ② 調整適當距離，吹氣在水面上，使它產生圓形波。



(3)結果：

(4)討論：

- ①本實驗利用送風機，由於吹氣頻率相同，因此產生非常明顯的干涉現象。
- ②兩波相遇時，兩波峯或兩波谷互相重疊處，其振幅度大，振動加強；若波峯與波谷相重疊處，其振幅減少，振動減弱。
- ③如果產生干涉的兩波波長（即頻率）改變，則干涉的情形亦隨之改變。兩波干涉時所生的節點與節點間之距離相差半個波。

5. 探討衝擊產生的波浪

探討一：地震浪（海嘯）

(1)材料：波浪槽、模擬斷層。

(2)方法：

- ①將模擬斷層置於波浪槽之一端。
- ②啓動彈簧，使模擬斷層一部分突然下陷，而另一部份彈性地向上反跳。
- ③探討其形成地震浪之情況。

(3)結果：

(4)討論：

- ①本實驗利用模擬斷層結構的力量，產生地震浪。
- ②地震浪的產生有兩種，第一種就是斷層，由於水下的岩石沿一斜面突然的決裂，致使水下地殼的應力解除。當此種斷層發生時，巨塊的岩石仍迅速下陷，水面爲求恢復平均海平面時，乃產生上下的振盪，並發生一連串的波浪。
- ③第二種作用就是山崩，這是因地震所引起的運動，如果山崩開始於水面之上，於是一大堆岩石猝然間傾倒於海中，波浪乃隨之產生。

探討二：爆炸引起的波浪

(1)材料：波浪槽、鼓氣機、錫箔片。

(2)方法：

①在波浪槽下方裝置一出氣口，啓動鼓氣機。

②出氣口附近置放無數之錫箔片。

(3)結果：

模擬海底火山爆發，引起波浪週期，隨距離之增加而減少。

(4)討論：

①本實驗利用強力噴氣機，置於波浪槽底，用以模擬海底火山爆發的情況，同時以錫箔紙來模擬由火山爆發所噴射出來之岩漿，效果非常好。

②除了海底火山爆發會引起波動外，水底下核子試爆亦可引起地震浪。

探討三：艦船產生的波浪

(1)材料：波浪槽、模擬艦船、細木棒。

(2)方法。

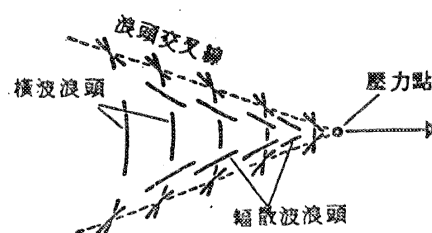
①將模擬艦船置於波浪槽之一端。

②啓動馬達，使此船在水面上行走。

③另法爲取一根細木棒，在平靜的水中垂直地劃動。

(3)結果：

波浪圖形



由一個運動中的壓力點，或一艘小船所產生的愷爾文波浪圖形。

(4)討論：

①一艘船在水面航行，其每一航至少有三種壓力的擾動，這些壓力的擾動會產生許多波列。

②船的移動會產生一特殊波動，由這動波動支持着船，且是非重覆性的，此和普通波浪不同。

③船移動時，會產生兩條低的水堤，一個在船艙之前，一個在船艙之後，和一個在船身中部顯明的低壓所組成。

④船所引起之波浪有三種愷爾文波浪特性：

a 輻散波：為一連串彎曲的浪頭，凹面向外，並以樣狀的位置排列。

b 橫 波：凸面向前，並與運動方向垂直。

c 浪頭交叉線：輻散波和橫波在該處相遇，和運動方向形成一個恒定角。

## 6.水波的描繪及驗波器之製造

(1)材料：波浪槽、軟木塞（其上繫鉛筆）、浮筒、滑車、平衡錘、螺絲、發條。

(2)方法：

①軟木塞驗波器：

a 將軟木塞上端繫結一枝鉛筆，並和水面相垂直的平面上，放置一塊硬紙板。

b 使軟木塞隨着波浪而易降，且其上所繫之鉛筆能描繪出線條長短。

②管狀驗波器：

a 取一直徑 6 公分，長 30 公分的管狀裝置，上下兩端皆空，垂直安置在波浪槽的一端。

b 在管內有一個浮筒，浮筒上繫着一根鋼纜，自管的頂端伸出繞過一個滑車，再繫於一個平衡錘上。

c 在滑車之下有一個發條裝置的機械，保持圖紙作緩慢的移動，安裝在引導螺絲上的一根鉛筆，則附着於圖紙上作記錄之用。

(3)結果：

製作出之軟木塞驗波器及管狀驗波器可以粗略計出波進行情形。（把水位高度描繪在圖紙上）。

(4)討論：

本探討研究軟木驗波器及管狀驗波器之製造，到本報告



書寫中，尚進行研究改良，還有許多技術上之困難留待積極尋求解決。

## 7. 沙的運動

探討一：利用染料、模擬沙的運動。

(1) 材料：波浪槽、波浪製造器、鉻酸鉀、藍墨水。

(2) 方法：

① 啓動波浪製造器，（以直線波浪振盪）。

② 將有機色素染料投置於燧板之前。

③ 觀察波浪帶離染料擴展情況。

(3) 結果：

染料（墨水）呈長帶狀活動。

(4) 討論：

① 本探討利用藍墨水（或鉻酸鉀）在水中移動情況來模擬沙之運動情況。在實驗中可明顯看出染料是呈長帶狀移動。

② 如果波浪槽以馬達轉動，用以模擬地球之偏轉及探討運行中將染料擴散及分佈情況，可得知如逆時針運行，染料東北向擴散，順時針運行，染料西南向擴散。

探討二：利用模擬沙岸

(1) 材料：波浪槽、傾斜模擬沙岸。

(2) 方法：

① 利用波浪製造器以直線波正弦振動。

② 觀察沙在碎浪中運輸情況。

(3) 結果：

當波浪的斜度超過 0.03 時，有沙洲形成，如果波浪的斜度不超過 0.025，則在波浪槽中不會形成沙洲。

(4) 討論：

① 本探討利用波浪製造器以直線上下運動，可發現每一顆沙粒在水中的上升運動，都是因每一次波浪通過時，帶來的擾動所引起的。

② 一顆沙粒的重量非常小，由於它在水中的重量要比在空氣

中輕（在水中的重量等於其所排出水的重量），因此上升時毋需很大的能量。

③由於水的擾動和黏性，因此沙粒下沉的很慢。當沙粒在水中懸浮，或自由落下時，極低速度的波浪就會把它從旁帶走。於是在任何時間裡，每一顆沙粒上升後，都會落在稍微不同的地點。

④波浪釋放能量之速度，以其斜度（steepness）來形容較方便。波浪高等波浪長度之比，通常寫成H/L。

探討三：利用防波堤研究漂沙

(1)材料：波浪槽、波浪製造器、沙、模擬防波堤。

(2)方法：

①利用二條角鋼置於波浪槽中（或用方型軍棋模擬防波堤）。

②以不同角度探討漂沙情況。

(3)結果：

沙在水中翻滾，且不斷往防波堤方向移動，顆粒細的沙沉積在底層，粗沙散佈在起波器及防波堤之間。

(4)討論：

①本探討利用方型波浪槽二條角鋼或方型軍棋，來模擬防波堤，防止漂沙的情形。

②如果我們注視海浪，把它看作一具挖土機，並把海流看作為一條輸送帶，輸送挖土機所掘鬆的物質。且其朝着有點斜（海灘）的方向推送，此為形成堆沙之原因。

## 8. 潮汐

潮汐概念：

(1)潮汐，現在仍視為不可抗拒的巨力，海洋的潮是由地球和月球與太陽之間的引力關係而形成的。且海洋的水對於月球引力，特別富有感應性。

(2)在陰曆的朔望（初一、十五）兩日，太陽和地球幾在一直線上，除月球引力外，復有太陽引力予以加強，即出現最高潮和最低潮。

- (3)地球向月球所引直線，和地球向太陽所引直線適成直角時，則由太陽引起的潮，局部分抵消月球所引起的潮，結果成爲最小潮。
- (4)潮汐也受大洋不同位置自然振動週期的影響。潮浪並非由潮產生的，它們是由地震、火山爆發或海洋中暴風雨發生等所致。
- (5)由潮所引起的海流有平潮流、退潮流和漲潮流。
- (6)在某些海峽，潮常形成強而有力的快速海流，謂之急流，在退潮之際，尤爲特甚。
- (7)當兩種相反方向的潮流相遇時，可形成旋渦。小船進入大旋渦中，可能被其旋流包圍失事。

探討一：海河（大河的入海處）所引起的潮

(1)材料：波浪槽、模擬海堤。

(2)方法：

①於波浪槽之一端置放二片模擬海堤。

②此二片模擬海堤分別以不同夾角（ $20^\circ$ ， $30^\circ$ ， $40^\circ$ ， $50^\circ$ ……）來接受另一端起波器所引起之激浪。

(3)結果：

模擬海堤夾角		$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$
引 潮	效果	優	良	可	劣
	說明	波濤洶湧	洶湧	中浪	微浪

(4)討論：

- ①潮之形成受許多因素影響，其中水域的寬狹和深淺是重要因素之一。
- ②本探討利用模擬海堤，不同夾角受海浪及潮汐之影響，來深入研究，海河爲何較易引起潮之原因。
- ③由實驗得知海灣愈淺愈狹，則潮愈高。
- ④另外易引潮因素爲氣壓的變化，向岸或離岸的強風，沿海的一般形勢等。

探討二：月球（或日）所引起的潮。

(1)材料：波浪槽、模擬月球（強力吸氣機）

(2)方法：

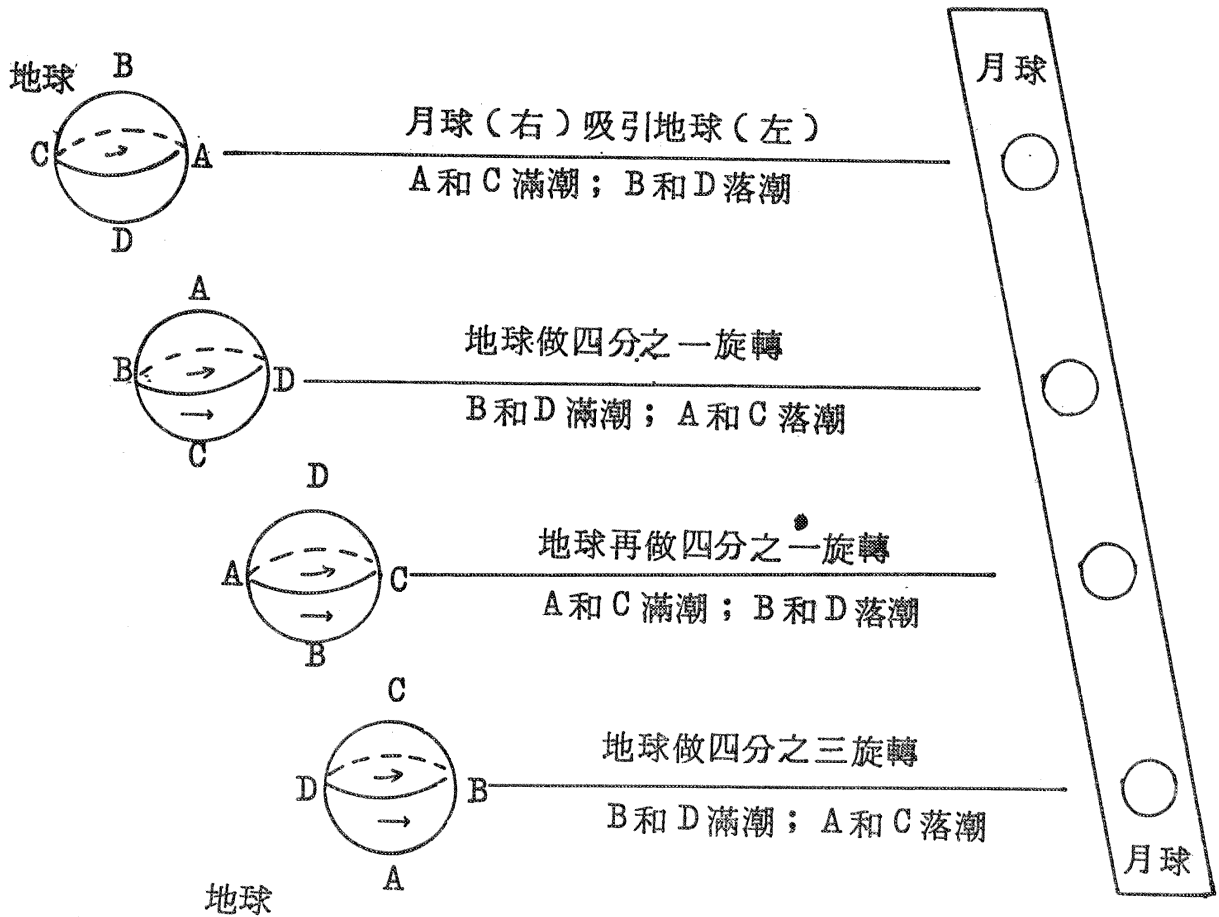
- ①波浪槽上裝置有一強力吸氣機（模擬月球），可在波浪槽上移動（模擬月球旋轉），（其實仍地球旋轉）
- ②由變壓器來控制嗜氣機吸排大小。
- ③啓動波浪起波器。

(3)結果

吸氣機 電流量	20 V      50 V      80 V      110 V
模擬月 球移動	10, 20, 30 ..... 160, 170, 180 公分
潮 變 之 化	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>落潮</span> <div style="text-align: center;"> <p>由左至右引潮漸強 →</p> <p>← 由右至左引潮漸弱</p> </div> <span>滿潮</span> </div>

(4)討論：

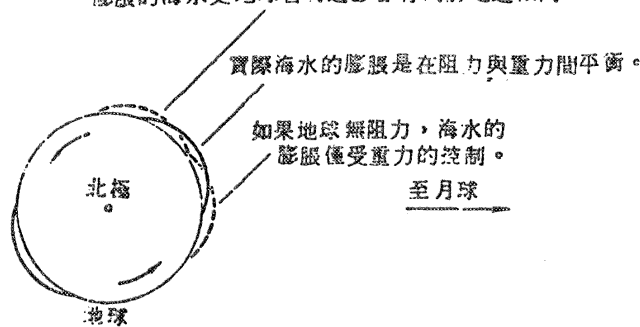
- ①本探討研究月球（或太陽）對於地球的引力關係，而形成海洋的波動。
- ②影響潮汐最大的變因是月球，查太陽的質量比月球大二千八百萬倍，但太陽對於高潮效果，僅為月球的0.46倍，依照牛頓萬有引力定律，數物體間的引力，是和它們質量的乘積成正比，而和它們之間距離的平方成反比。太陽距地球九仟三佰萬哩，而最近鄰的月球距離只有二拾三萬八千哩，月球和地球間的距離之近，抵消了太陽質量之大而有餘。
- ③潮之變化可由下之圖得知：

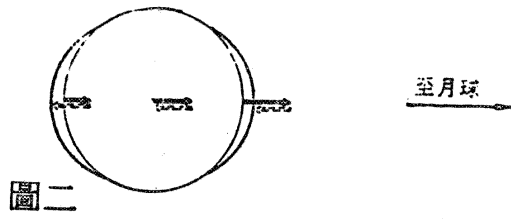


圖一

- ④由上列說明圖中。我們假定地球的表面覆蓋着水，我們也假定，當地球旋轉時，月球仍保持於赤道之上。
- ⑤此探討，以波浪槽演譯地球表面之海洋，其上之強力吸氣機演譯月球。吸氣機之電流量由一座變壓器控制，可演譯月球對地球洋面吸引力之大小。吸氣機可左右自由滑動，且此180公分長之波浪槽，表示地球 $\frac{1}{4}$ 圓周。

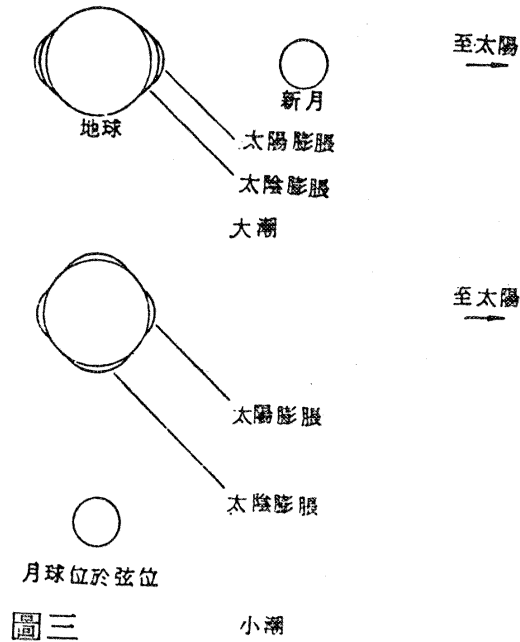
膨脹的海水受地球自轉之影響有向前走之傾向。





圖二

起潮力的圖解說明。



圖三

：大潮與小潮的圖解。

### 探討三：潮和大洋自然振動

(1)材料：圓形盆（或澡盆）、木板（或振動器）、強力吸氣器。

(2)方法：

- ①用振動器（或木板），在圓形盆中央上下振動，探討運動次序。
- ②再將一塊木板橫置在水面的中間，使振動器1秒鐘上下起伏一次，探討其共振方式。
- ③啓動振動器使盆水上下振動，再用強力吸氣機左右移動，探討其間關係。

(3)結果：

表一：盆直徑：1公尺

盆中水深度（公分）	2	4	6	8	10	12公分
波峯個數	3	3	3	2	1	1

表二：利用木塊

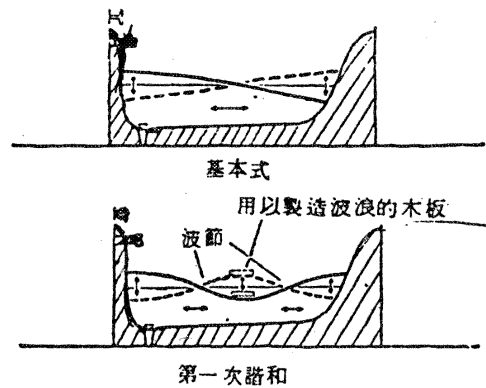
振動時間（秒）	1	2	3	4	5	6	7	8秒
共振方式	<p style="text-align: center;">← 波節漸多</p> <p style="text-align: center;">波節漸少 →</p>							

表三：利用吸氣機

振盪波	波節上	波峯上
強力吸氣機與峯節關係	與水面高度相同	水面作起伏的運動

(4)討論：

- ①本探討驗證潮受大洋不同位置自然振動週期之影響。為證明此等週期的意義起見，假定一個盆中裝滿了水，並使在盆內的水，上下搖動，則水將隨着一定韻律，在盆中動搖，此種韻律



在圖形盆中的振盪波。

全由盆的長度和深度所決定。在盆的一端，完成一次水的向上向下運動所需的時間，即為振動的週期。

- ②當一湖泊或海灣，受到擾動時，水面則會產生長波，當這些長波自對面的一端反射時，就會節奏地來回逛盪，此種波叫振盪波，也稱之港浪或漾。其波長決定該水域之大小與水深。
- ③大洋中含有許多海底盆地，其長度和深度各不相同，各有其自己的振動週期：月球和地球之間的引力以及地球和太陽之間的引力，使在海底盆地之水，在一稱作節的中心點，把水停下來，實際上沒有運動。若潮的週期和海底盆地的自然振動週期相同，則二種振動，互相加強，潮即加強，如二者的波長相異，則可相互對消，潮即變小。

探討四：潮所引起的海流（製造平潮流、退潮流、漲潮流）。

(1)材料：帶自動活門之塑膠板、抽水機（小型）

(2)方法：

①利用二塊塑膠板將波浪槽分隔成三部分（甲、乙、丙三區）。每一塑膠板中間均裝一活動水門。

②將乙區槽中水抽 $\frac{1}{3}$ 量到丙區（模擬外海），甲區（模擬港灣）抽 $\frac{2}{3}$ 到丙區。

③啓開塑膠板中間之活門。

(3)結果：

可由甲、乙、丙三區水位不同，而演譯三種海流：平潮流、退潮流、漲潮流。

(4)討論：

①本探討利用抽水機可以不斷改變甲、乙、丙三區之水位，用以演譯自然界之三種海流。

②高潮時，港內幾滿盛着海水，港入口處的海流，普通是小事而易變，謂之平潮流（slack current）。當水位開始降低，則在港入口處的海流，後沿岸向外流，叫做退潮流（ebb current）開始。退潮在退至高潮和低潮之間的半程左右時，達到它的最大力量，降落的速度最大。

在港內低水位時，海流度為很小而易變，而出現平潮流的狀態。隨着港內的低潮，海水開始流入港內，謂之漲潮流（flood current）。

③漲潮流時，海流力量逐漸加強，直到漲至高潮與低潮中途左右，達到最大強度。漲潮之後，強度漸降，但仍繼續進行，直至一循環完了，而達到高潮時之平潮流。

探討五：潮所引起之漩渦

(1)材料：波浪槽、漩渦器

(2)方法：



- ①於波浪槽之兩端分別裝置漩渦器。
  - ②使兩漩渦器所發生之水流相遇。
- (3)結果。  
形成一股漩渦。
- (4)討論：
- ①本探討，利用工具小型漩渦器，使波浪槽中之水流產生相  
反之活動方向。
  - ②自然界漩渦之產生有兩種方式，其一為兩種相反方向的潮  
流相遇時，可產生漩渦，其二為由於潮流和風力的相反作  
用而形成。

#### 四、討 論

1. 本文討論波浪與潮汐形成之原因，製作一長而窄的波浪槽，用  
以進行波浪的基本特性試驗，以及船模和波浪方向平行運動的  
試驗。作海灘試驗時，研究因波浪作用引起沙的離岸和向岸運  
動。同時藉波浪槽和一些簡單裝置說明，海河、日月。
2. 波浪槽在理想情況下，可產生純粹的正弦波，且波長（ $\lambda$ ）等  
於週期平方的

$$5.12 \text{ 倍 } \left( \lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \right)。$$

式中  $g = 32 \text{ 呎} / \text{秒}^2$ ， $T$  為週期，以秒計，如一個週期為一秒  
的波浪，其波長應為 5.12 呎，且波速（ $V$ ），可由

$$V = \frac{g \lambda}{\sqrt{2\pi}} \text{ 得知。}$$

3. 以氧化鋅使之漂白與加重的輕油，可明白顯示水分子軌道的大  
小與形狀，係因深度之不同而產生變化。水面上分子軌道最大  
，水面下的質點軌道較小，最深水面下的質點，在一直線上來  
回運動。
4. 大多數的波浪以及那些對人類最為重要的波浪，却是被風所引  
起的風成浪。波浪大小可分類成漣波、微波、小浪、中浪、狂

- 浪、猛浪、高浪及巨浪。波浪大小決定於風的強度和持續性。
5. 海洋就是由許多正弦的波列，一層層地疊在上面而成，而且每一層都有其自己特有的波高，波長與方向。這些波列中的波浪和波浪槽中的波浪一樣，都符合正統的定則。
  6. 波浪在水深小於其波長之半的水中進行者，即為淺水浪，因此，淺水浪並不論波浪是否在淺水中行進，而係依流域（ basin ）與波浪間的關係而定。
  7. 不同的海浪接近岸邊和通過淺水水域時，它們會以特殊方式來個反作用。這些反作用包括反射（ reflect ），繞射（ diffract ）與折射（ refract ）。
  8. 潮汐是長週期波浪中一個重要的形式。在所有的海岸邊，那裡的海水都有一種週期性的漲落，此現象，稱之為潮；海水為配合海面的此種垂直運動而作的水平運動，則稱為潮流（ tidal current ）。而兩者合稱為潮汐。
  9. 研究波浪應朝向於發展測量海浪的各種新式儀器與技術。在從「如何」，與「為何」測量方面所作的瞭解及認識，以便看透海浪運動的自然狀態。

## 五、參考文獻

1. 陳琴、陳汝勤著：中山自然科學大辭典（第六冊）第四章 海洋學 台灣商務印書館印行 62 年 12 月。
2. Willard Bascom 著：華定易譯：海洋與海灘 台灣商務印書館發行 64 年 10 月。
3. 賡仁郁譯編：海洋奇觀 台灣商務印書館發行 64 年 10 月。
4. Henry Lepp 著 戚啓勳譯：最新地球科學 自然雜誌社出版 67 年 3 月。
5. B. J. Retallack 著 戚啓勳譯：地球科學（下冊）幼獅書局印行 63 年 3 月。
6. James G. Edinger 著 劉康寰譯：風的觀察 台灣商務印書館發行 59 年 11 月。

7. 聯合國教育科學文化組織 ( UNESCO ) 編 謝力中譯：自然科學教學法 教育部出版 世界書局發行 64 年 10 月。
8. Leonard Engel 著 鐘禮文譯：海洋 紐約時代公司出版。

評語：所製作之波浪潮汐機是有創意可作為教具。作者對製作過程十分清楚。