

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080512

趕上潮流

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者：	指導老師：
小六 李岱柔	彭士峯
小六 蔡旻崑	童進昌
小六 蔣羽崑	
小六 徐詩蘋	
小六 毛柏元	
小六 王道信	

關鍵詞：潮汐

趕上潮流

摘要

因著對潮汐的好奇，我們透過到海邊的實際觀察，請老師幫我們申請外埔、淡水、東港及花蓮等潮位站的海象資料來進行數據分析，最後根據研究時的推論設計實驗，加以驗證。研究結果發現：

- 一、剛開始退潮時的前三小時，海水水位下降速度會越來越快。
- 二、海水水位會在地球背月處鼓起的可能原因為地球自轉產生的離心力、月對地與對海水的引力不同、及地月繞共同質心旋轉時產生的離心力。
- 三、一天中的海水水位，以月過中天的時刻較高。
- 四、農曆初一、十五附近，滿潮水位比較高。
- 五、在外埔地區，農曆日期(x)與滿潮時刻(y)的關係可用方程式 $y=0.8404x-2.4759$ 表示。
- 六、不同的海岸地形會使得水位產生高低不同的變化。

壹、研究動機

每年到了夏天，總是會有許多遊客到海邊嬉戲，但人們往往會在玩耍時，忽略了海水的漲退潮時間，而釀成不幸。到底是什麼使海水擁有這樣「來去自如」的力量？海水漲退潮時間可以預知嗎？於是，在老師的指導下，我們便開始進行有關潮汐的研究。

教材相關單元：六上自然與生活科技。第一單元。天氣的變化。

貳、研究目的

- 一、探究海水漲退潮的速度及週期變化情形。
- 二、探究海水水位會在地球背月處鼓起的可能原因。
- 三、探究一天中海水的漲潮水位與月亮在天空中的位置的關係。
- 四、探究一天中海水的滿潮水位及時刻與農曆日期的關係。
- 五、探究海岸地形對海水水位的影響。

參、研究設備與器材

竹竿、彩色膠帶、切割墊、油土(黑色、白色)、鐵桿、寶特瓶、童軍繩、藍色食用色素、螺帽、培養皿、透明圓柱體容器、膠水、硼砂、電扇、橡皮筋、圓形底座、鐵架、定滑輪、彈簧秤、水道、水族箱、塑膠尺、塑膠瓦楞板、攝影機、公升盒。

肆、研究過程與結果

探究一：海水的漲退潮速度。

方法：利用暑假到彰濱工業區的海岸邊，測量海水在漲退潮時的水位變化。

- 1.事先到中央氣象局網站查出當天海水滿潮的時間，並於滿潮時間前後 2 小時進行實際觀測。
- 2.實測開始時，先將竹竿固定於海岸邊的定點位置，並用彩色防水膠帶(紅色代表漲潮、黃色代表退潮。)標示出當時的海水水位。
- 3.每隔 20 分鐘，再以彩色防水膠帶於竹竿上標示當時的海水水位。
- 4.量出每個時段中，彩色膠帶的間隔距離，並換算成時速(cm/h)分析。

結果：如表一。

表一：海水的漲退潮速度實測紀錄表

7月18日	9:50	10:10	10:30
速度 (cm/h)	起測點	14.7	10.5

7月19日	10:30	10:50	11:10	11:30	11:50	12:10	12:30	12:50
速度 (cm/h)	起測點	68.8	68.0	-34.5	-34.5	-46.5	-52.5	-57.0

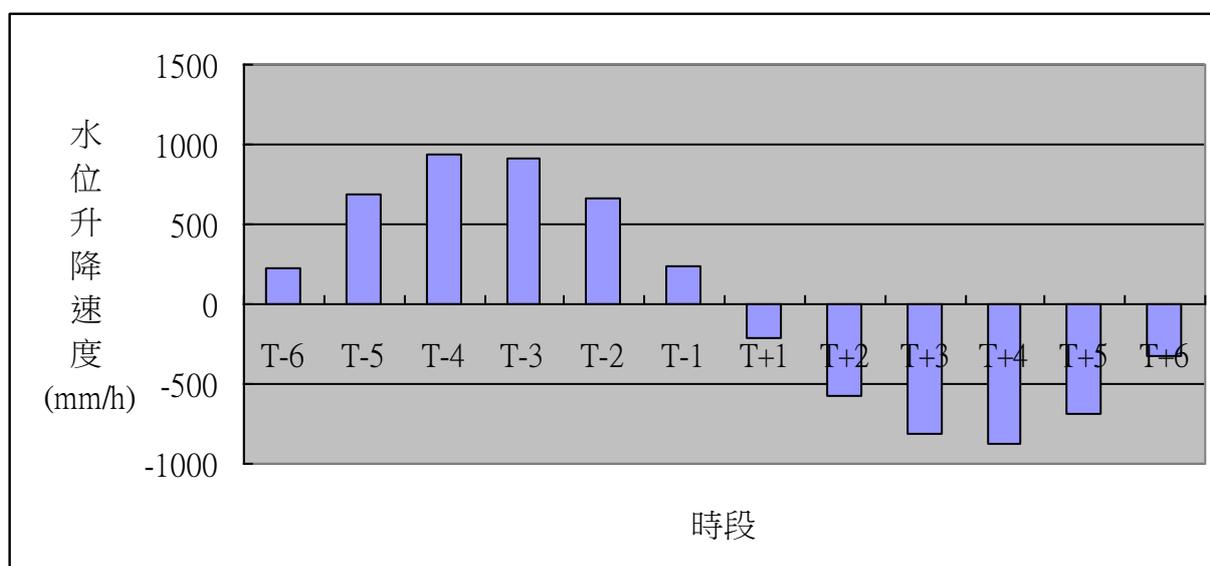
7月20日	11:50	12:10	12:30	12:50	1:10	1:30
速度 (cm/h)	起測點	12.9	-45.0	-46.5	-55.5	-61.5

- 發現：1.海水漲退潮的水位升降的速度並不一致，由觀測數據發現，較慢的時候每小時只有 10 公分左右的升降，快的時候則約 70 公分的升降，升降的速度差了 7 倍之多。
- 2.剛開始退潮時的海水面下降速度有越來越快的趨勢。



討論：1.實測時發現當地漲潮的時間與中央氣象局所預報的有出入，所以，漲潮實測的數據相對較少。

2.為了確認退潮時的海水面下降速度是否有越來越快的趨勢，我們再以中央氣象局的潮汐資料做驗證，並分析漲潮時的速度變化。因為考慮區域性與資料取得的方便性，我們選用外埔潮位測站 2012 年 1 月－2012 年 6 月的實測資料做為分析的數據來源(先行扣除因颱風可能造成暴潮的資料，後續研究也先作此處理)，找出每天整點時刻最高水位的前後 6 小時資料來分析漲退潮時速度的變化。結果如圖一，圖中 T 代表滿潮的時刻，T-1 為滿潮前一個小時的時間，以此類推。由圖中發現開始漲潮時的前三個小時海水水位上升的速度會越來越快，接下來的三個小時到滿潮時，水位上升的速度卻越來越慢；開始退潮時的前三個小時水位下降速度越來越快，接著的三個小時到乾潮時，水位下降的速度卻是越來越慢。



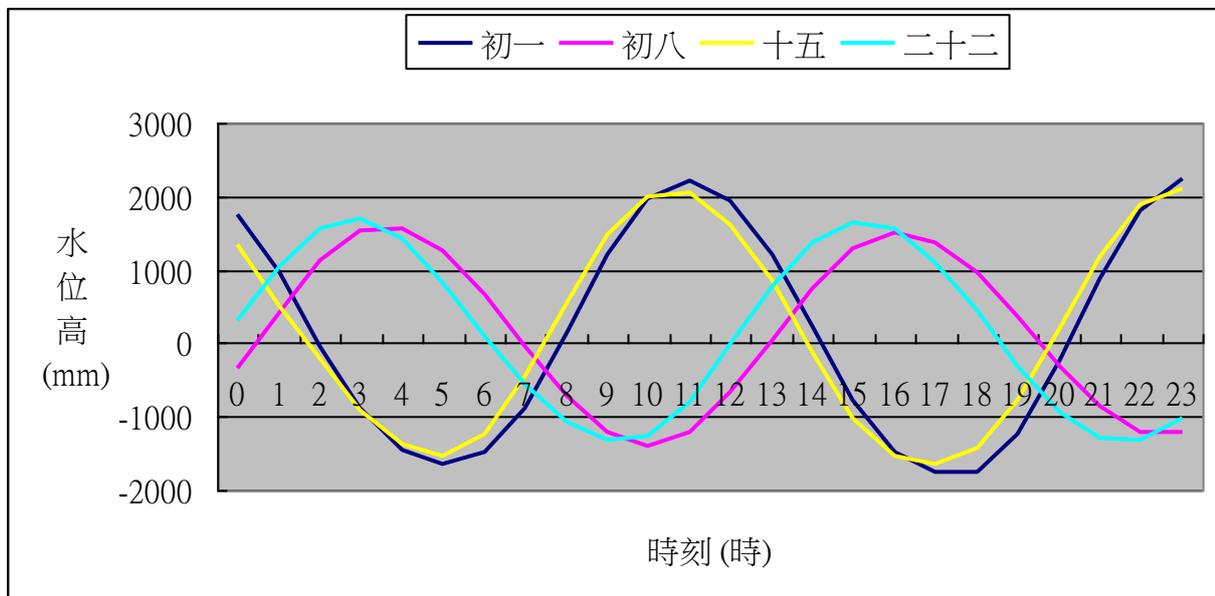
圖一：滿潮前後 6 小時水位升降速度的變化情形

3.本來由海邊測量的結果，以為退潮時的速度會越來越快直到乾潮為止，但經過外埔潮位站的資料分析後，才發現只對了一半。因為我們實測的時間是在剛開始退潮後的前三個小時內，因此，才會覺得海水水位下降的速度會越來越快，而忽略了後面三個小時一直到乾潮的水位速度變化。

探究二：一天中海水的漲退潮週期。

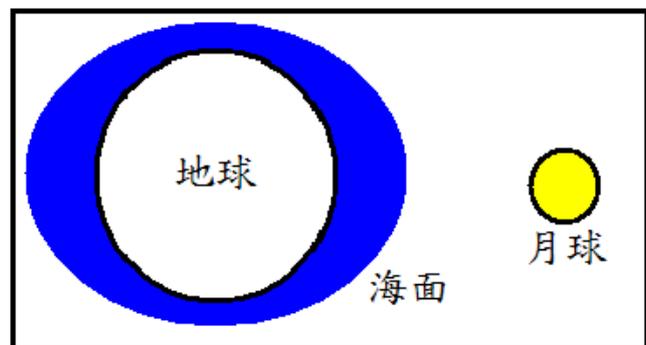
方法：我們以外埔 2009 年 1 月－ 2011 年 12 月的三年潮汐資料，分別將初一、初八、十五、二十二逐時潮位資料加以平均，做成圖表分析。

結果：如圖二。



圖二：一天中海水的水位變化情形

- 發現：
- 1.一天之中會有兩次的週期變化。
 - 2.同一天中兩次滿潮或乾潮的水位差不多高。
 - 3.兩個滿潮或乾潮的時間間隔各約為 12 個小時。

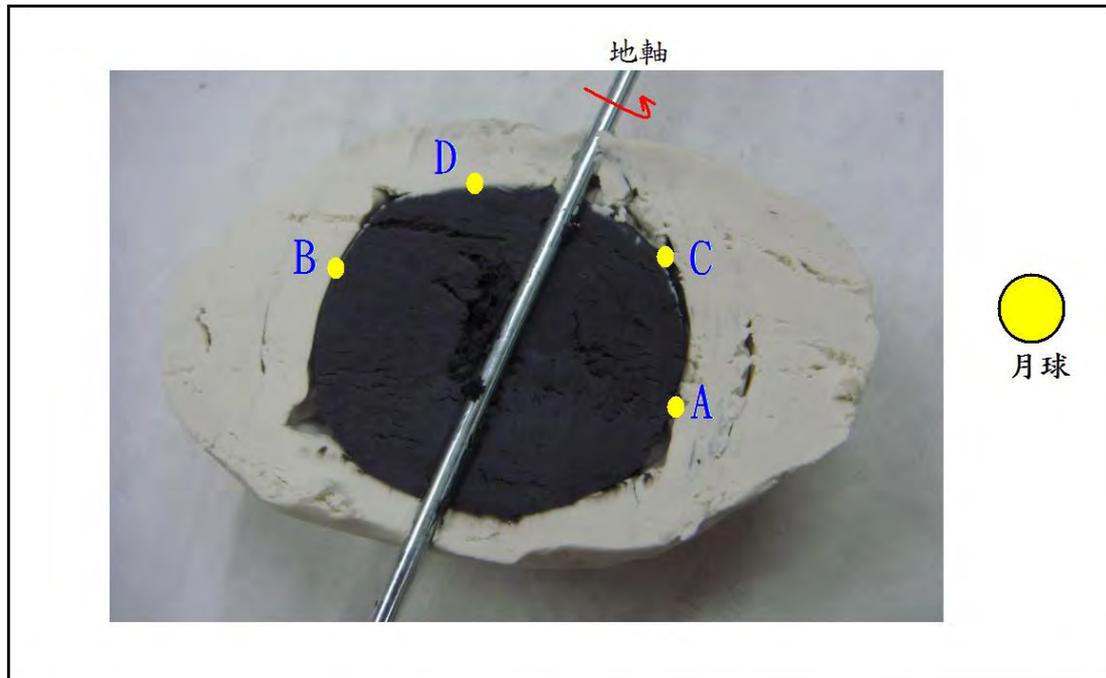


討論：1.由資料研讀中，我們知道一天中有兩次的潮汐週期變化稱為半日潮、一天之中只有一次的週期變化稱為全日潮、而介於兩者之間的稱為混合潮。可是同樣是在地球上，同樣受到月球的影響，為什麼會有不一樣的變化？因此，我們嘗試以模擬一，模擬地球和月亮之相對位置與水體的變化來找出答案。

- 2.一天海水會有兩次的漲退，在地球上的海水分佈如上圖，其中一面面向月球，我們不難理解水位會受到月球引力的影響而較高，但是另外背向月球的那面為什麼不是受到月球的引力影響而變得比較低呢？因此我們深入去找出背向月亮那一面海水鼓起可能的原因。從收集的資料中，共統整出三個可以解釋這個現象的理由，並以模擬二、三、四的方式來驗證這個問題。

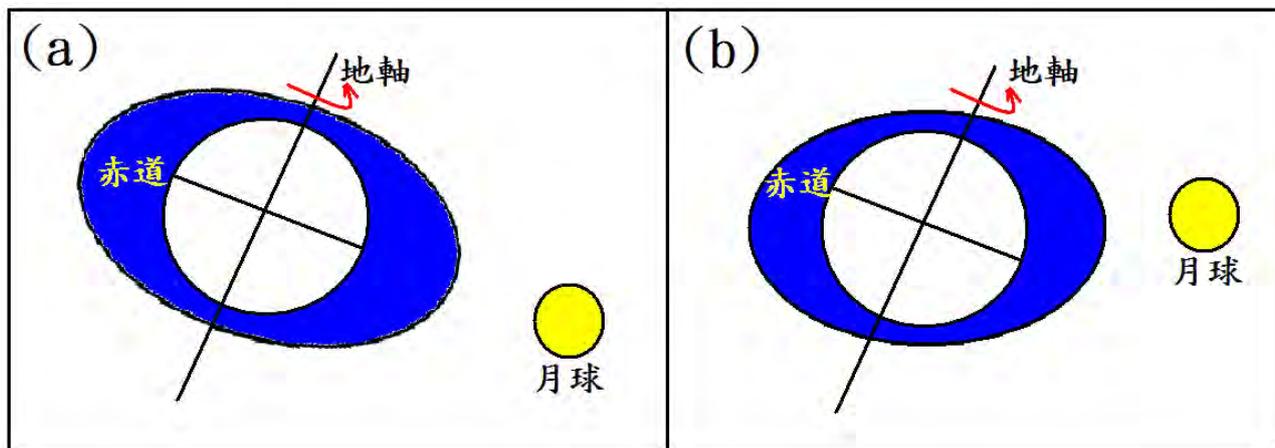
模擬一：全日潮、半日潮模型分析。

- 方法：1.使用黑色油土揉成球體來代表地球，並將鐵棒穿過球體的接近中央的部份，用以代表地球的地軸。
- 2.將白色油土覆蓋在黑色球體外，並捏成橄欖球形狀，代表凸起的海洋。
- 3.沿著地軸將模型切成兩半觀察模型剖面的海水分佈的情形。



- 發現：1.當人位在 C 面對月球的位置時，此時的水位呈現滿潮的現象，而當地球轉至背向月球的 D 位置時，此時的水位也是呈現滿潮的現象，但是在 C 位置時所觀察到的水位的高度相對比 D 位置時來的高很多，因此，感覺上 D 的漲潮沒這麼明顯，所以會認為一天內只有一次的滿潮也就是全日潮。
- 2.當人位在 A 面對月球的位置時，此時的水位呈現滿潮的現象，而當地球轉至背向月球的 B 位置時，此時的水位也是呈現滿潮的現象，但是在 A 位置時所觀察到的水位的高度跟 B 位置的水位差不多，因此，感覺上在 A 和 B 兩個位置上都有滿潮的現象，所以會認為一天內有兩次的滿潮也就是半日潮。

討論：1.在模型中，海水並未依實際比例製作，而是將水體刻意放大，目的是為了方便觀察。
 2.本模型是假設地球是圓形的且水體是均勻的分布，並且僅考慮到月球引力所造成的影響，並不考慮太陽及地形、天氣等因素。至於，未將海水的兩端凸起的水體位置置於赤道面上，如下圖(a)，主要是因為考慮到月球繞地球旋轉的軌道面，並不一定與地球的赤道面相同。否則，如下圖(a)則各地能看到的以半日潮居多；因為月球的軌道面與赤道面多數時候並不重疊，所以會有像圖(b)的情形出現，使得地球上會有全日潮與半日潮的現象產生。



探究三：海水的水位會在背月處鼓起的原因。

模擬二：模擬離心力對於漲潮潮位的影響。

想法：除了受到月球引力之外，地球本身自轉的力量也會產生離心力將水體拋向外面而造成海面鼓起，使沒有面向月球那邊的海面也會鼓起。

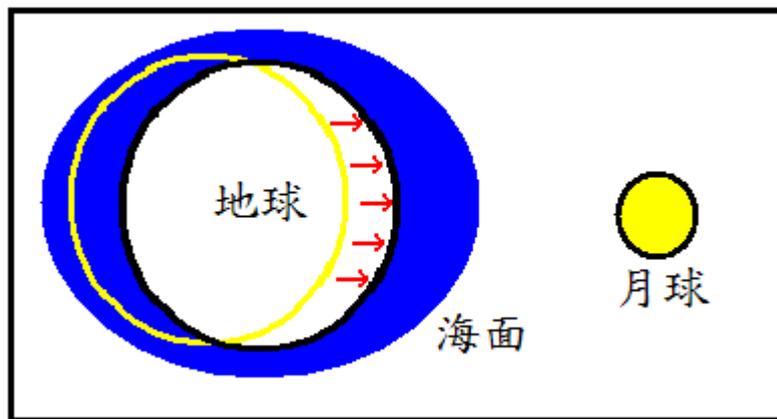
方法：透明的寶特瓶裝入染成藍色的水，將繩子綁住寶特瓶，手拿繩子以手為圓心將寶特瓶甩動，使寶特瓶作圓形的運動，觀察瓶子內水分佈的情形。

發現：寶特瓶內的水會因為旋轉被甩到寶特瓶的底部，代表在作旋轉時，會有一個力量將水往外甩，表示地球因為自轉產生的離心力確實會將水體拋向外面而造成海面鼓起。



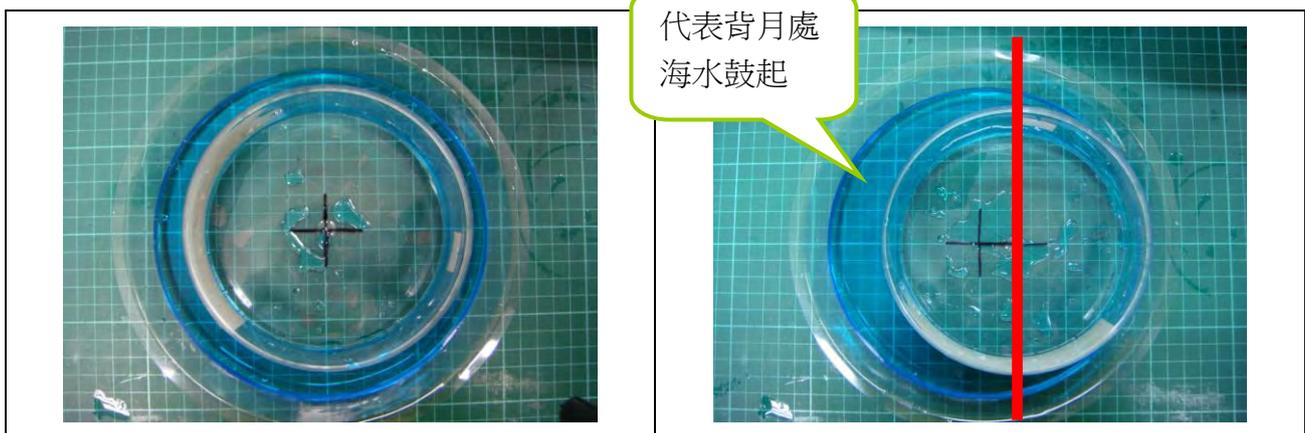
模擬三：模擬月球的引力對於漲潮潮位的影響。

想法：由於引力會隨著距離而遞減，因此，向月面的海水受到月球引力較大而使海水面鼓起，而背月面的海水所受的引力較小，此時，地球也受到月球的引力而向月球移動些許距離，如下圖中，地球由原來黃色的位置移動到了黑色的位置，雖然背月面的海水也會受到月球的引力而向月球移動，但是因為距離較遠，使得背月面的海水移動的幅度比地球少，因而造成海面鼓起的現象。



方法：1.將培養皿放在一個空心的透明圓柱體中，並將這個裝置放在具有刻度的切割墊上。
2.在培養皿的外圍注入染成藍色的水。
3.將培養皿水平移動 3 公分，再將透明圓柱體沿同方向移動 1 公分，觀察培養皿與水所形成的形狀。

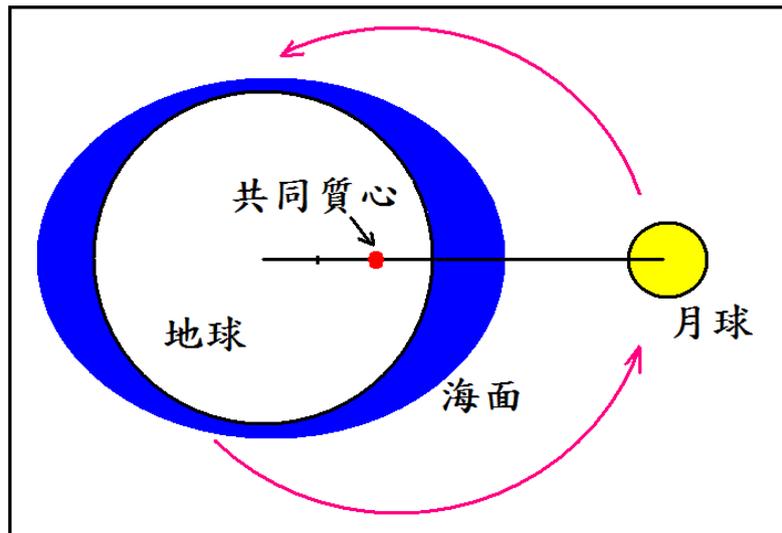
發現：水在培養皿的外圍，由圓形變成類似橢圓形的形狀。



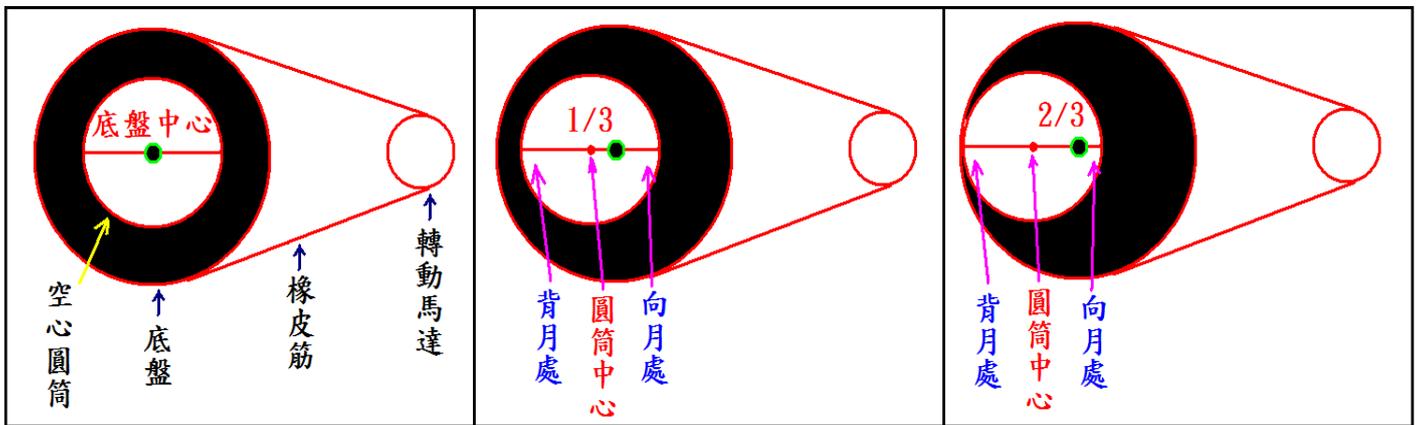
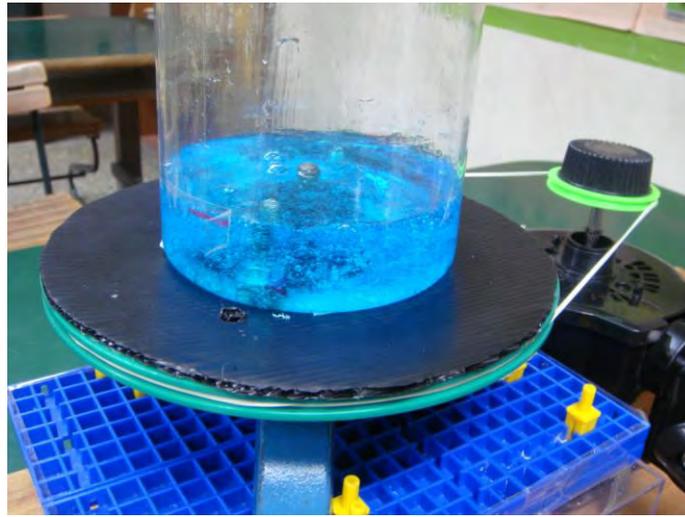
討論：模擬中，以培養皿代替地球，與外圍的空心圓柱體中間的空間填充藍色的水代替海洋，培養皿移動 3 公分代表地球受到月球引力而移動，但是背月處的海水因為受到月球引力較小的緣故，所以我們讓外圍空心圓柱移動得比較少，只移動 1 公分，由模擬發現，背月處的海水的確會有鼓起的現象。

模擬四：模擬共同質心漲潮。

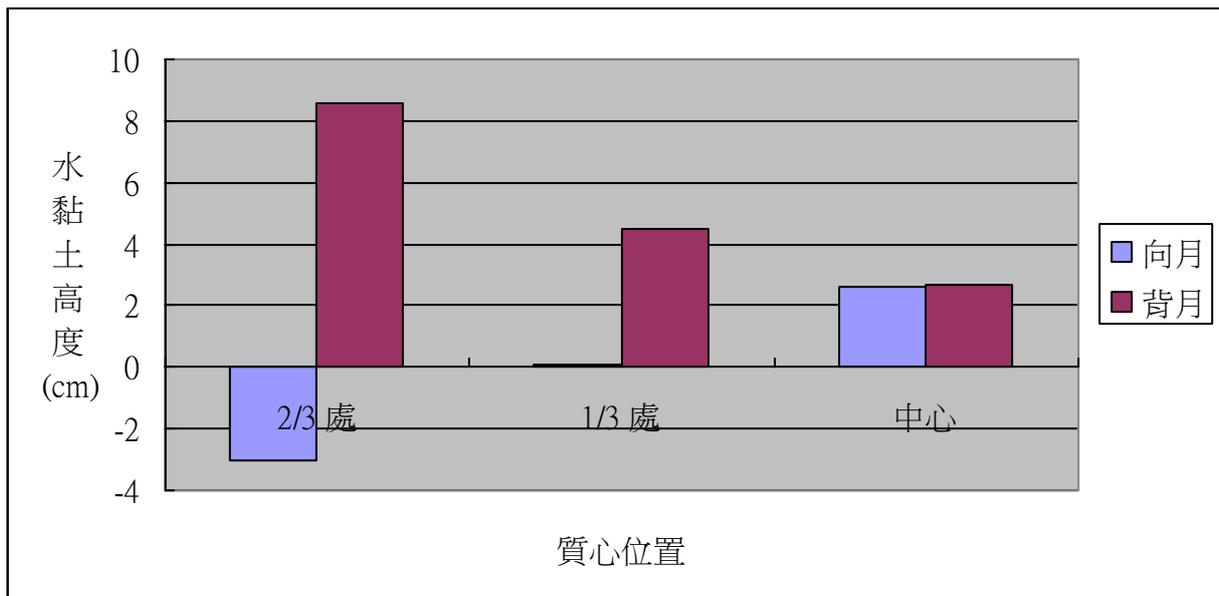
想法：除了我們熟悉的地球繞著太陽公轉，且月球以地球為中心在公轉，以及地球和月球都會自轉外，另一種想法，是將月球與地球互繞後，將兩球互繞的情況看成一個系統，也就是地球和月球被視為一個互繞的系統，再以地球和月球的共同質心繞著太陽做運行，由於將地球和月球視成一個系統，而共同質心位於地球與月球的中心連線上，並距離地球中心約地球半徑的三分之二的地方(如下圖所示)，在這樣的互繞下，背月處的海水，受到旋轉時產生的離心力而向外讓海水鼓起。



- 方法：1.將 100ml 的膠水與 180ml 的水混合均勻成為膠水溶液，加入 3 滴的藍色食用色素備用。
2.調製 80ml 的飽和硼酸鈉的水溶液。
3.將硼酸鈉水溶液緩緩加入膠水水溶液中並均勻攪拌，直到溶液慢慢呈現膠狀的水黏土為止，用玻棒將變成膠體的水黏土取出備用。
4.取三個相同的透明圓柱體，分別在底部的中心(A 筒)、及距離中心 1/3(B 筒)、2/3(C 筒)的地方鑽孔。
5.先將 A 筒放在共同質心旋轉模擬器(如圖)上，並將水黏土倒入 A 筒中。等待水黏土表面呈現水平後，以白板筆標示出起始點的記號。
6.啟動共同質心模擬器的開關，轉動 10 秒後停止，並立即以白板筆劃出水黏土的最高位置。
7.測量水黏土最高位置與起始點位置的高度差並記錄，重複三次後加以平均。
8.重複 5 到 7 的步驟，並依序換上 B 筒、C 筒。



結果：如圖三。



圖三：模擬共同質心旋轉水黏土高度差（單位：cm）

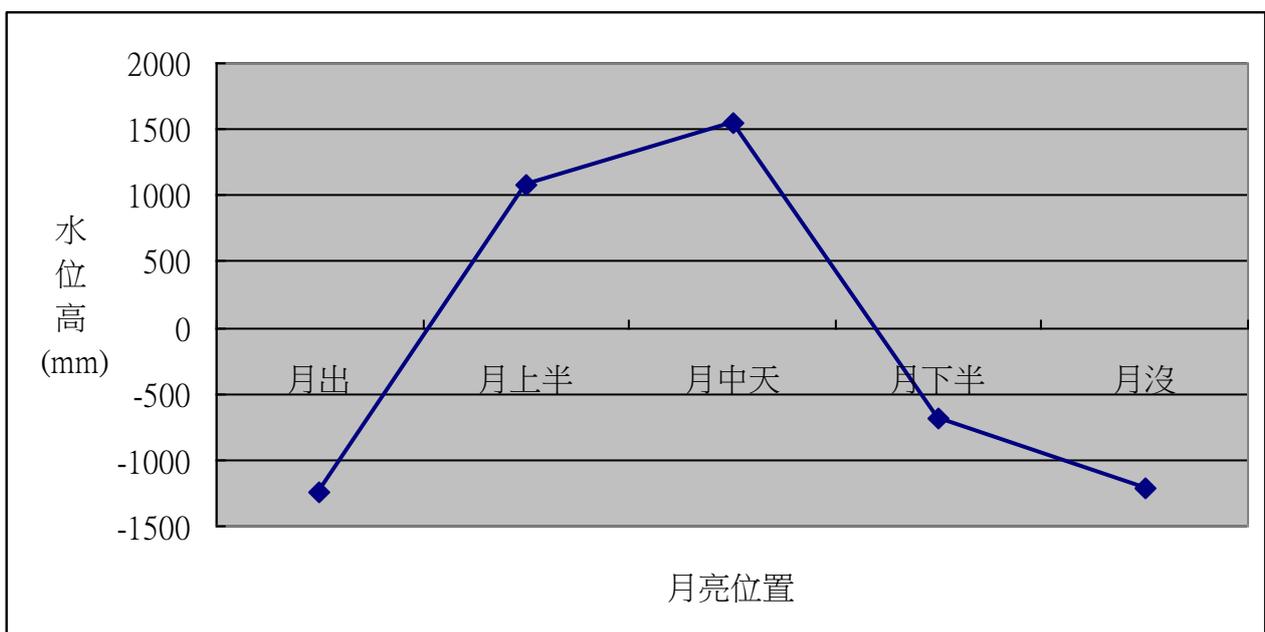
- 發現：
- 1.質心位置在中心時，向月及背月處的水黏土高度差不多，但也顯示水黏土會因為旋轉的離心力而被拋出，而使水黏土在圓柱空筒的內壁上的高度增加了。
 - 2.質心位置在 1/3 的地方時，背月處水黏土的高度差變得比向月處的多，代表背月處所受到的離心力比質心位置位在中心時來得大。
 - 3.質心位置在 2/3 的地方時，向月處的水黏土不但沒有增加高度，反而比起點線來得低，而在背月處水黏土的高度差是最高的，代表背月處所受到的離心力最大。

- 討論：
- 1.模擬中以水黏土代替水，因為水在轉動停止時，無法馬上找到水面的高度，而水黏土具有像水一樣會流動的性質，但是流動的速度比較緩慢，因此，模擬器停止時就能夠馬上找到水面的最高點。
 - 2.實驗中需要模擬地球繞共同質心轉動，但是以手來轉動，不但會忽快忽慢，而且力量也不均勻，所以想到用馬達來代替，起初我們使用玩具馬達來帶動整個裝置，但力量根本不夠轉動模擬器，後來慢慢換不同大小的馬達來嘗試，終在換上電扇的馬達時，透過橡皮筋的傳動而使模擬器轉動，而且此時的轉動也不會因為太快而造成危險或使模擬器上的物品飛離。
 - 3.模擬中，我們把透明圓柱當成是地球，而鑽孔的位置架在機器上時，剛好是旋轉的中心，也代表共同質心，為了確定共同質心位置的改變，對於背月處的海水是否有影響，所以我們在透明圓柱底部的中心、1/3、2/3 的地方鑽洞，再裝到模擬器上，藉以研究不同共同質心的位置所造成的影響。
 - 4.由模擬結果能夠看出在背月處水黏土的高度差，以共同質心在 2/3 時最大，1/3 處次之，中心則最小，這說明了當共同質心位置越偏向月球時，背月處的海水所受的離心力越大，使得海水鼓起的情形越明顯。也就是說，在地球和月球以共同質心為圓心互繞的情形下，背向月球的海水面，會因受到旋轉時產生的離心力而向外讓海水鼓起。
 - 5.由以上的各項模擬可以得知，在背月處的海水面確實有可能會因上述的原因而有鼓起的現象，而且這些原因大多都與月亮有關係，可是月亮在天空中出現的時間與位置並不固定，那月亮出現的位置是否跟海水水位有關係呢？

探究四：一天中海水的漲退潮水位與月亮位置的關係。

- 方法：1.以外埔三年的海象資料，配合中央氣象局提供的月出月沒及中天的時刻表，並用 EXCEL 找出月出時刻與月過中天時刻的中間時刻，標示為「月上半」時刻，月過中天時刻與月沒時刻的中間時刻，標示為「月下半」時刻。
- 2.分別找出對應日期一天中的月出、月上半、月中天、月下半、月沒時刻的水位高。
- 3.將上述的水位高，再分別依月出、月上半、月中天、月下半、月沒的時刻加以平均，並作成圖表分析。

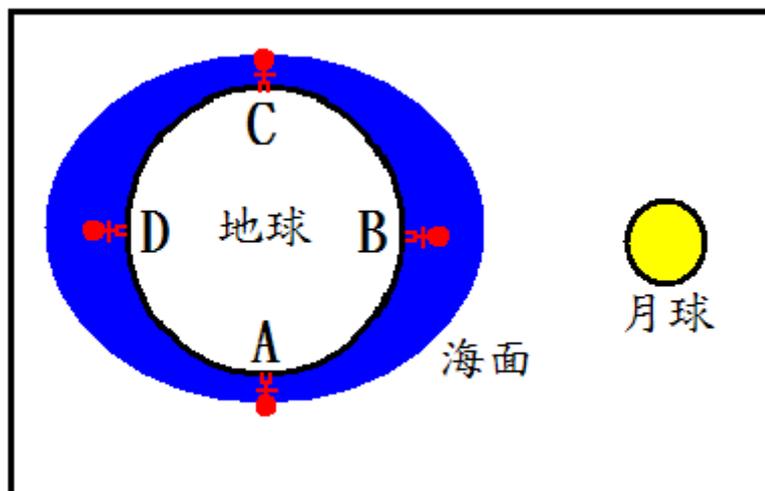
結果：如圖四。



圖四：一天中月亮在天空的位置與海水水位的關係

- 發現：1.一天中的水位高，以月過中天的時刻最高。
- 2.一天中的水位高，以月出及月沒時刻較低。

討論：1.一天中的水位高，為什麼以月過中天的時刻最高？而月出、月沒的時刻較低呢？我們以下圖來做說明，當人位在 A 點時，此時月球恰從東邊升起，是月出的時刻，由海水面可以看出這時的水位較低。當人位在 B 點時，月球剛好位在人的正頭頂的中天位置，由海水面可以看出是水位較高的時候。而當人位在 C 點時，月球恰從西邊落下，是月沒的時刻，由海水面可以看出也是水位較低的時候，至於人在 D 點的時候，看不到月亮而是位在背月的海水面，從前面的討論可以得知此時的水面較高。

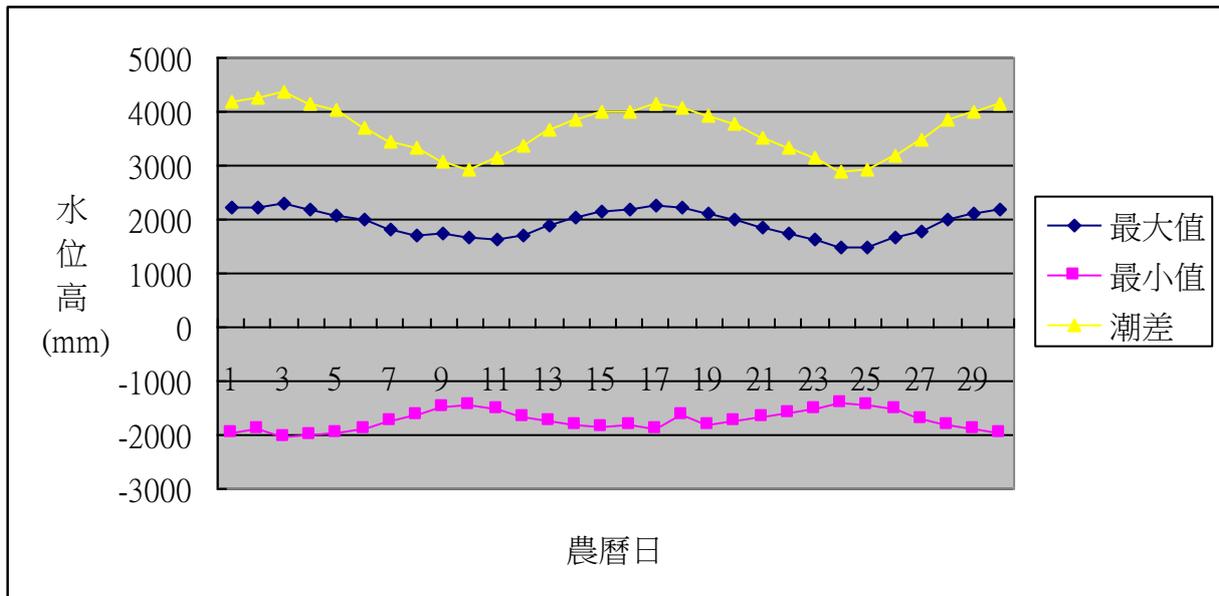


2.既然海水的漲落和月亮在天空的位置有很大的關係，而月亮在天空中位置的變化除了因為地球自轉有所改變外，與地球和月球的相對位置也有關係，而地球和月球的相對的位置可以農曆日期來對應，因此，在月亮位置與海水水位的討論上，除了月亮出現的時刻外，我們再以農曆日期來討論海水水位的漲落和它的關係。

探究五：一個月中海水的漲退潮水位與農曆日期的關係。

方法：1.將取得的外埔三年的海象資料，透過萬年曆，將國曆日期轉換成對應的農曆日期。
2.分別算出各個農曆日期中的最高水位、最低水位與潮差的平均值，並作成圖表分析。

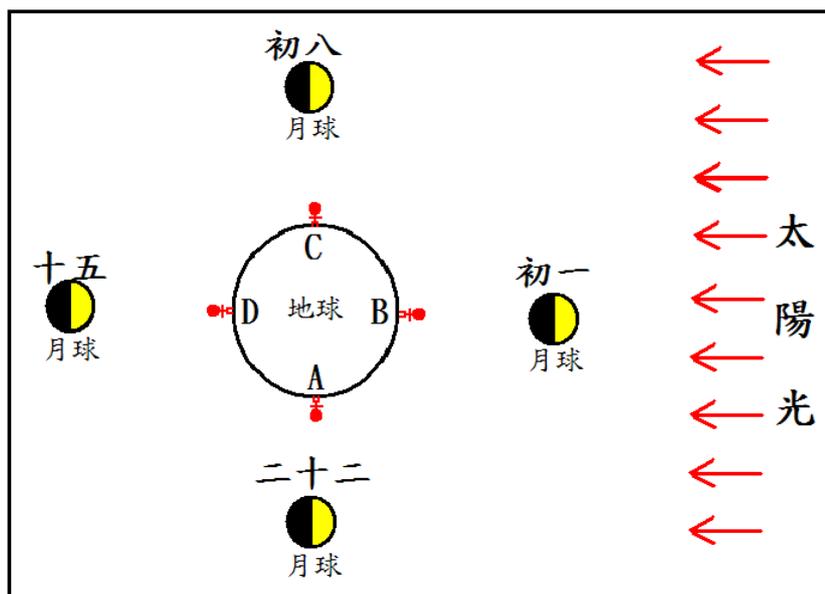
結果：如圖五。



圖五：農曆日期與海水水位高度的關係

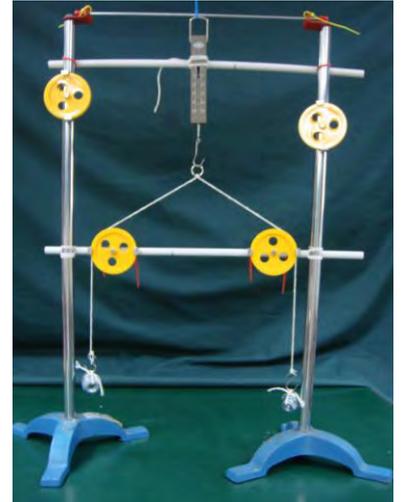
- 發現：1.農曆初一、十五附近時，滿潮水位比較高，乾潮水位比較低，潮差較大。
2.農曆初八、二十二附近時，滿潮水位比較低，乾潮水位比較高，潮差較小。

討論：農曆日期初一、十五附近時，滿潮水位比較高，而農曆日期初八、二十二附近時，滿潮水位比較低，我們對照農曆日期可以知道月球和地球與太陽的相對位置，我們畫圖(如下圖)後可以看到初一和十五時，太陽和月球及地球成一直線，而在初八與二十二時，月球與地球和太陽與地球的連線會有 90 度夾角。我們知道月球對於地球有一個吸引的力量，同時太陽對於地球也有一個吸引的力量，在兩個力量同時吸引地球的情形下，是不是兩個力量夾角不同時，會影響海水水位的變化呢？我們設計了實驗一，來討論當兩個力量的夾角不同時，對於一個物體的拉力是否有所變化？

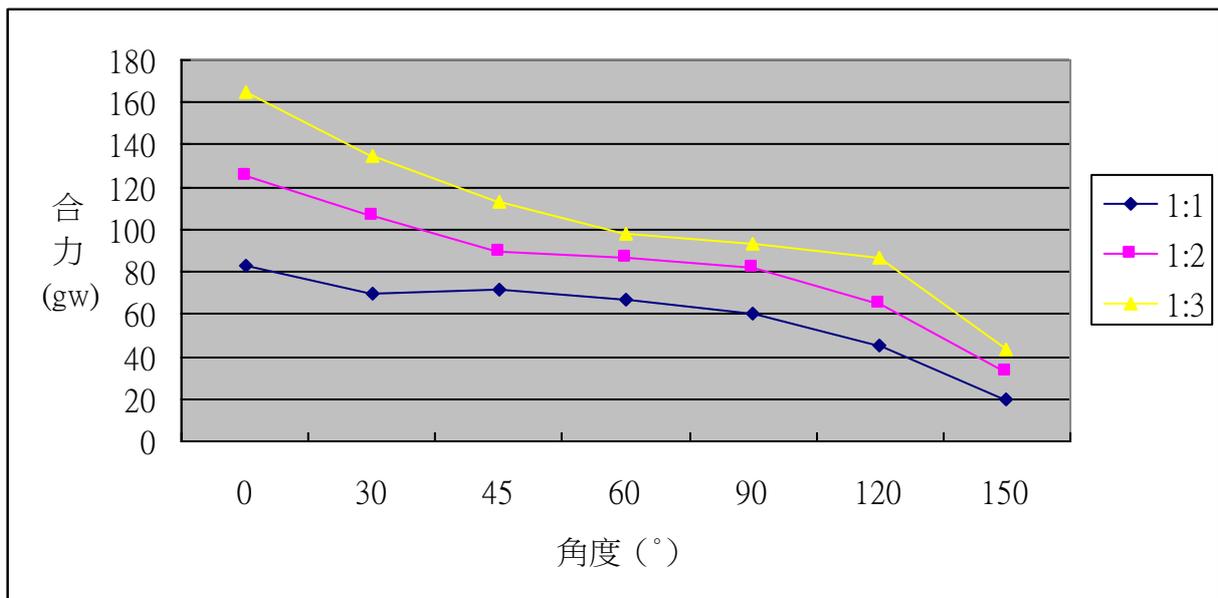


實驗一：兩個力量的夾角不同時，對於一個物體的拉力是否有所變化？

- 方法：1.設計並組裝測量合力的實驗裝置。(如右圖)
- 2.將彈簧秤掛在最上方的平桿，在彈簧秤下，垂掛兩條棉線，繞過兩個定滑輪，將重物依 40g：40g(1：1)、40g：80g(1：2)、40g：120g(1：3)比例分別吊掛於細繩下方。
- 3.調整定滑輪使彈簧秤下的兩條細繩呈現出夾角，以量角器測量夾角的角度依次為 0、30、60、90、120、150 度。(註：本實驗並未測量 180 度所造成的合力，是因為在 180 度時，不同的重物比例之下，彈簧秤的掛勾被拉扯到垂直於彈簧秤的方向，而使彈簧秤無法測量合力大小。)
- 4.記錄不同角度下兩個重物對彈簧秤所造成的合力大小。每個實驗各做三次，然後再加以平均。



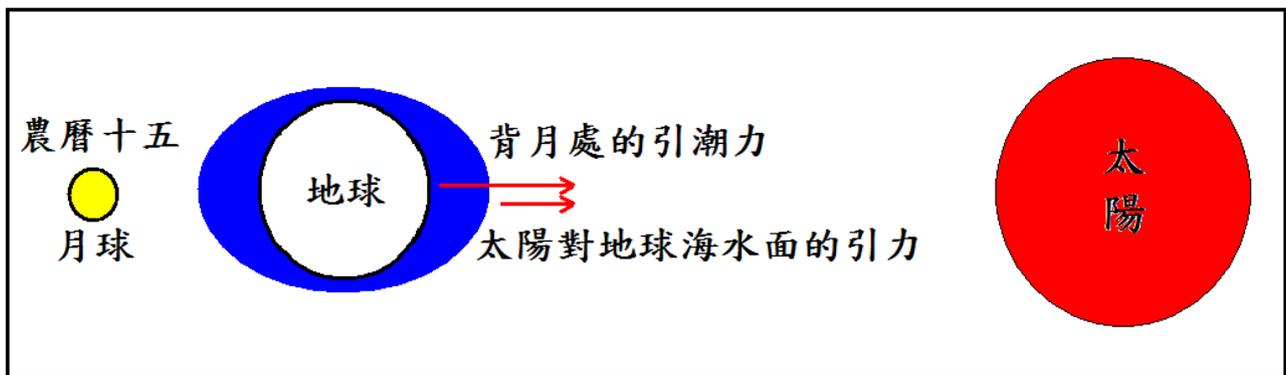
結果：如圖六。



圖六：夾角不同的兩個力量的合力大小

- 發現：1.兩條綿繩之間夾角越小時，合力越大。
- 2.相同角度下，重物重量增加時，所得的合力也越大。

討論：1.兩個不同的力量分別代表太陽和月球對地球的拉力，由實驗可推知，當太陽和地球的連心線與月球和地球的連心線的夾角越小時，所產生的合力越大，也代表此時所產生的吸引潮水的力量也越大，而使海水水位越高。所以，當初一附近兩條連心線夾角接近 0 度，因此海水面的隆起也較大，形成大潮；當初八、二十二時附近時兩條連心線夾角接近 90 度，相對的海水面的隆起也較小，形成小潮。至於十五的時候，太陽與月球位於地球的兩側，兩條連心線接近 180 度，由上面的實驗可以推知合力應該最小，但是為什麼也會是大潮呢？原因則如上述地球背向月亮的海面為什麼會鼓起的討論，因為在地球上背向月球的一方會受到一股引潮力(例如地球自轉的離心力等)，我們推論這股引潮力在十五時，又恰好與太陽和地球的連心線夾角接近 0 度，所以使得這兩股力量形成的合力，讓十五當天的海水面也接近大潮。

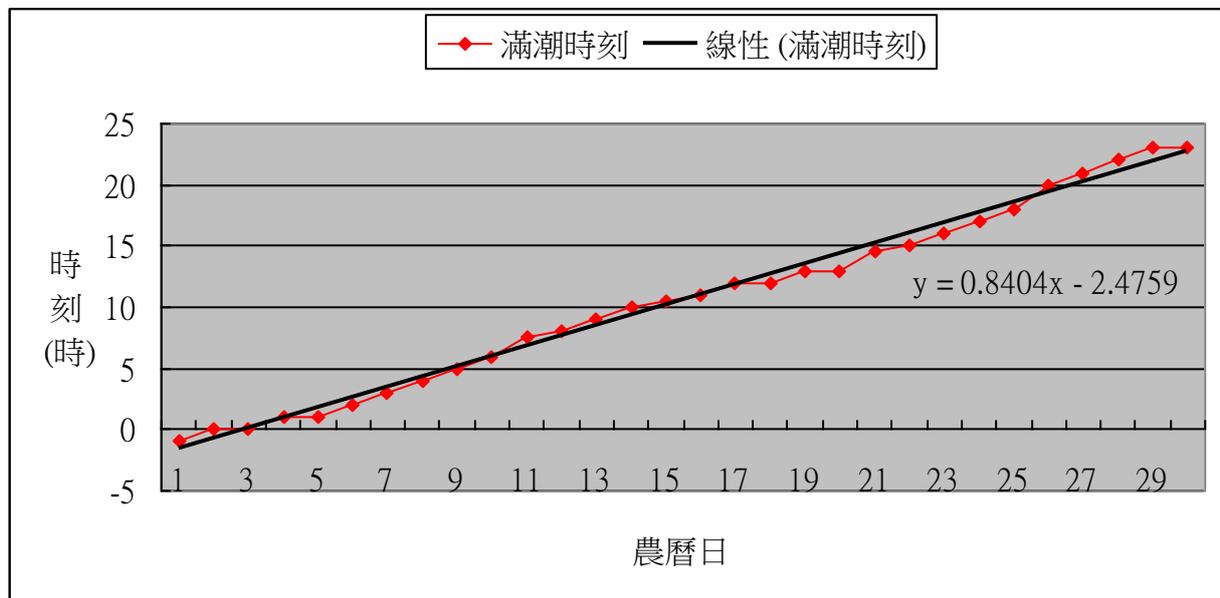


2.海平面的漲退與月球和太陽的相對位置有關係，而每天月出的時刻會隨著農曆日期而有規律的改變，如此，海水面每天的漲落時刻是否也可透過農曆日期來推測得知？

探究六：一天中海水的滿潮時刻與農曆日期的關係。

方法：1.從外埔三年的資料中，找出每天滿潮出現的時刻，依不同農曆日期加以平均。
2.做出農曆日期與滿潮時刻的關係圖，並找出關係式。

結果：如圖七。



圖七：農曆日期與滿潮時刻的關係

發現：農曆日期與滿潮時刻的關係約成一條直線，可以用方程式 $y=0.8404x-2.4759$ 表示，其中 x 代表農曆日期、 y 代表滿潮時刻。

討論：1.從圖七中，一天只可以看到一次滿潮時刻，但由於兩次滿潮的時間約差 12 個小時，所以我們先以每天的第一次滿潮時刻來討論，另一個滿潮時刻則可以加減 12 小時來推論。

2.由之前的探究三發現，一天中月過中天的時刻海水水位較高，再加上農曆日期對於滿潮時刻也有一定的關係，但是否適用於外埔地區的其他時間呢？因此為了確認推論的正確性，我們另外申請了半年的資料來做驗證。

探究七：滿潮時刻與農曆日期和月過中天的關係驗證。

方法：1.將另外申請的外埔資料，先將國曆日期轉換成農曆日期，找出每天最大的滿潮時刻，然後分別依下述兩種方法加以驗證。

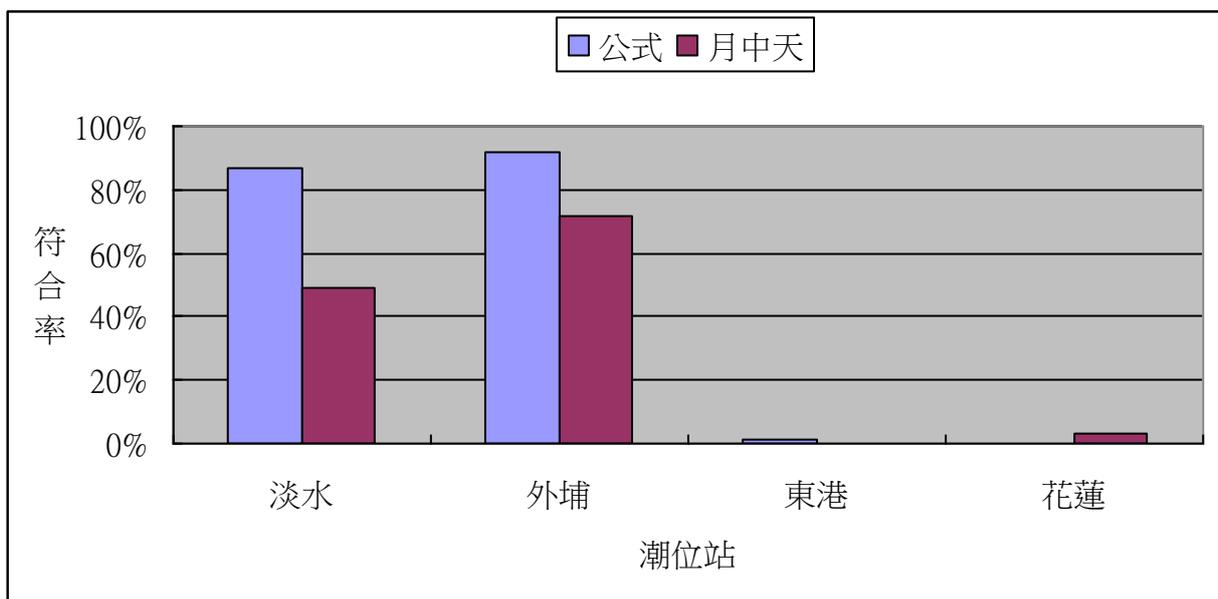
2.公式推論法：依公式 $y=0.8404x-2.4759$ ，將農曆日期代入 x ，找出農曆日期推論出的滿潮時刻 y ，比較 y 與實測資料出現的滿潮時刻是否符合(當實測資料介於 y 的前後一小時內，則屬資料符合)，並算出符合的百分比。

3.月中天推論法：查出相同日期月過中天的時刻，與實測資料出現的滿潮時刻是否符合(當實測資料介於月過中天的前後一小時內，則屬資料符合)，並算出符合的百分比。

結果：公式推論法符合的百分比為 92%；月中天推論法符合的百分比為 72%。

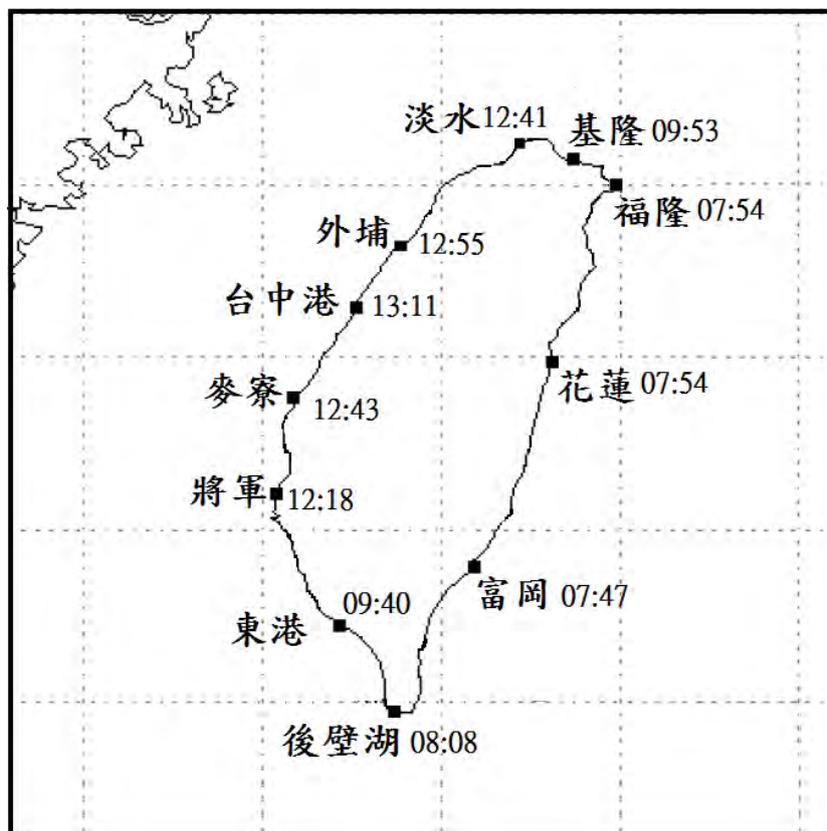
討論：1.由結果發現以公式推論法來做每天滿潮時刻的推論是一個比較好的方法。

2.上述的公式法對於其他的地區是否也能夠正確的推論呢？我們從北、中、南、東各挑一個代表的區域，然後取得相同時間的資料再做一次驗證，結果如圖八。除淡水之外，東港、花蓮符合率接近 0。由於數據分析的過程中，我們發現每日的滿潮時刻東港和花蓮差不多都比外埔提早約 3 或 5 個小時，因此是否只要修正公式就能推測它們的滿潮時刻呢？

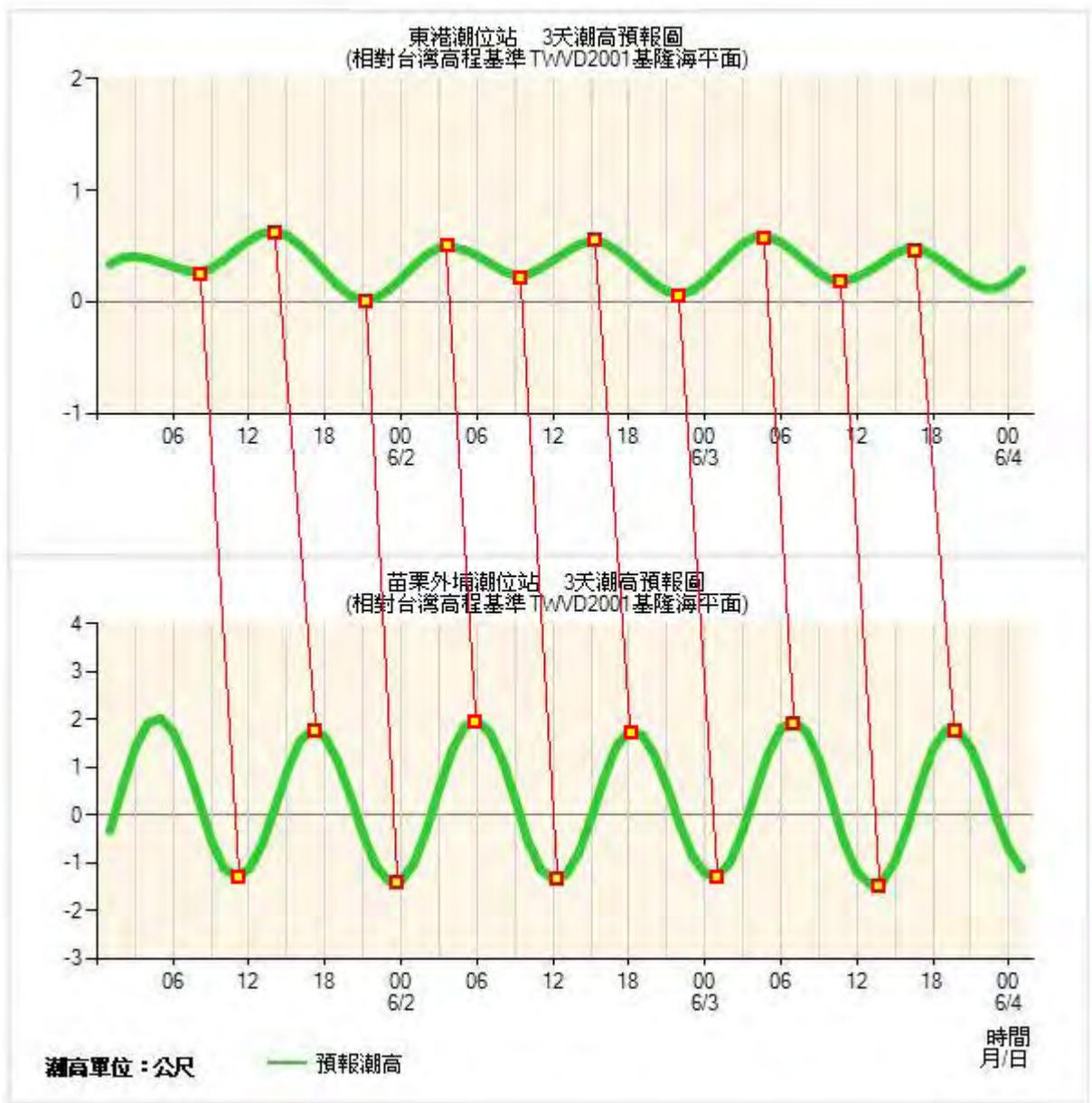


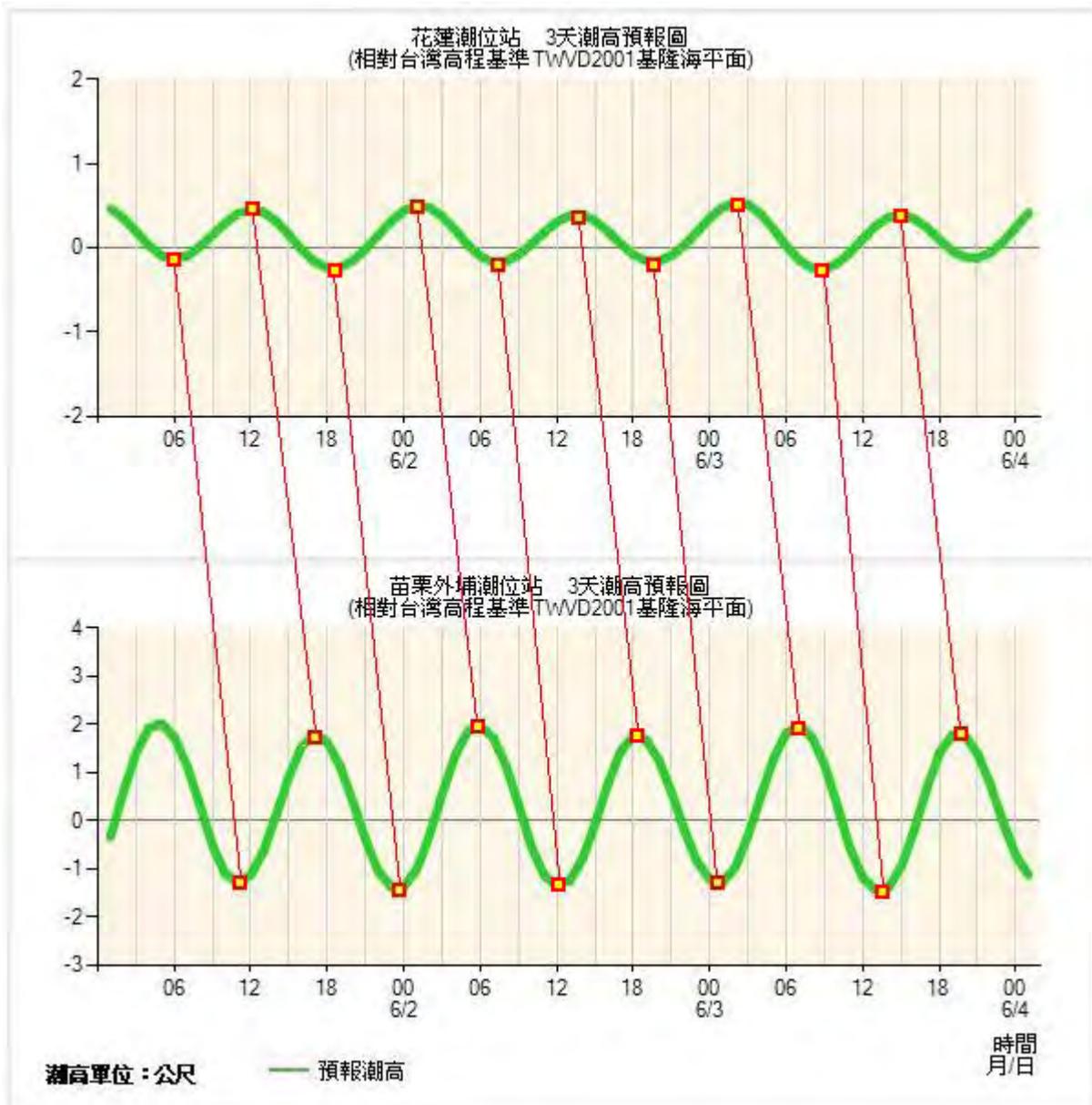
圖八：推論各地區滿潮時刻與實測資料的符合百分比

3.我們選擇幾處台灣沿海地區的滿潮時刻進一步探究，以5月28日為例，如圖九。發現東部的滿潮時刻較西部早；而西部地區南北兩端的滿潮時刻又較中部早，由此，大致可推得漲潮時海水會從太平洋流向台灣東岸，再經由臺灣海峽的南北兩端流入，約在中部聚集。且也再次發現外埔和東港的滿潮時間差約3小時，花蓮與外埔的滿潮時刻差約5個小時。為確認這個時間差，我們再用波高的時序圖來觀察外埔與東港、外埔與花蓮的滿潮時刻差，如圖十，也獲得相同的時間差。



圖九：台灣沿海地區滿潮時刻（102.05.28）





圖十：波高的時序圖

4.東港、花蓮與外埔的每日滿潮時刻時間差變化不大，因此，我們直接在原本預測外埔滿潮時刻的公式上作時間差的加減，找出較符合東港、花蓮滿潮時刻的預測公式。

$$\text{東港：} y=0.8404x-2.4759-3=0.8404x-5.4759$$

$$\text{花蓮：} y=0.8404x-2.4759-5=0.8404x-7.4759, \quad X \text{ 為農曆日期, } y \text{ 為滿潮時刻。}$$

經再重新分析兩地滿潮時刻的符合率，東港的符合率為 83%，花蓮的符合率為 75%，兩者的符合率均從近乎 0 而提高不少。因此我們認為只要知道與外埔漲潮的時刻差，就能將公式類推到台灣的其他沿岸。

5.今年的校外教學是前往台南參觀紅樹林，我們運用了公式即成功推估出當地乾潮的時間（觀察招潮蟹等活動須在乾潮時進行），透過這樣小小的事件，我們也體會到研究能實際應用在生活上的樂趣。

探究八：探究海岸地形對海水水位的影響。

說明：海水的水位除了受到日、月、地天體的影響之外，尚可能受到天氣因素及地形的影響。天氣因素如颱風可能會引起暴潮等，但地形如何影響海水水位呢？由研讀的資料中，發現海岸線地形以及水道的寬窄也可能會影響水位的高低，因此，我們設計了實驗二與實驗三來探究它們對於水位的影響。

實驗二：不同的海岸線地形對於海水水位的影響。

方法：1.先將兩個透明的塑膠水族箱底部切開相同大小的長方形的開口。

2.將上述兩個水族箱中間夾入 B4 的紙張。

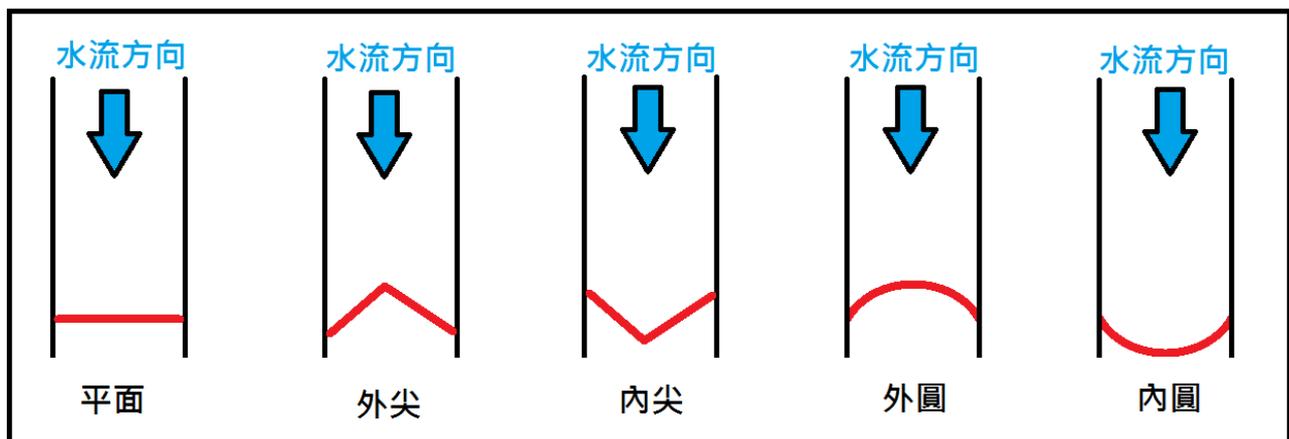
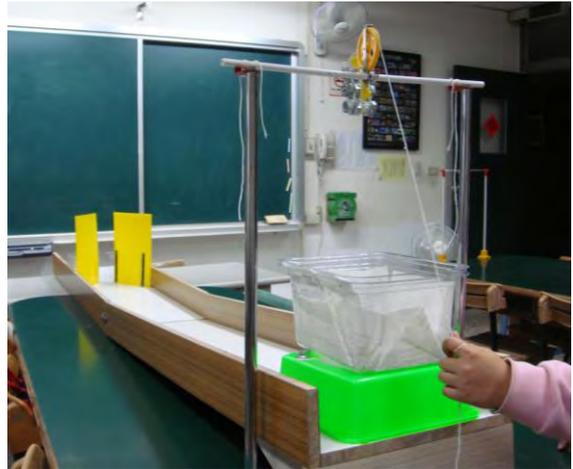
3.將夾有紙張的水族箱，置於水道頂端的塑膠固定架上。

4.在水道末端架設模擬地形的模型。

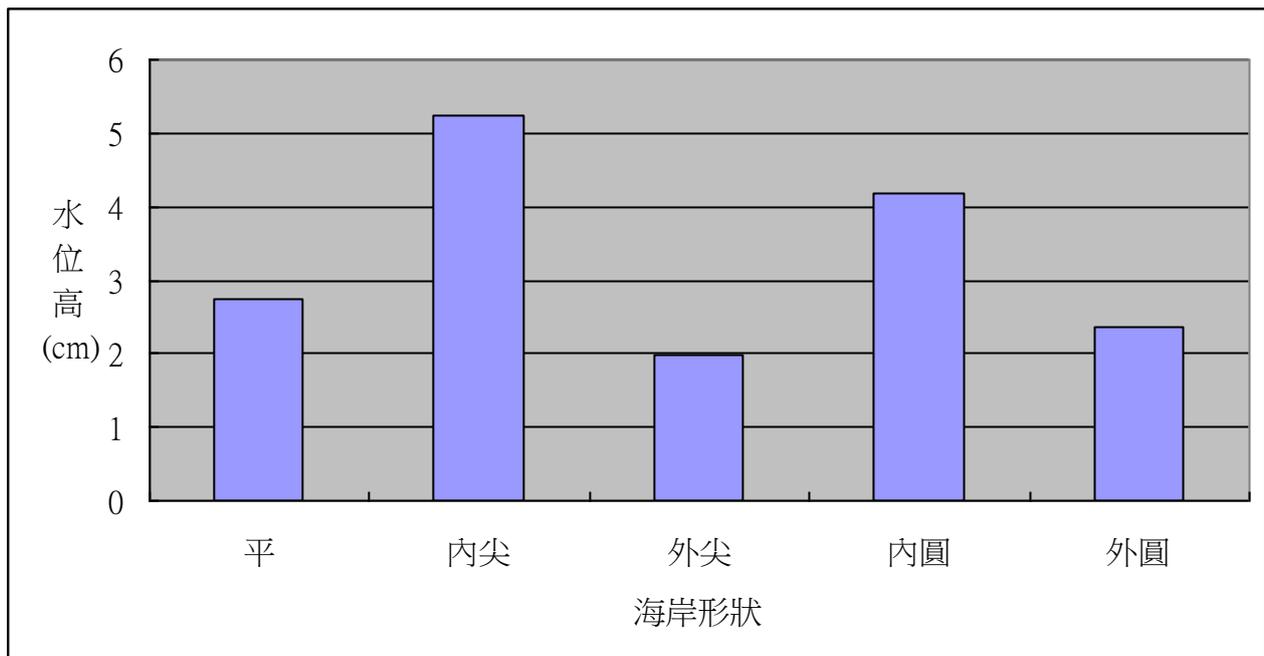
5.在水道上方的水族箱中注入 3500ml 的水量，待 15 秒後，由相同的高度以重物由上而下撞擊 B4 的紙張，使紙張破裂，讓水順著水道流下。

6.以攝影機錄製結果，並以軟體播放找出水經過模擬地形的最高水位。

7.三次實驗後，將最高水位加以平均，然後作圖分析。



結果：如圖十一。



圖十一：模擬不同海岸形狀對水位高低的影響

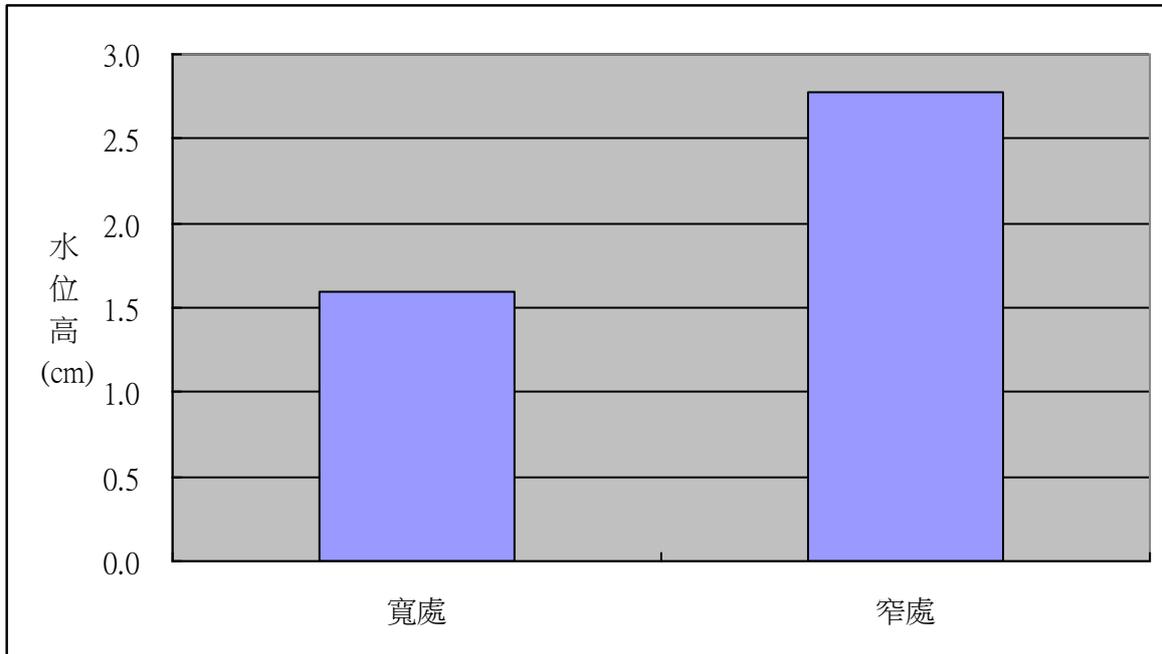
發現：不同的海岸形狀會使得水位產生高低不同的變化，其中以內尖的形狀產生的水位最高。

- 討論：1.前置的實驗中，我們先以方形盒、裝派的圓形盤與圓柱形底盤當作容器，並在其中裝水，將容器端在手中並走動時，容器中的水開始產生波動，我們觀察到水在方形盒的四周角落湧起的水位較高，較容易溢出盤外。因此，我們猜想海水在與不同的海岸形狀交互作用時，會產生水位高低不同的變化。於是，我們設計了平面、內尖……等地形，來探討不同海岸形狀對於海水水位高低的影響。
- 2.實驗設計的部份，水的流量剛開始是使用固定的水量，放在斜坡上用人工力往下傾倒，但實驗發現因每次傾倒的力道不同，使得實驗測量的數據差異很大，後來才設計如何不依賴人工力，而能自然的使水流流下，並儘可能使得每次能有相同的流速與流量。我們用兩個水族箱，中間夾入 B4 紙張，藉著紙張因為碰到水會變得比較軟，漸漸無法承受水的力量而破裂，但是，由於等待的時間長短不一，因此，才又架設定滑輪並懸掛重物，然後在固定的時間以此重物由相同的高度撞擊底部的紙張，使得每一次的缺口差不多，藉以控制水的流速與流量。
- 3.實驗中為什麼內尖形的水位會最高？我們推論水一流進來後，最後會向中間較窄的地方集中，此時，水會因互相推擠使得水位上升得較高。所以受到不同的海岸線地形的影響，的確會有高低不同水位。

實驗三：探究水道的寬窄，對於海水水位的影響。

方法：同實驗二的步驟，但測量水經過模擬地形的寬處與窄處的最高水位。

結果：如圖十二。



圖十二：模擬不同地形的寬窄對水位高低的影響

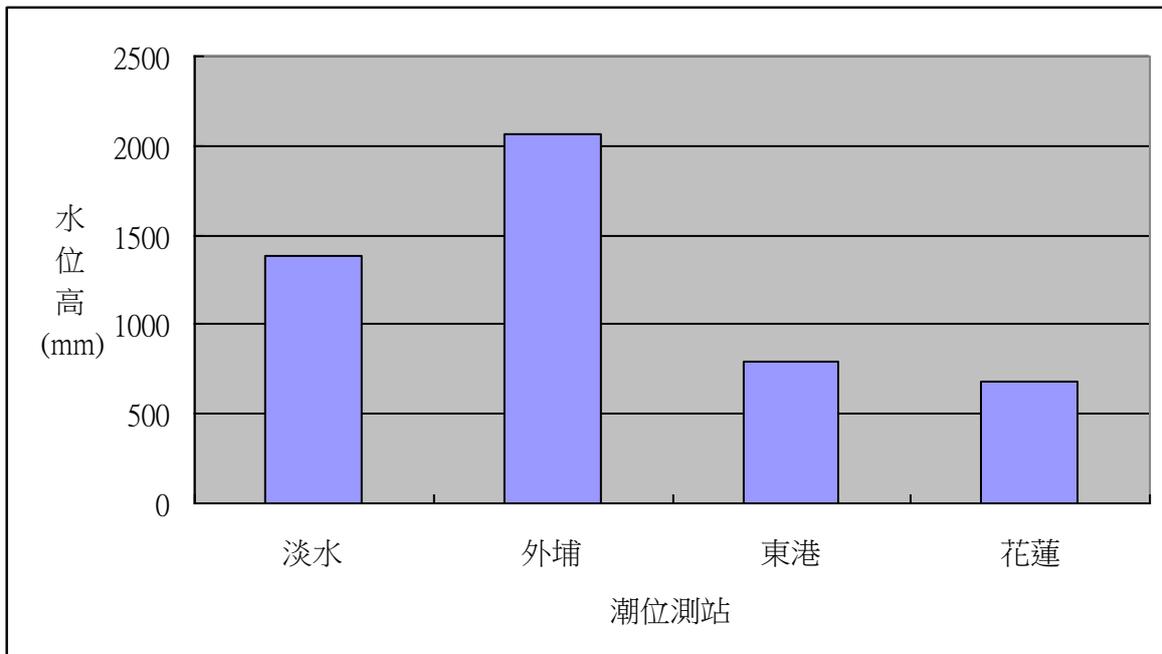
發現：水由較寬的地形進入較窄的地形時，水位會上升。

討論：1.由探究七的討論 3，可以知道漲潮時海水會從太平洋流向台灣東岸，然後再經由臺灣海峽的南北兩端流入，大約在中部聚集，如圖十三所示。而因為臺灣與大陸之間的距離由寬到窄，因此，我們推測位在台灣中部上升的水位應該比較高。



圖十三：臺灣西部地形與漲潮時海水流動的關係圖

2.分析淡水、外埔、東港、花蓮四個潮位站 2012 年 1 月到 6 月的每日的最大潮位平均。如圖十四，四個潮位站的水位由大到小依次為外埔、淡水、東港及花蓮，符合我們的推測。更進一步來說，臺灣南、北兩端與大陸之間的距離較中部來得寬，所以，當海水湧進時，南、北兩端因為較寬的關係，地形造成水位升高的變化較小，而中部由於地形較窄，且南北同時湧入水量匯集於此，使得中部海岸水位的升高變化較南北兩端明顯。



圖十四：不同潮位站的最高水位比較

3.最後，我們進一步探究世界有名的杭州市錢塘江口的錢塘潮，如圖十五，發現它就是接近「內尖」的開口地形，且河道是「由寬到窄」。因此，漲潮時大量潮水湧進較狹窄的河道，前方的水流受河口的海岸地形限制而集中，且後面的海水不斷湧入推進，使潮水不斷漲高，而終成為著名的觀潮聖地。



圖十五：杭州市錢塘江口的地形圖

伍、結論

一、探究海水漲退潮的速度及週期變化情形。

- (一) 海水漲退潮的水位升降的速度並不一致，有時速度比較慢，但有時又變得比較快。
- (二) 開始漲潮時的前三個小時水位上升的速度越來越快，接著的三個小時到滿潮時，水位上升速度越來越慢；開始退潮時的前三個小時水位下降速度越來越快，接著的三個小時到乾潮時，水位下降的速度越來越慢。
- (三) 外埔地區的海水水位一天之中會有兩次的週期變化，是為半日潮。

二、探究海水水位會在地球背月處鼓起的可能原因。

- (一) 地球自轉產生的離心力。
- (二) 月球吸引地球與吸引背月處海水的引力，因距離的不同，所產生的引力也不同。
- (三) 地月繞共同質心旋轉時產生的離心力。

三、探究一天中海水的漲潮水位與月亮在天空中的位置的關係。

- (一) 一天中的海水水位高，以月過中天的時刻較高
- (二) 一天中的海水水位高，以月出及月沒時刻較低。

四、探究一天中海水滿潮的水位與時刻和農曆日期的關係。

- (一) 農曆日期初一、十五附近時，滿潮水位比較高，乾潮水位比較低，潮差較大。
- (二) 農曆日期初八、二十二附近時，滿潮水位比較低，乾潮水位比較高，潮差較小。
- (三) 在外埔地區，農曆日期與滿潮時刻的關係約成一條直線，可以用方程式 $y=0.8404x-2.4759$ 表示，其中 x 代表農曆日期、 y 代表滿潮時刻。

五、探究海岸地形對海水水位的影響。

- (一) 不同的海岸地形會影響海水水位的高低，實驗中發現內尖的形狀產生的水位最高。
- (二) 水由水道較寬的地形進入較窄的地形時，水位會上升。

陸、參考資料

中央氣象局全球資訊網。<http://www.cwb.gov.tw/>

臺灣科學教育館。全國中小學科學展覽會。<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000167>

王國銓 (民 87 譯)：不可思議的科學實驗室－地球科學篇。台北縣：世茂出版社。

林銘崇、許泰文 (民 96)。近岸流。台北市：財團法人中興工程科技研究發展基金會。

張憲國 (民 96)。海水的漲退-潮汐。台北市：財團法人中興工程科技研究發展基金會。

黃靜雅、蔡菁芳 (民 101 譯)：觀念地球科學 III。臺北市：天下遠見出版社。

柒、致謝

感謝中央氣象局海象測報中心提供資料，使本研究得以順利進行。

【評語】 080512

1. 能瞭解月亮與地球運行的基本關係以得知潮汐變化。
2. 能瞭解潮流量及高低潮也受海底地形影響而有時間差的觀念。
3. 能有基本迴歸數據能力。