

臺北市第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書封面

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：溢力不搖－探討船的載重

關 鍵 詞：浮力、載重量

編 號：

摘要

四年級自然課學到「水的浮力」，課堂上我們用油土捏船，實驗哪艘船可以載最多迴紋針，但是因為油土大小跟船身厚薄都不一樣，結果載重量差很多，所以科展我們改用厚紙板讓船身厚度相同，利用三種實驗探討船的形狀、尺寸和船身高度對船載重量的影響。

在船體積固定為 200cm^3 的實驗中，四邊形的船都是底面積最大時載重量最大，三角形的船則沒有規律。在固定船表面積為 140cm^2 的實驗中，除了等腰銳角三角形外，都是船的底面積最小時載重量最大。在固定船底面積增加船身高度的實驗中，所有形狀的船載重量都隨著船身高度增加而增加，但是當船身高度過高使船失衡時，船的載重量會開始減少，而且當船身高度大於 2cm 時，單位體積所受浮力會隨著船身高度增加而減少。

壹、研究動機

我們在四年級下學期的自然課學到「奇妙的水—水的浮力」這個單元，在課堂上我們用油土捏成不同形狀的船然後在上面放迴紋針，看看哪一組的船可以載最多迴紋針。但是我們發現每組拿到的油土大小都不固定，而且大小塊差很多，做出來的船大小也不一樣，有的船身很厚、有的船身很薄，結果船載的迴紋針數目差很多，這讓我們覺得實驗結果不太公平，所以我們決定在這次科展重新做這個題目，改用厚紙板取代油土讓船身厚度相同，然後利用不同的實驗了解船的形狀、尺寸與載重量的變化關係。

貳、研究目的

- 一、了解在相同體積下，底面積形狀對船載重的影響。
- 二、了解在相同表面積下，底面積形狀對船載重的影響。
- 三、了解各種船的形狀在固定底面積的情況下，船身高度對船載重量的影響。

參、研究設備及器材

一、製作船所需的材料與工具

(1)厚紙板 	(2)膠帶 	(3)剪刀 
(4)尺 	(5)鉛筆 	

二、實驗所需要的器材

(1)水族箱 	(2) 一元硬幣 	(3)電子磅秤 
---	--	--

肆、研究過程或方式

這個研究我們設計了三個實驗，第一個實驗是要了解在相同的體積下，改變船的形狀、尺寸大小以後，看看對載重量的影響；第二個實驗是要了解在相同的表面積下，改變船的形狀、尺寸大小以後，看看對船的載重量的影響；第三個實驗是要了解各種形狀的船在固定底面積的情況下，改變船身的高度，看看對船的載重量的影響。實驗過程中需要製作的船以及實驗的方法說明如下：

一、船的製作

(一)決定船的形狀與尺寸

因為考慮我們已經學會計算面積的形狀以及各種形狀製作的困難度，所以實驗就用三種四邊形：長方形、正方形、箏形，以及三種三角形：等腰銳角三角形、正三角形、直角三角形來做。另外因為我們準備的水族箱大小是 30cm(長)19cm(寬)20cm(高)，所以經過討論之後把實驗一裡的船體積固定成 200 立方公分；實驗二船的表面積固定成 140 平方公分，然後改變不同的長寬高，製作不同形狀與尺寸的船；在實驗三裡我們是每種形狀的船固定一種底面積尺寸，然後增加船身高度。三個實驗船形跟尺寸在表一、表二以及表三。

表一 **實驗一**所決定的不同形狀的船跟尺寸

項目	長方形			正方形			箏形		
尺寸	20cm× 10cm× 1cm	20cm× 5cm× 2cm	10cm× 5cm× 4cm	10cm× 10cm× 2cm	7cm× 7cm× 4.1cm	5cm× 5cm× 8cm	20cm× 10cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	16cm× 5cm× 5cm
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
尺寸	16cm× 25cm× 1cm	10cm× 20cm× 2cm	8cm× 12.5cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	12.4cm× 10.7cm× 3 cm	10.7cm× 9.3cm× 4 cm	20cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 8cm× 5cm

表二 **實驗二**所決定的不同形狀的船跟尺寸

項目	長方形			正方形			箏形		
尺寸	15cm× 6cm× 1.2cm	10cm× 5cm× 3cm	12cm× 5.5cm× 2.1cm	10cm× 10cm× 1cm	8cm× 8cm× 2.4cm	7cm× 7cm× 3.25cm	15cm× 12cm× 1.3cm	20cm× 5cm× 2.2cm	12cm× 8cm× 3.15cm
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
尺寸	10cm×1 5cm× 1.6cm	8cm× 12cm× 2.8cm	6cm× 10cm× 4.1cm	10cm× 8.7cm× 3.2cm	12cm× 10.4cm× 2.2cm	14cm×1 2.1cm× 1.3cm	20 cm× 7 cm× 1.5cm	14 cm× 8cm× 2.2cm	12cm× 6cm× 3.3cm

表三 **實驗三**所決定的不同形狀的船跟尺寸

項目	長方形					正方形				
船的 尺寸	20cm× 5 cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	20cm× 5 cm× 4cm	20cm× 5 cm× 6cm	20cm× 5 cm× 8cm	5 cm× 5 cm× 1cm	5 cm× 5 cm× 2cm	5 cm× 5 cm× 4cm	5 cm× 5 cm× 6cm	5 cm× 5 cm× 8cm
項目	箏形					等腰銳角三角形				
船的 尺寸	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm
項目	正三角形					直角三角形				
船的 尺寸	15.2cm× 13.2cm× 1cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	15.2cm× 13.2cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 6cm	15.2cm× 13.2cm× 8cm	10cm× 10cm× 1cm	10cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 10cm× 6cm	10cm× 10cm× 8cm

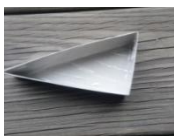
(二) 製作船的步驟

- 1.在厚紙板上面畫出各種船的尺寸。
- 2.為了預防船在做實驗時會溼掉，所以先在厚紙板的兩面黏上膠帶。
- 3.把各種形狀的船剪下來再把船型摺出來。
- 4.最後用膠帶把船身固定住，黏貼膠帶的時候要注意接縫的地方不可以有縫，免得做實驗的時候漏水。
- 5.把三個實驗要用到的船都做好，拍照整理在表四、表五跟表六。

表四 實驗一 需要用到的船

長方形面積 20cm×10cm 高 1cm		長方形面積 20cm×5cm 高 2cm		長方形面積 10cm×5cm 高 4cm	
					
正方形面積 10 cm×10 cm 高 2cm		正方形面積 7 cm×7 cm 高 4.1cm		正方形面積 5cm×5cm 高 8cm	
					
箏形 面積 0.5×20 cm×10 cm 高 2cm		箏形 面積 0.5×20 cm×5 cm 高 4cm		箏形 面積 0.5×16cm×5cm 高 5cm	
					
等腰銳角三角形 面積 0.5×16cm×25cm 高 1cm		等腰銳角三角形 面積 0.5×10cm×20cm 高 2cm		等腰銳角三角形 面積 0.5×8cm×12.5cm 高 4cm	
					
正三角形 面積 0.5×15.2cm×13.2 高 2cm		正三角形 面積 0.5×12.4cm×10.7cm 高 3cm		正三角形 面積 0.5×10.7cm×9.3cm 高 4cm	
					
直角三角形 面積 0.5×20cm×10cm 高 2cm		直角三角形 面積 0.5×10cm×10cm 高 4cm		直角三角形 面積 0.5×10cm×8cm 高 5m	
					

表五 實驗二 需要用到的船

長方形面積 15cm×6cm 高 1.2cm		長方形面積 10cm×5cm 高 3cm		長方形面積 12cm×5.5cm 高 2.1cm	
					
正方形面積 10 cm×10 cm 高 1cm		正方形面積 8 cm×8 cm 高 2.4cm		正方形面積 7cm×7cm 高 3.25cm	
					
箏形 面積 0.5×15 cm×12 cm 高 1.3cm		箏形 面積 0.5×20 cm×5 cm 高 2.2cm		箏形 面積 0.5×12cm×6cm 高 3.15cm	
					
等腰銳角三角形 面積 0.5×10cm×15cm 高 1.6cm		等腰銳角三角形 面積 0.5×8cm×12cm 高 2.8cm		等腰銳角三角形 面積 0.5×6cm×10cm 高 4.1cm	
					
正三角形 面積 0.5×10cm×8.7cm 高 3.2cm		正三角形 面積 0.5×12cm×10.4cm 高 2.2cm		正三角形 面積 0.5×14cm×12.1cm 高 1.3cm	
					
直角三角形 面積 0.5×20cm×7cm 高 1.5cm		直角三角形 面積 0.5×14cm×8cm 高 2.2cm		直角三角形 面積 0.5×12cm×6cm 高 3.3cm	
					

表六 實驗三 需要用到的船

長方形 底面積 20cm×5cm 船身高度由左至右依次是 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm、10cm	
	
正方形 底面積 5cm×5cm 船身高度由左至右依次是 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm	
	
箏形 底面積 0.5×20cm×5cm 船身高度由左至右依次是 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm	
	
等腰銳角三角形 底面積 0.5×10cm×20cm 船身高度由左至右依次 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm	
	
正三角形 底面積 0.5×15.2cm×13.2cm 船身高度由左至右依次是 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm、10cm	
	
直角三角形 底面積 0.5×10cm×10cm 船身高度由左至右依次是 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm、10cm	
	

二、實驗步驟

在這個研究裡面從實驗一到實驗三的實驗步驟都相同，只有使用的船不一樣。實驗中我們每次放一艘船到水族箱裡面，然後在船裡慢慢放入一元硬幣，一直到船沉入水中為止，實驗步驟如下：

(一)把水族箱裝水

(二)用電子磅秤測量船的淨重

(三)把船放進水族箱裡

(四)把一元硬幣一個一個慢慢放入船裡還要注意放的位置，從船的中間位置開始放起，盡量避免船傾斜，一直到船沉入水中為止。

(五)把船和硬幣拿出來，然後把硬幣擦乾，計算硬幣數量。

(六) 更換不同尺寸的船然後重複步驟(二)到(六)，一直到所有的船都做完為止。

實驗步驟如圖一。

圖一 實驗步驟圖

(1)水族箱裝水 	(2)秤船的淨重 	(3)船放入水中再放入硬幣 
(4)船沉入水中就停止 	(5)拿出硬幣擦乾計算數量 	

伍、研究結果

在這個研究裡每個實驗我們都做三次，這樣才可以得到比較多的實驗數據。

一、**實驗一 固定船體積的實驗結果**

我們把實驗一的三次實驗結果記錄在表七到表九，因為船在沉入水中以前是浮體，浮體所受的浮力等於浮體本身的重量，也等於船所排開的液體重量，所以在表格中船所受的浮力等於船的淨重加上硬幣重量。因為從三次實驗數據較不容易看出船的載重量和船的底面積、船身高度的關係，所以我們把三次實驗數據平均，整理在表十。從表十的平均實驗數據結果我們發現在**固定船體積**的時候，**四邊形**的船都是**底面積最大**(船身高度最小)的時候可以載的**硬幣數量最多**，船所受的**浮力最大**；**底面積最小**(船身高度最高)的時候可以載的硬幣數量最少，船所受的浮力最小。**三角形**的船則沒有明顯規律，不過三種船形的船所受最大浮力都在 240 公克左右，差異比較小。另外，**在實驗一所有的船裡以長方形尺寸 20cm×10cm×1cm 的船載重量最大，船所受的浮力最大**；正方形船身高度 8 公分時船有**傾斜**的現象發生，在表格中用紅色字體表示。

表七 **實驗一** 的 **第一次** 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	20cm× 10cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	10cm× 5cm× 4cm	10cm× 10cm× 2cm	7cm× 7cm× 4.1cm	5cm× 5cm× 8cm	20cm× 10 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	16cm× 5cm× 5cm
船的淨重(g)	14	11	8	11	9	11	10	15	12
船可載的 硬幣數量(個)	70	58	54	58	61	25	63	63	54
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	266	220.4	205.2	220.4	231.8	95	239.4	239.4	205.2
船所受的 浮力(g)	280	231.4	213.2	231.4	240.8	106	249.4	254.4	217.2
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	16cm× 25cm× 1cm	10cm× 20cm× 2cm	8cm× 12.5cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	12.4cm× 10.7cm× 3cm	10.7cm× 9.3cm× 4cm	20 cm× 10 cm× 2cm	10 cm× 10 cm× 4cm	10 cm× 8cm× 5cm
船的淨重(g)	16	11	11	10	11	10	12	10	10
船可載的 硬幣數量(個)	71	59	56	49	64	55	57	57	58
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	269.8	224.2	212.8	186.2	243.2	209	216.6	216.6	220.4
船所受的 浮力(g)	285.8	235.2	223.8	196.2	254.2	219	228.6	226.6	230.4

表八 實驗一 的 第二次 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	20cm× 10cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	10cm× 5cm× 4cm	10cm× 10cm× 2cm	7cm× 7cm× 4.1 cm	5 cm× 5 cm× 8cm	20cm× 10cm× 2cm	20cm× 5cm× 4cm	16cm× 5cm×5 cm
船的淨重(g)	14	12	10	11	10	12	9	16	12
船可載的 硬幣數量(個)	81	64	57	52	54	18	69	59	43
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	307.8	243.2	216.6	197.6	205.2	68.4	262.2	224.2	163.4
船所受的 浮力(g)	321.8	255.2	226.6	208.6	215.2	80.4	271.2	240.2	175.4
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	16cm× 25cm× 1cm	10cm× 20cm× 2cm	8cm× 12.5cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	12.4cm× 10.7cm× 3cm	10.7cm ×9.3cm ×4cm	20cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 8cm× 5cm
船的淨重(g)	16	12	11	10	11	11	13	11	11
船可載的 硬幣數量(個)	53	68	30	45	59	52	58	64	51
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	201.4	258.4	114	171	224.2	197.6	220.4	243.2	193.8
船所受的 浮力(g)	217.4	270.4	125	181	235.2	208.6	233.4	254.2	204.8

表九 實驗一 的 第三次 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	20cm× 10cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	10cm× 5cm× 4cm	10 cm× 10 cm× 2cm	7cm× 7cm× 4.1cm	5 cm× 5 cm× 8cm	20 cm× 10 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	16cm× 5cm× 5cm
船的淨重(g)	14	10	9	11	8	12	10	16	13
船可載的 硬幣數量(個)	77	61	55	62	38	21	66	59	73
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	292.6	231.8	209	235.6	144.4	79.8	250.8	224.2	277.4
船所受的 浮力(g)	306.6	241.8	238	246.6	152.4	91.8	260.8	240.2	290.4
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	16cm× 25cm× 1cm	10cm× 20cm× 2cm	8cm× 12.5cm ×4cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	12.4cm× 10.7cm× 3cm	10.7cm× 9.3cm× 4cm	20 cm× 10 cm× 2cm	10 cm× 10 cm× 4cm	10 cm× 8cm× 5cm
船的淨重(g)	16	12	12	10	10	11	11	10	10
船可載的 硬幣數量(個)	58	57	56	50	57	51	58	61	56
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	220.4	216.6	212.8	190	216.6	193.8	220.4	231.8	212.8
船所受的 浮力(g)	236.4	228.6	224.8	200	226.6	204.8	231.4	241.8	222.8

表十 **實驗一** 的 三次實驗**平均**數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	20cm× 10cm× 1cm	20cm×5 cm×2cm	10cm× 5cm× 4cm	10 cm× 10 cm× 2cm	7cm× 7cm× 4.1cm	5 cm× 5 cm× 8cm	20 cm× 10 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	16cm× 5cm× 5cm
船的淨重 (g)	14	11	9	11	9	11.6	9.6	15.6	12.3
船可載的 硬幣數量 (個)	76	61	55.3	57.3	51	21.3	66	60.3	56.6
硬幣重量 (g) =增加的浮 力(g)	288.8	231.8	210.2	217.8	193.8	81	250.8	229.2	215.4
船所受的 浮力平均 值(g)	302.8	242.8	219.2	228.8	202.8	92.6	260.4	244.8	227.6
浮力平均 值排序	大	中	小	大	中	小	大	中	小
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	16cm× 25cm× 1cm	10cm× 20cm× 2cm	8cm× 12.5cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	12.4cm× 10.7cm× 3cm	10.7cm× 9.3cm× 4cm	20 cm× 10 cm× 2cm	10 cm× 10 cm× 4cm	10 cm× 8cm× 5cm
船的淨重 (g)	16	11.6	11.3	10.6	10	10.6	12	10.3	10.3
船可載的 硬幣數量 (個)	60.6	61.3	56.6	60	48	52.6	57.6	60.6	55
硬幣重量 (g) =增加的浮 力(g)	230.5	233	179.8	228	182.4	200.1	219.1	230.5	209
船所受的 浮力平均 值(g)	246.5	244.7	191.2	238.6	192.4	210.8	231.1	240.8	219.3
浮力平均 值排序	大	中	小	大	小	中	中	大	小

二、實驗二 固定船身表面積的實驗結果

我們把實驗二的三次實驗結果記錄在表十一到表十三，並且把三次實驗數據的平均整理在表十四。從實驗數據的平均值我們發現在固定船的表面積時，**四邊形**都是船的**底面積最小**(船身高度最高)的時候可以載的**硬幣數量最多**，船所受的**浮力最大**；**三角形**中的正三角形和直角三角形也有這個現象，**等腰銳角三角形**則是因為船身高度 4.1 公分的船發生**傾斜**，所以**無法判斷**；長方形、正方形、正三角形和直角三角形的船都是船的**底面積最大**(船身高度最低)的時候可以載的硬幣數量最少，船所受的浮力最小。另外四邊形的三種船形中船所受最大浮力都大於三種三角形的船所受最大浮力，**所有船當中以正方形尺寸 7cm×7cm×3.25cm 的船平均載重量最大，船所受的浮力最大。**

表十一 **實驗二** 的 **第一次** 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	15cm× 6cm× 1.2cm	12cm× 5.5cm× 2.1cm	10cm× 5cm× 3cm	10 cm× 10 cm× 1cm	8 cm× 8 cm× 2.4cm	7cm× 7cm× 3.25cm	15 cm× 12 cm× 1.3cm	20 cm× 5 cm× 2.2cm	12cm× 8cm× 3.15cm
船的淨重(g)	8	8	8	7	7	8	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	36	37	44	33	40	45	39	32	45
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	136.8	140.6	167.2	125.4	152	171	148.2	121.6	171
船所受的浮力(g)	144.8	148.6	175.2	132.4	159	179	156.2	129.6	179
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	10cm× 15cm× 1.6cm	8cm× 12cm× 2.8cm	6cm× 10cm× 4.1cm	14cm× 12.1cm× 1.3cm	12cm× 10.4cm× 2.2cm	10cm× 8.7cm× 3.2cm	20 cm× 7 cm× 1.5cm	14 cm× 8cm× 2.2cm	12cm× 6cm× 3.3cm
船的淨重(g)	8	8	8	7	8	8	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	39	41	14	36	34	40	31	34	29
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	148.2	155.8	53.2	136.8	129.2	152	117.8	129.2	110.2
船所受的浮力(g)	156.2	163.8	61.2	143.8	137.2	160	125.8	137.2	118.2

表十二 實驗二 的 第二次 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	15cm× 6cm× 1.2cm	12cm× 5.5cm× 2.1cm	10cm× 5cm× 3cm	10 cm× 10 cm× 1cm	8 cm× 8 cm× 2.4cm	7cm× 7cm× 3.25cm	15 cm× 12 cm× 1.3cm	20 cm× 5 cm× 2.2cm	12cm× 8cm× 3.15cm
船的淨重(g)	8	8	8	7	7	8	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	38	45	43	32	40	46	36	32	45
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	144.4	171	163.4	121.6	152	174.8	136.8	121.6	171
船所受的浮力(g)	152.4	179	171.4	128.6	159	182.8	144.8	129.6	179
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	10cm× 15cm× 1.6cm	8cm× 12cm× 2.8cm	6cm× 10cm× 4.1cm	14cm× 12.1cm× 1.3cm	12cm× 10.4cm× 2.2cm	10cm× 8.7cm× 3.2cm	20 cm× 7 cm× 1.5cm	14 cm× 8cm× 2.2cm	12cm× 6cm× 3.3cm
船的淨重(g)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	42	40	15	41	42	43	30	36	34
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	159.6	152	57	155.8	159.6	163.4	114	136.8	124.2
船所受的浮力(g)	167.6	160	65	163.8	167.6	171.4	122	144.8	137.2

表十三 實驗二 的 第三次 實驗數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	15cm× 6cm× 1.2cm	12cm× 5.5cm× 2.1cm	10cm× 5cm× 3cm	10 cm× 10 cm× 1cm	8 cm× 8 cm× 2.4cm	7cm× 7cm× 3.25cm	15 cm× 12 cm× 1.3cm	20 cm× 5 cm× 2.2cm	12cm× 8cm× 3.15cm
船的淨重(g)	8	9	9	8	8	9	8	8	9
船可載的 硬幣數量(個)	39	40	43	35	44	46	35	33	46
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	148.2	152	163.4	133	167.2	174.8	133	125.4	174.8
船所受的浮力(g)	156.2	161	171.4	141	175.2	183.8	141	133.4	183.8
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	10cm× 15cm× 1.6cm	8cm× 12cm× 2.8cm	6cm× 10cm× 4.1cm	14cm× 12.1cm× 1.3cm	12cm× 10.4cm× 2.2cm	10cm× 8.7cm× 3.2cm	20 cm× 7 cm× 1.5cm	14 cm× 8cm× 2.2cm	12cm× 6cm× 3.3cm
船的淨重(g)	8	9	8	8	8	8	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	43	38	16	42	45	43	26	37	36
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	163.4	144.4	60.8	159.6	171	163.4	98.8	140.6	136.8
船所受的浮力(g)	171.4	153.4	68.8	167.6	179	171.4	106.8	148.6	144.8

表十四 **實驗二** 的 三次實驗平均數據

項目	長方形			正方形			箏形		
船的尺寸	15cm× 6cm× 1.2cm	12cm× 5.5cm× 2.1cm	10cm× 5cm× 3cm	10 cm× 10 cm× 1cm	8 cm× 8 cm× 2.4cm	7cm× 7cm× 3.25cm	15 cm× 12 cm× 1.3cm	20 cm× 5 cm× 2.2cm	12cm× 8cm× 3.15cm
船的淨重(g)	8	8.3	8.3	7.6	7.6	8.3	8	8	8.3
船可載的 硬幣數量(個)	37.6	40.6	43.3	33.3	41.3	45.6	36.6	32.3	45.3
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	145.8	154.5	164.6	126.6	157	173.5	139.3	122.8	172.2
船所受的浮力(g)	151.1	162.8	172.6	134.2	167.1	181.8	147.3	130.8	180.6
浮力平均值排序	小	中	大	小	中	大	中	小	大
項目	等腰銳角三角形			正三角形			直角三角形		
船的尺寸	10cm× 15cm× 1.6cm	8cm× 12cm× 2.8cm	6cm× 10cm× 4.1cm	14cm× 12.1cm× 1.3cm	12cm× 10.4cm× 2.2cm	10cm× 8.7cm× 3.2cm	20 cm× 7 cm× 1.5cm	14 cm× 8cm× 2.2cm	12cm× 6cm× 3.3cm
船的淨重(g)	8	8.6	8	8	8	7.6	8	8	8
船可載的 硬幣數量(個)	41.3	39.6	15	39.6	40.3	42	29	35.6	33
硬幣重量(g) =增加的浮力(g)	159.7	150.7	57	150.7	153.2	159.6	110.2	138.2	123.7
船所受的浮力(g)	165	159	65	158.4	161.2	167.6	118.2	143.5	133.4
浮力平均值排序	大	中	小	小	中	大	小	中	大

三、**實驗三** 的實驗結果

在做實驗一及實驗二的過程中我們發現有些船會有傾斜的現象，所以我們想了解同一種形狀的船在固定底面積的情況下，如果逐漸增加船身高度，船的載重量是否也一定會跟著增加？實驗結果記錄在表十五到表十七。在實驗過程中我們發現當船身高度增加到6cm的時候，長方形、正方形、箏形、銳角三角形的船會有傾斜的現象；當船身高度增加到8cm的時候，直角三角形的船也開始傾斜，船身高度8cm的箏形更是一放入水中就傾倒，如圖二所示，只有正三角形的船完全沒有傾斜現象發生。

從實驗結果我們知道不管是哪一種形狀的船，在固定底面積的情況下，當船身高度逐漸加高的時候，船的載重量會跟著增加；但是在船身高度增加到6cm或8cm的時候，我們發現船身會開始出現傾斜的現象，這個時候船所受到的浮力都會小於船的設計體積所應該排開的水重量，可見船身加高到開始傾斜的時候，船的載重量雖然增加但是載重能力已經受到影響，嚴重失去平衡的時候甚至會大量減少。

為了要更容易看出船身高度增加與船所受的浮力的變化關係，我們把表十五到表十七中的「船所受的浮力」實驗數據計算平均值整理在表十八，然後以船身高度做為橫軸，平均所受的浮力做為縱軸，畫出各種形狀的船的變化情形，如圖三。從圖三我們可以看出船平均所受浮力會隨著船身高度增加而增加，即使有傾斜現象發生，平均所受浮力還是增加，正方形、箏形和等腰銳角三角形在船身高度增加到 6cm 時平均所受浮力最大，但是在船身高度增加到 8cm 時平均所受浮力出現下降的情況，其中箏形因為嚴重傾斜，所以浮力大幅度下降；長方形、正三角形和直角三角形在船身高度增加到 8cm 時平均所受浮力最大，在船身高度增加到 10cm 時平均所受浮力出現下降的情況。

另外，我們也發現船平均所受浮力雖然隨著船身高度增加而增加，但是漸漸的會出現船所受浮力小於船的設計體積的現象，所以我們把「船所受的浮力」的數據除以船的設計體積，稱它為單位體積所受浮力 (g/cm^3)，計算結果同樣整理在表十八，同樣以船身高度做為橫軸，平均單位體積所受浮力做為縱軸，畫出各種形狀的船的變化情形，如圖四。從圖四可以看出長方形和等腰銳角三角形在船身高度 2cm 時單位體積所受浮力最大，正方形、箏形、正三角形和直角三角形都是船身高度 1cm 時單位體積所受浮力最大，但是不管是哪一種形狀的船，當船身高度超過 2cm 以後，單位體積所受浮力都隨著船身高度增加而逐漸減少。

表十五 **實驗三** 的 第一次 實驗數據

項目	長方形						正方形				
船的尺寸	20cm× 5 cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	20cm× 5 cm× 4cm	20cm× 5 cm× 6cm	20cm× 5 cm× 8cm	20cm× 5 cm× 10cm	5 cm× 5 cm× 1cm	5 cm× 5 cm× 2cm	5 cm× 5 cm× 4cm	5 cm× 5 cm× 6cm	5 cm× 5 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	25	50	100	150	200
船的淨重(g)	8	11	16	20	27	32	2	3	5	9	12
船可載的 硬幣數量 (個)	29	63	103	131	170	162	10	16	29	20	22
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	76	239.4	319.4	497.8	646	615.6	38	60.8	110.2	76	83.6
所受浮力(g)	84	250.4	335.4	517.8	673	647.6	40	63.8	115.2	85	95.6
是否傾斜	否	否	否	是	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	否	是	是	是	否	否

項目	箏形					直角三角形					
船的尺寸	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm	10cm× 10cm× 1cm	10cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 10cm× 6cm	10cm× 10cm× 8cm	10cm× 10cm× 10cm
船的體積 (cm ³)	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400	500
船的淨重(g)	5	8	13	16	20	5	7	11	14	17	20
船可載的 硬幣數量 (個)	18	29	46	67	1	13	35	50	77	90	58
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	68.4	110.2	174.8	254.6	3.8	49.4	133	190	292.6	342	220.4
所受浮力(g)	73.4	118.2	187.8	270.6	23.8	54.4	140	201	306.6	359	240.4
是否傾斜	否	否	否	是	是	否	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	是	是	是	是	否	否

項目	正三角形						等腰銳角三角形				
船的尺寸	15.2cm× 13.2cm× 1cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	15.2cm× 13.2cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 6cm	15.2cm× 13.2cm× 8cm	15.2cm× 13.2cm× 10cm	10 cm× 20 cm× 1cm	10 cm× 20 cm× 2cm	10 cm× 20 cm× 4cm	10 cm× 20 cm× 6cm	10 cm× 20 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	100	200	400	600	800
船的淨重(g)	8	11	14	20	26	33	9	13	16	22	26
船可載的 硬幣數量 (個)	35	73	124	153	187	125	25	63	122	168	163
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	133	277.4	471.2	581.4	710.6	475	95	234.4	463.6	638.4	619.4
所受浮力(g)	141	288.4	485.2	601.4	736.6	508	104	252.4	479.6	660.4	645.4
是否傾斜	否	否	否	否	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	是	否	否	是	是	是	否	否

表十六 實驗三 的 第二次 實驗數據

項目	長方形						正方形				
船的尺寸	20cm× 5 cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	20cm× 5 cm× 4cm	20cm× 5 cm× 6cm	20cm× 5 cm× 8cm	20cm× 5 cm× 10cm	5 cm× 5 cm× 1cm	5 cm× 5 cm× 2cm	5 cm× 5 cm× 4cm	5 cm× 5 cm× 6cm	5 cm× 5 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	25	50	100	150	200
船的淨重(g)	8	12	16	20	27	34	2	3	5	9	13
船可載的 硬幣數量 (個)	37	57	113	145	164	130	9	17	30	40	15
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	140.6	216.6	429.4	551	623	494	34.2	64.6	114	152	57
所受浮力(g)	148.6	228.6	445.4	571	650	528	36.2	67.6	119	161	70
是否傾斜	否	否	否	是	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	否	是	是	是	否	否

項目	箏形					直角三角形					
船的尺寸	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm	10cm× 10cm× 1cm	10cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 10cm× 6cm	10cm× 10cm× 8cm	10cm× 10cm× 10cm
船的體積 (cm ³)	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400	500
船的淨重(g)	5	9	14	16	20	5	7	11	15	17	21
船可載的 硬幣數量 (個)	15	32	60	48	1	18	28	61	78	72	61
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	57	121.6	228	182.4	3.8	68.4	106.4	231.8	296.4	273.6	231.8
所受浮力(g)	62	130.6	242	198.4	23.8	73.4	113.4	242.8	311.4	290.6	252.8
是否傾斜	否	否	否	是	是	否	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	是	是	是	是	否	否

項目	正三角形						等腰銳角三角形				
船的尺寸	15.2cm× 13.2cm× 1cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	15.2cm× 13.2cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 6cm	15.2cm× 13.2cm× 8cm	15.2cm× 13.2cm× 10cm	10 cm× 20 cm× 1cm	10 cm× 20 cm× 2cm	10 cm× 20 cm× 4cm	10 cm× 20 cm× 6cm	10 cm× 20 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	100	200	400	600	800
船的淨重(g)	7	12	15	21	28	35	9	13	16	22	26
船可載的 硬幣數量 (個)	37	56	124	171	174	103	29	65	123	169	159
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	140.6	212.8	471.2	649.8	661.2	391.4	110.2	247	467.4	642.2	604.2
所受浮力(g)	147.6	224.8	486.2	670.8	689.2	426.4	119.2	260	483.4	664.2	630.2
是否傾斜	否	否	否	否	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	是	否	否	是	是	是	否	否

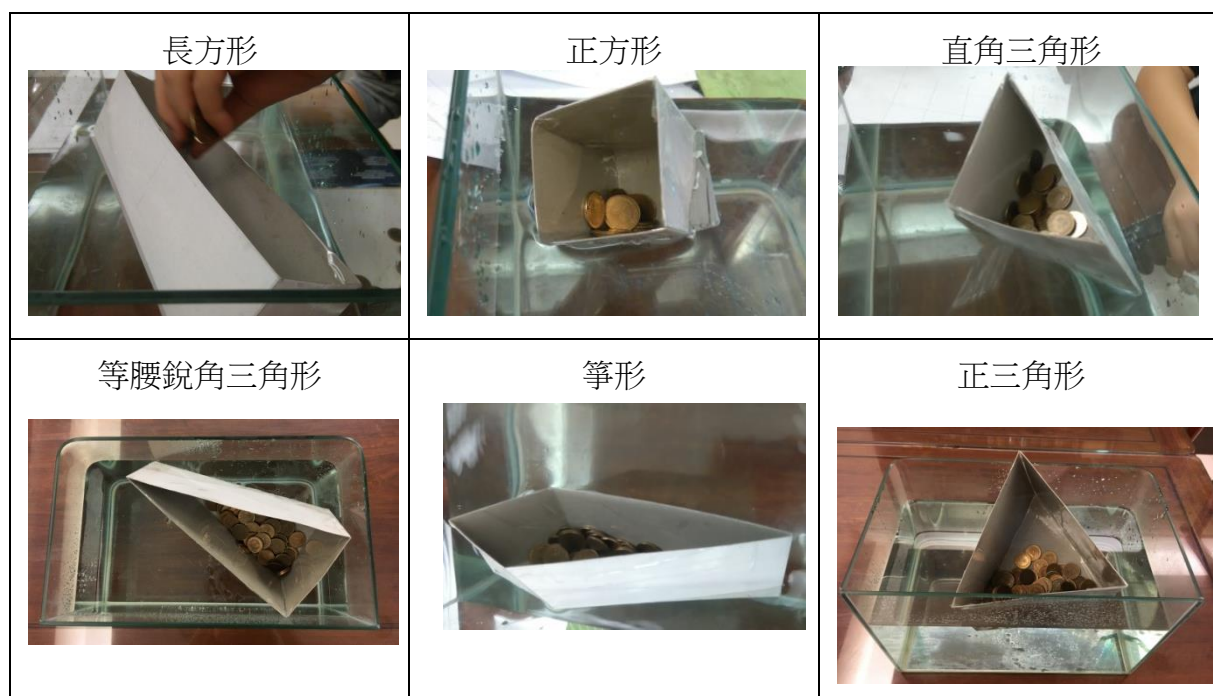
表十七 **實驗三** 的 第三次 實驗數據

項目	長方形						正方形				
船的尺寸	20cm× 5 cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	20cm× 5 cm× 4cm	20cm× 5 cm× 6cm	20cm× 5 cm× 8cm	20cm× 5 cm× 10cm	5 cm× 5 cm× 1cm	5 cm× 5 cm× 2cm	5 cm× 5 cm× 4cm	5 cm× 5 cm× 6cm	5 cm× 5 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	25	50	100	150	200
船的淨重(g)	7	12	17	20	27	36	2	4	5	8	8
船可載的 硬幣數量 (個)	28	64	103	144	162	150	8	16	27	28	24
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	106.4	243.2	391.4	547.2	615.6	570	30.4	60.8	102.6	106.4	91.2
所受浮力(g)	113.4	255.2	408.4	567.2	642.6	606	32.4	64.8	107.6	114.4	99.2
是否傾斜	否	否	否	是	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	否	是	是	是	否	否

項目	箏形					直角三角形					
船的尺寸	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm	10cm× 10cm× 1cm	10cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 10cm× 6cm	10cm× 10cm× 8cm	10cm× 10cm× 10cm
船的體積 (cm ³)	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400	500
船的淨重(g)	5	9	14	16	20	5	7	10	15	17	21
船可載的 硬幣數量 (個)	16	30	59	73	3	18	30	66	77	89	75
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	60.8	114	224.2	277.4	11.4	68.4	114	250.8	292.6	338.2	285
所受浮力(g)	65.8	123	238.2	293.4	31.4	73.4	121	260.8	307.6	355.2	306
是否傾斜	否	否	否	是	是	否	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	否	否	是	是	是	是	否	否

項目	正三角形						等腰銳角三角形				
船的尺寸	15.2cm× 13.2cm× 1cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	15.2cm× 13.2cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 6cm	15.2cm× 13.2cm× 8cm	15.2cm× 13.2cm× 10cm	10 cm× 20 cm× 1cm	10 cm× 20 cm× 2cm	10 cm× 20 cm× 4cm	10 cm× 20 cm× 6cm	10 cm× 20 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	100	200	400	600	800
船的淨重(g)	8	13	15	23	31	36	8	14	17	22	26
船可載的 硬幣數量 (個)	31	62	102	150	155	117	27	65	124	159	155
硬幣重量(g) =增加的浮 力 (g)	117.8	235.6	387.6	570	589	444.6	102.6	247	471.2	604.2	589
所受浮力(g)	125.8	248.6	402.6	601	620	480.6	110.6	261	488.2	626.2	615
是否傾斜	否	否	否	否	是	是	否	否	否	是	是
浮力是否 大於體積	是	是	是	是	否	否	是	是	是	否	否

圖二 船身傾斜的現象

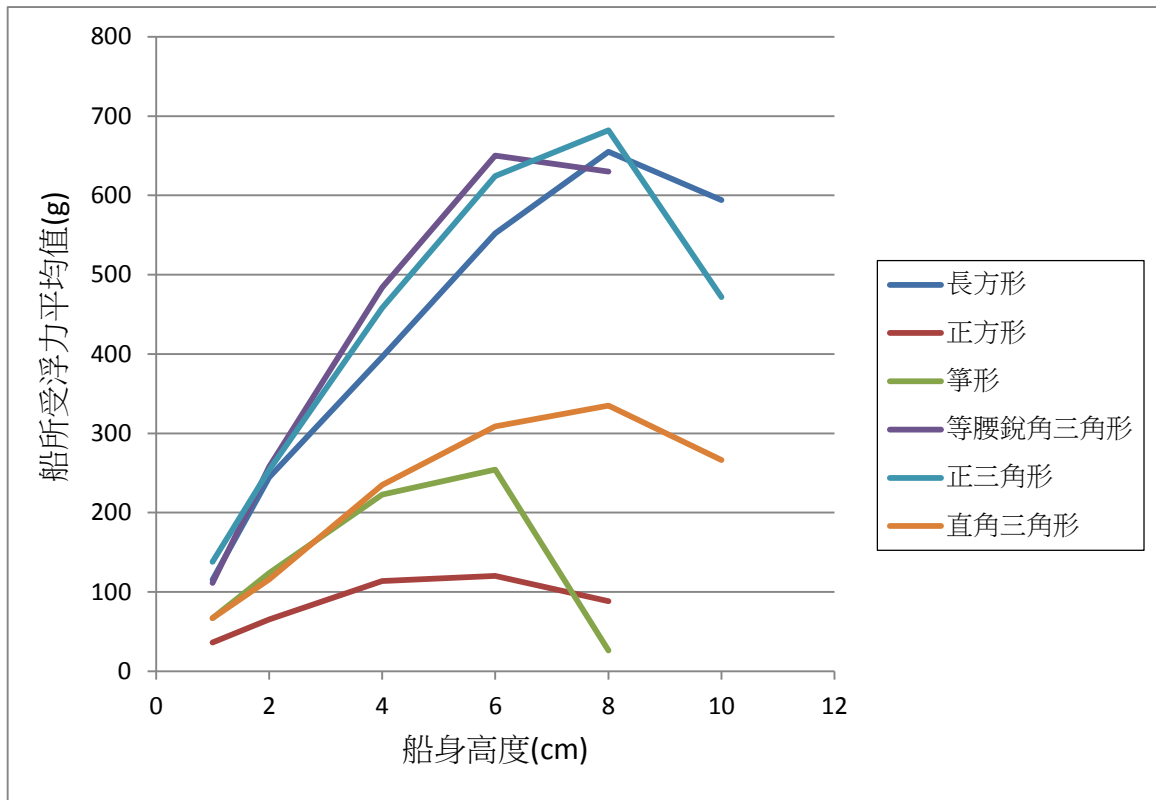


表十八 各形狀尺寸的船在三次實驗中所受浮力的平均值

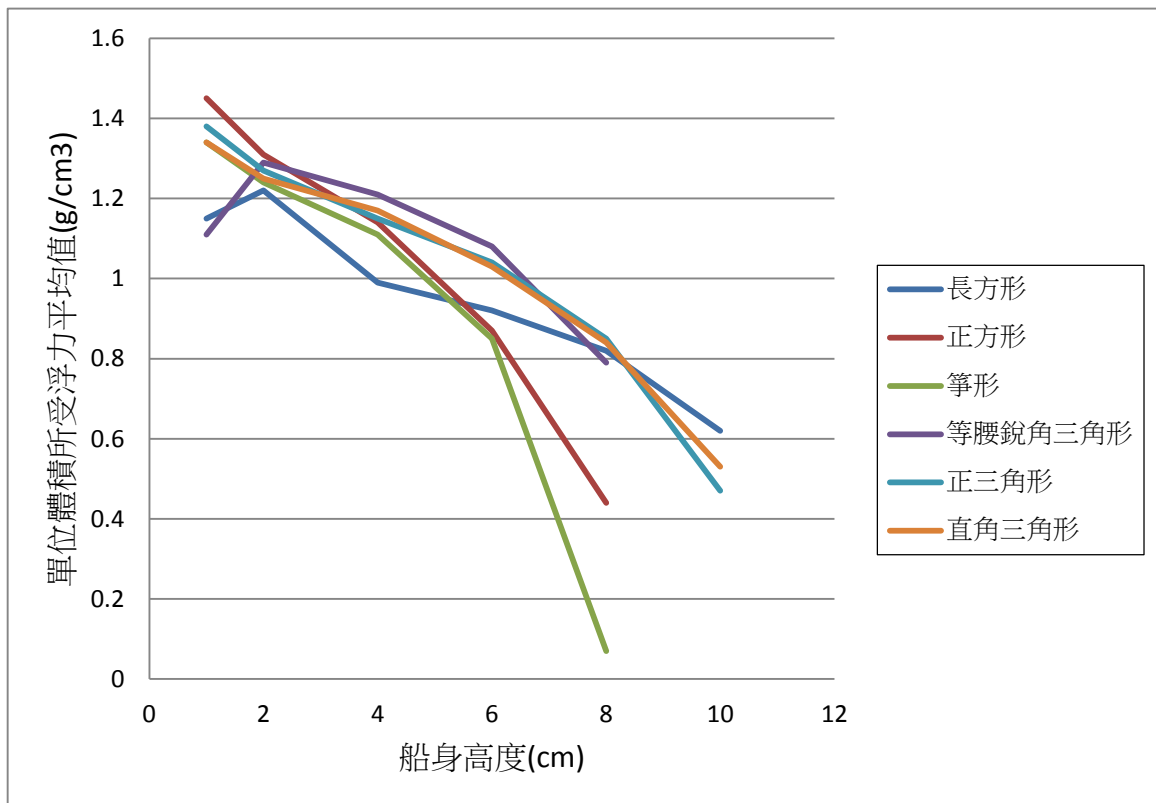
項目	長方形						正方形				
船的 尺寸	20cm× 5 cm× 1cm	20cm× 5 cm× 2cm	20cm× 5 cm× 4cm	20cm× 5 cm× 6cm	20cm× 5 cm× 8cm	20cm× 5 cm× 10cm	5 cm× 5 cm× 1cm	5 cm× 5 cm× 2cm	5 cm× 5 cm× 4cm	5 cm× 5 cm× 6cm	5 cm× 5 cm× 8cm
船的體 積(cm ³)	100	200	400	600	800	1000	25	50	100	150	200
第一次 實驗船 所受浮 力(g)	84	250.4	335.4	517.8	673	647.6	40	63.8	115.2	85	95.6
第二次 實驗船 所受浮 力(g)	148.6	228.6	445.4	571	650	528	36.2	67.6	119	161	70
第三次 實驗船 所受浮 力(g)	113.4	255.2	408.4	567.2	642.6	606	32.4	64.8	107.6	114.4	99.2
所受浮 力的平 均值(g)	115.3	244.7	396.4	552	655.2	593.9	36.2	65.4	113.9	120.1	88.3
浮力/體積 =單位體 積所受浮 力(g/cm ³)	1.15	1.22	0.99	0.92	0.82	0.62	1.45	1.31	1.14	0.87	0.44

項目	箏形					直角三角形					
船的尺寸	20 cm× 5 cm× 1cm	20 cm× 5 cm× 2cm	20 cm× 5 cm× 4cm	20 cm× 5 cm× 6cm	20 cm× 5 cm× 8cm	10cm× 10cm× 1cm	10cm× 10cm× 2cm	10cm× 10cm× 4cm	10cm× 10cm× 6cm	10cm× 10cm× 8cm	10cm× 10cm× 10cm
船的體積 (cm ³)	50	100	200	300	400	50	100	200	300	400	500
第一次 實驗船 所受浮 力(g)	73.4	118.2	187.8	270.6	23.8	54.4	140	201	306.6	359	240.4
第二次 實驗船 所受浮 力(g)	62	130.6	242	198.4	23.8	73.4	113.4	242.8	311.4	290.6	252.8
第三次 實驗船 所受浮 力(g)	65.8	123	238.2	293.4	31.4	73.4	121	260.8	307.6	355.2	306
所受浮 力的平 均值(g)	67.1	123.9	222.7	254.1	26.3	67.1	124.8	234.9	308.5	334.9	266.4
浮力/體積 =單位體 積所受浮 力(g/cm ³)	1.34	1.24	1.11	0.85	0.07	1.34	1.25	1.17	1.03	0.84	0.53
項目	正三角形					等腰銳角三角形					
船的尺寸	15.2cm× 13.2cm× 1cm	15.2cm× 13.2cm× 2cm	15.2cm× 13.2cm× 4cm	15.2cm× 13.2cm× 6cm	15.2cm× 13.2cm× 8cm	15.2cm× 13.2cm× 10cm	10 cm× 20 cm× 1cm	10 cm× 20 cm× 2cm	10 cm× 20 cm× 4cm	10 cm× 20 cm× 6cm	10 cm× 20 cm× 8cm
船的體積 (cm ³)	100	200	400	600	800	1000	100	200	400	600	800
第一次 實驗船 所受浮 力(g)	141	288.4	485.2	601.4	736.6	508	104	252.4	479.6	660.4	645.4
第二次 實驗船 所受浮 力(g)	147.6	224.8	486.2	670.8	689.2	426.4	119.2	260	483.4	664.2	630.2
第三次 實驗船 所受浮 力(g)	125.8	248.6	402.6	601	620	480.6	110.6	261	488.2	626.2	615
所受浮 力的平 均值(g)	138.1	253.9	458.0	624.4	681.9	471.7	111.3	257.8	483.7	650.3	630.2
浮力/體積 =單位體 積所受浮 力(g/cm ³)	1.38	1.27	1.15	1.04	0.85	0.47	1.11	1.29	1.21	1.08	0.79

圖三 船身高度與船所受浮力平均值的變化關係圖



圖四 船身高度與船的單位體積所受浮力平均值的變化關係圖



陸、討論

- 一、在蒐集與閱讀一些參考文獻之後，我們知道浮在水面上的船是浮體，所以在船還沒有載任何東西之前它所受到的浮力等於船本身的重量，當船慢慢增加載重之後它所受到的浮力就等於船所排開的水重量，因此我們在實驗一中**固定船的體積**，讓**每艘船所受的浮力等於船的體積換算成水的重量加上船本身的重量**。
- 二、在實驗中我們使用一元硬幣是因為測量精度會比五元或十元硬幣高，不過在將一元硬幣放入船裡的時候必須注意擺放位置，**從中間位置開始放起**，並且讓硬幣盡量**均勻分布**，然後觀察船的傾斜情況，如果船往左邊傾斜就在右邊放硬幣，如果船往右邊傾斜就在左邊放硬幣，這樣可以避免船太早過度傾斜沉船，影響實驗結果。
- 三、我們曾經嘗試使用**水來代替硬幣**，希望可以改善載重分布不均勻的問題，**但是發現在船內裝滿水時，船並不會沉**，討論後覺得應該是因為厚紙板較輕，即使船裡裝滿水船的密度也大約等於一，所以船雖然整個沒入水中卻不會沉船，如圖五。

圖五 船內裝滿水時船並沒有沉入水底



- 四、從實驗一的數據結果我們發現，**船底面積與船身高度的比值越大**可以載的**硬幣數量、硬幣重量、船所受的浮力等都越大**，而且很多船**所載的重量都大於**它的設計體積 200cm^3 所可以排開的水**重量 200 公克**，根據我們的觀察認為應該是【**船身周圍的水因為表面張力的關係**】不會馬上淹進船裡，所以造成船所載的硬幣重量大於 200 公克，如圖六。

圖六 船身周圍的水出現表面張力的現象



五、在實驗三長方形船的實驗過程中我們發現，船身高度 6 公分和 8 公分的船除了會傾斜之外，也會因為船的載重量越來越大，造成船身無法承受水的側向壓力結果發生變形的情形，如圖七，這應該也是造成船所受浮力會小於船的設計體積所應該排開的水重量的原因之一。

圖七 船身無法承受水的側向壓力而變形



柒、結論

- 一、在**固定每艘船的體積**讓每艘船能增加的浮力相同的條件下(實驗一)，**長方形尺寸 20cm×10cm×1cm 的船載重量最大**；四邊形的船都是底面積最小(船身高度最大)的時候可以載的硬幣數量最少，船所受的浮力最小；**底面積最大(船身高度最小)的時候可以載的硬幣數量最多**，船所受的浮力最大。三角形的船則沒有明顯規律，不過三種船形的船所受最大浮力都在 240 公克左右，差異比較小。
- 二、在固定每艘船的**表面積都相同**的條件下(實驗二)，**正方形尺寸 7cm×7cm×3.25cm 的船平均載重量最大，船所受的浮力最大**。長方形、正方形、箏形、正三角形和直角三角形都是船的**底面積最小(船身高度最高)的時候可以載的硬幣數量最多**，船所受的浮力最大；**四邊形**的三種船形中船所受最大浮力都大於三種**三角形**的船所受最大浮力。
- 三、在**固定船底面積**的情況下(實驗三)，不管是哪一種形狀的船，船的**載重量**(船所受浮力)會隨著**船身高度增加而增加**，而且會**大於船所排開的水重量**；但是當船身**高度增加到使船開始失去平衡產生傾斜**的時候，船所受**浮力**雖然依然**增加**，但是會**小於船的設計體積所應該排開的水重量**；**最後當船身高度增加太高的時候，船所受到的浮力也會開始減少**。除此之外，當船身高度大於 2cm 時，不管是哪種形狀的船，單位體積所受浮力會隨著船身高度增加而減少。

捌、參考資料及其他

- 一、國民小學自然與生活科技，四年級下學期第四單元，「奇妙的水」，南一書局。
- 二、163.32.153.3/info/action3/data/06 梅玲-簡單卻又複雜的浮力原理.pdf
- 三、ananedu.com/a/5/61/a.htm 浮力.pdf
- 四、ananedu.com/a/5/61/b.htm 為什麼船能浮在水上.pdf
- 五、科學探究 - 香港科學館| Hong Kong Science Museum 萬噸鐵船不沉之謎.pdf
- 六、浮揚性 - 船舶與港口終身學習網路教材 - 國立海洋科技博物館