

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 物理科

040108

衝出封鎖線-衝擊對表面張力的影響

學校名稱：國立台東高級中學

作者： 高二 柯利鴻 高二 鍾皇胤 高二 陳立心 高二 蘇峻緯	指導老師： 趙臨軒
---	--------------

關鍵詞：表面張力

摘要

本實驗主要是探討水的表面張力和水面狀態改變時，對於落水物體的速度變化量的關係；並設計實驗證明實驗原理之正確性。

壹、研究動機

在某個專門破解民間流言的外國知名節目中，有個流言提到一名修橋工人意外從十幾層樓高的橋上摔落，竟奇蹟地生還。節目指出此乃是因為工人的工具箱較早撞擊水面，使平靜的河面產生波動，亦破壞了河上的表面張力，以致於工人撞擊水面時的衝擊力減少，讓他能夠幸運生還。這引起了我們的興趣，究竟表面張力對衝擊物的影響有多大？破壞表面張力可以減少多少衝擊力？這就是我們接下來所要探討的課題。

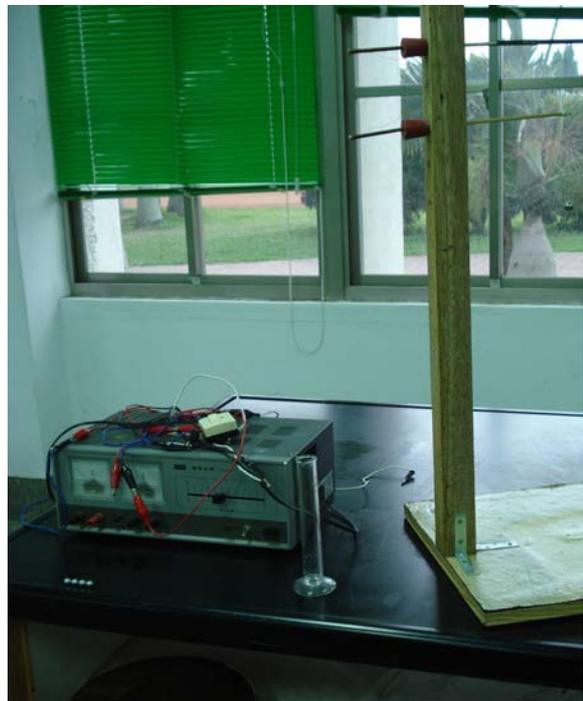
貳、研究目的

- 一、證實破壞表面張力可減少物體撞擊水面時所受之衝擊力。
- 二、計算物體撞擊水面時所受表面張力之量值，並觀測破壞物之重量、速率與表面張力受損程度有無關係。
- 三、觀測受破壞之表面張力的恢復速率。
- 四、比較有破壞物先入水時，受測物在不同水體中所受到的表面張力的差異。

參、研究設備及器材

測量用器材：

量筒(25ml)	一筒
電子秤	一個
L 鋼珠(28.477g)	數顆
陶製罐狀物甲(25.45g)	數顆
陶製罐狀物乙(16.50g)	數顆
陶製球狀物(16.50g)	數顆



照片一、初步測量器材

大型裝置用器材：		
電源供應器	一台	
鱷魚夾	數條	
軟鐵芯	兩支	
漆包線	數捆	
海綿	七個	
木製支架	一支	
水缸(60x30x30cm)	一缸	
攝影機	一台	
攝影機支架	一座	
物體運動軌跡測速軟體 Tracker		
照片二、實驗使用器材		

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

表面張力是分子間凡德瓦力的作用所造成，一般來說一個物態內部的原子或分子在穩定的狀態下會受到互相之間的吸引力和互相之間的排斥力。原子或分子所受四面八方的力相對稱，則所受的合力為零。(如圖 a 所示) 當一個物態與另一個物態相鄰時(這裡即用液態和氣態)，表面的原子或分子受到界面對面的排斥力比較小，吸引力也比較小，因此界面的原子或分子受力不平均，鉛直方向所受合力為一向下的淨力(如圖 a 所示)，也就是往液體下方的力，因此當分子要從液體內部移到液體表面時需要做功，代表著液體表面的位能較高，在相同系統下若表面積越大，表面位能則越高。因表面張力促使液體縮小其表面積，表面積越小，液面的位能也就越小，液面也就越穩定。

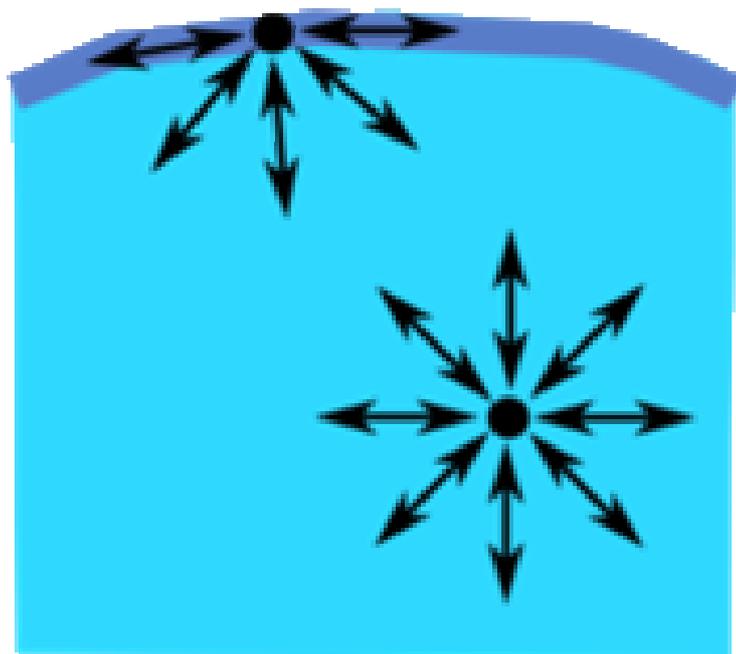
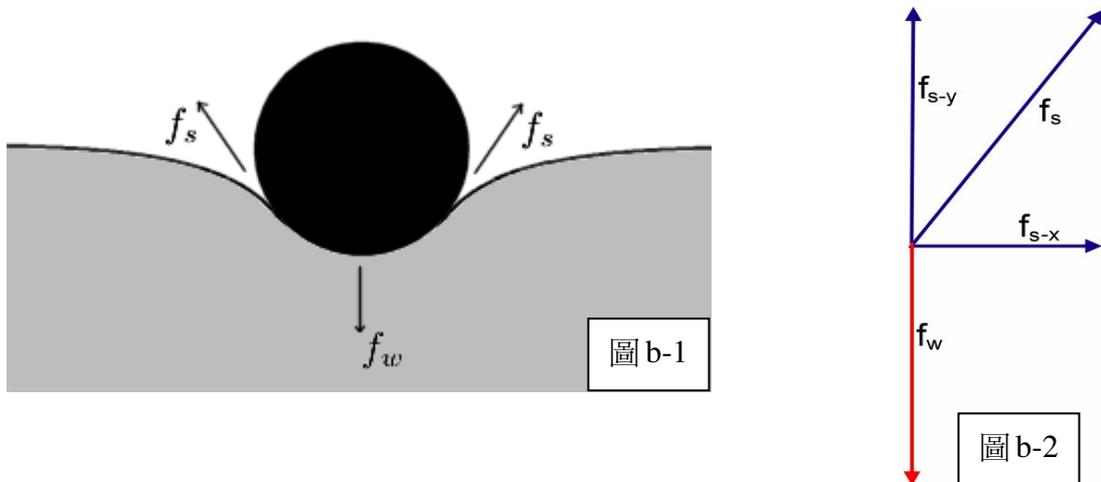


圖 a

當一物體接觸水面瞬間，其受力為兩往斜上方的表面張力和一向下重力(如圖 b-1)，但只有鉛直方向的表面張力分力會改變物體的速度，因其方向與重力相反(如圖 b-2)。



在實驗中，我們討論的是「受測物單顆落入水中」與「有破壞物先落水時，受測物再入水」兩種情況下，受測物所受到的衝擊力差異。我們把它定義為：

$$\sum F = f_w - f_B - f_d - T = F - \frac{MV_1 - MV_2}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F_1 - F_2 = (f_w - f_B - f_d - T_1) - (f_w - f_B - f_d - T_2) = T_2 - T_1 = \Delta T$$

F_1 ：單顆受測物落水時受到的力 F_2 ：有破壞物先落水時，受測物受到的力
 f_d ：水的阻力 T ：表面張力 B ：浮力

但是因為同一實驗中受測物條件皆相同，所以受到的浮力、水的阻力也都會是相同的，唯一會受到實驗變因影響的就只有表面張力，所以「受測物所受衝擊力的差值」即為「水的表面張力被破壞程度的差異」。

$\Delta T > 0$ ，表示 T_2 被增大。

$\Delta T < 0$ ，表示 T_2 被減小(破壞)。

$\Delta T = 0$ ，表示 $T_2 = T_1$ 。

因此我們只討論水的衝擊力差值： $F_1 - F_2 = \Delta T$ 。

藉由上述表面張力的性質，我們推論在相同狀況下，物體所受到的表面張力相等，因物體接觸水面瞬間動能損失為定值，且表面張力也就等於擴大液面所需的能量，即造成液體面積擴大的能量是定值；因此若有一破壞物 a 比受測物 b 先落水，水的表面積會因為破壞物 a 的撞擊而擴大，並且在水面恢復成原面積前，受測物 b 落水，而破壞物 a 已經幫受測物 b 使水的表面積擴大一部分，受測物 b 所需擴大的面積因破壞物 a 而減少，則需要提供的能量減少，即受到的表面張力較小。

二、實驗一：確認表面張力與物體撞擊水面所受之力有無關係。

(一) 實驗說明：

物體撞擊時的力量會將水濺出，力量越大濺出水量越多。我們利用此一關係，設計一實驗觀察表面張力與物體撞擊水面所受之力有無關係。

首先先設原水量(35ml)為 V 。

第一組將受測物置於水面上方 20cm 處使之自由落下，觀察量筒的刻度並設為「 A 」，以原水量扣除 $A(V-A \rightarrow$ 即所濺出的水量)。

第二組實驗將破壞物與受測物置於水面上方 20cm 處垂直貼緊(如照片三)，使之同時自由落下，觀察量筒的刻度並設為「 B 」，先以原水量扣除 $B(V-B \rightarrow$ 即兩鋼珠所濺出的水量)，再扣除破壞物濺出的水量 $V-A(V-B-(V-A)) \rightarrow$ 所得為受測物實際濺出的水量)。

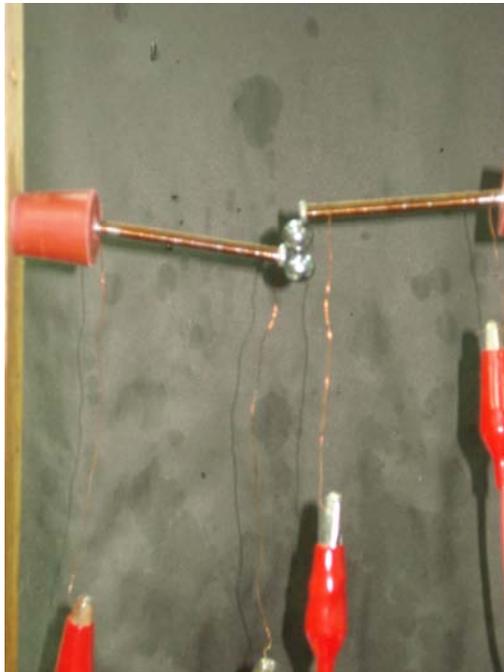
將第一輪之結果與第二輪之結果相減： $(V-A)-(V-B-(V-A))=V+B-2A$

觀察 $V+B-2A$ 的大小，即可了解表面張力對物體撞擊水面所受力之關係。

若 $V+B-2A > 0$ ，表示第一輪實驗中的受測物撞擊水面時所受的力較大。

若 $V+B-2A < 0$ ，表示第一輪實驗中的受測物撞擊水面時所受的力較小。

若 $V+B-2A = 0$ ，表示兩組實驗中的受測物撞擊水面時所受的力相同。



照片三、實驗一作法展示

(二) 實驗步驟：

1. 用純水裝滿量筒至貼齊筒口
2. 將一 L 鋼珠置於量筒上方 20cm 處，使其自由落下，記錄所剩水量，做十循環。
3. 將兩個 L 鋼珠分別置於量筒上方 20cm 處垂直並貼緊(如照片三)，使其同時自由落下記錄所剩，做十循環。
4. 比較步驟二、步驟三平均後之結果，確認表面張力與物體撞擊水面所受之力有無關係。

三、實驗二：觀測物體撞擊平靜水面(表面張力未受破壞時)所受之力量值，作為下面實驗之對照組。

(一) 實驗說明：

對照組的實驗二分爲兩項，分別爲配合實驗三的「實驗二之一」與配合實驗四的「實驗二之二」兩項來做。

(二) 實驗二之一：

受測物：L 鋼珠

1. 實驗說明：

利用電磁鐵將受測物置於水面上，斷電使其自由落下，觀測其速度變化以推算出其撞擊水面時受力情形。由於攝影機所能捕捉最高速度極限爲自由落體 70 公分物體之速度，故受測物放置點距水面距離便以 70 公分爲上限，下限經討論定爲 50 公分。故受測物分別由 50cm 處、55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處落下。

2. 實驗步驟：

- (1) 將一 L 鋼珠置於水缸上方 50cm 處、55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處。
- (2) 使鋼珠自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下 L 鋼珠落下過程(以上做五循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析 L 鋼珠速度變化量。
- (5) 利用 L 鋼珠速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。

(三) 實驗二之二：

受測物：陶製球狀物

1. 實驗說明：

利用電磁鐵將受測物置於水面上，斷電使其自由落下，觀測其速度變化以推算出其撞擊水面時受力情形。距水面距離：65cm 以作爲實驗四之對照組。

2. 實驗步驟：

- (1) 將一陶製球狀物置於水缸上方 65cm 處。
- (2) 使鋼珠自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下 L 鋼珠落下過程(以上做五循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析陶製球狀物的速度變化量。
- (5) 利用陶製球狀物速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。

四、實驗三：確認表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係及其恢復速率。

受測物：L 鋼珠

破壞物：L 鋼珠

對照組：實驗二之一

(一) 實驗說明：

利用電磁鐵吸附兩顆鋼珠，上爲受測物，下爲破壞物。斷電使其同時掉落，保持距離，下方破壞物破壞表面張力，利用上方受測物速度的變化量計算出其所受撞擊力數值。由於攝影機所能捕捉最高速度極限爲自由落體 70 公分物體之速度，故鋼珠的放置點距水面距離便以 70 公分爲上限，下限經討論定爲 50 公分，實驗搭配如下：

受測物 破壞物	55(cm)	60(cm)	65(cm)	70(cm)
50(cm)	○	○	○	○
55(cm)		○	○	○
60(cm)			○	○
65(cm)				○

(二) 實驗步驟：

1. 將破壞物與受測物照上表所示位置置於水缸上方
2. 使其同時自由落下。
3. 利用攝影機錄下受測物落下過程(以上做十循環)。
4. 利用 Tracker 分析受測物速度變化量。
5. 利用受測物速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。
6. 將所受衝擊力與實驗二之一結果比較，確認表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係。

五、實驗四：確認表面張力所受破壞程度與破壞物之重量有無關係。

受測物：陶製球狀物

破壞物：陶製罐狀物甲、陶製罐狀物乙(以下簡稱甲、乙；兩物同形狀，不同重量。)

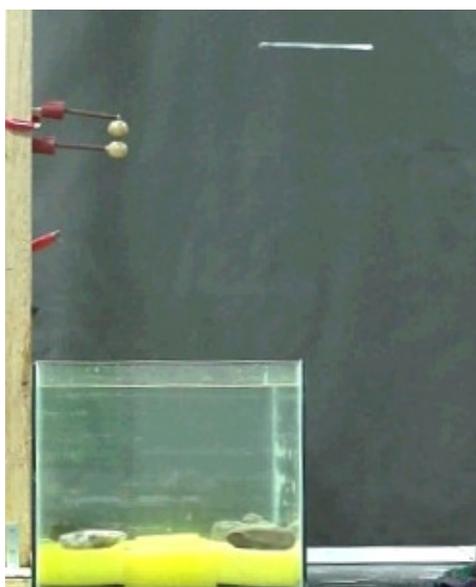
對照組：實驗二之二

(一)實驗說明：

甲、乙輪流為破壞物；利用電磁鐵將受測物放置於水面上方 65cm 處，而破壞物置於 60cm 處，斷電使其同時自由落下，觀察受測物速度變化量並推算其撞擊水面時受力情形。

(二) 實驗步驟：

1. 將破壞物與受測物分別置於水缸上方 60cm 處與 65cm 處。
2. 使其同時自由落下。
3. 利用攝影機錄下受測物落下過程(以上做十循環)。
4. 利用 Tracker 分析受測物速度變化量。
5. 利用受測物速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。
6. 將所受衝擊力與實驗二之二結果比較，確認表面張力所受破壞程度與破壞物之重量的關係。



照片四、實驗基本進行架構

六、實驗五：觀察在不同密度的水溶液中，受測物在各高度所受到的力。

受測物：L 鋼珠

(一) 實驗五之一：

水體：食鹽水(濃度：3.5%)

實驗說明：利用電磁鐵將受測物置於水面上，斷電使其自由落下，觀測其速度變化以推算出其撞擊水面時受力情形。由於攝影機所能捕捉最高速度極限為自由落體 70 公分物體之速度，故受測物放置點距水面距離便以 70 公分為上限，下限經討論定為 55 公分。故受測物分別由 55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處落下。

1. 實驗步驟：

- (1) 將一 L 鋼珠置於水缸上方 55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處。
- (2) 使鋼珠自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下 L 鋼珠落下過程(以上做五循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析 L 鋼珠速度變化量。
- (5) 利用 L 鋼珠速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。

(二) 實驗五之二：

水體：洗衣粉水溶液(濃度：0.01%)

實驗說明：利用電磁鐵將受測物置於水面上，斷電使其自由落下，觀測其速度變化以推算出其撞擊水面時受力情形。由於攝影機所能捕捉最高速度極限為自由落體 70 公分物體之速度，故受測物放置點距水面距離便以 70 公分為上限，下限經討論定為 55 公分。故受測物分別由 55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處落下。

1. 實驗步驟：

- (1) 將一 L 鋼珠置於水缸上方 55cm 處、60cm 處、65cm 處、70cm 處。
- (2) 使鋼珠自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下 L 鋼珠落下過程(以上做五循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析 L 鋼珠速度變化量。
- (5) 利用 L 鋼珠速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。

七、實驗六：比較有破壞物先入水時，受測物在不同水體中受到的力的差異。

受測物：L 鋼珠；破壞物：L 鋼珠

(一)實驗說明：

利用電磁鐵吸附兩顆鋼珠，上為受測物，下為破壞物。斷電使其同時掉落，保持距離，下方破壞物破壞表面張力，利用上方受測物速度的變化量計算出其所受撞擊力數值。由於攝影機所能捕捉最高速度極限為自由落體 70 公分物體之速度，故鋼珠的放置點距水面距離便以 70 公分為上限，下限經討論定為 50 公分，實驗搭配如下：

受測物 破壞物	55(cm)	60(cm)	65(cm)	70(cm)
50(cm)	○			
55(cm)		○		
60(cm)			○	
65(cm)				○

(二) 實驗六之一：

對照組：實驗五之一

水體：食鹽水(濃度：3.5%)

1. 實驗步驟：

- (1) 將破壞物與受測物照上表所示位置置於水缸上方
- (2) 使其同時自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下受測物落下過程(以上做十循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析受測物速度變化量。
- (5) 利用受測物速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。
- (6) 將所受衝擊力與實驗五之一結果比較，確認表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係。

(三) 實驗六之二：

對照組：實驗五之二

水體：洗衣粉水溶液(濃度：0.01%)

1. 實驗步驟：

- (1) 將破壞物與受測物照上表所示位置置於水缸上方。
- (2) 使其同時自由落下。
- (3) 利用攝影機錄下受測物落下過程(以上做十循環)。
- (4) 利用 Tracker 分析受測物速度變化量。
- (5) 利用受測物速度變化量了解其撞擊水面所受衝擊力。
- (6) 將所受衝擊力與實驗五之一結果比較，確認表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係。

伍、研究結果

一、實驗一：

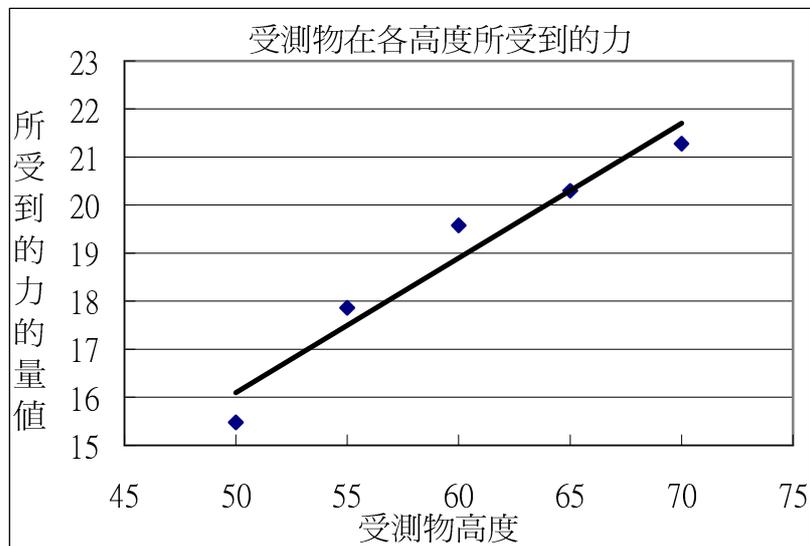
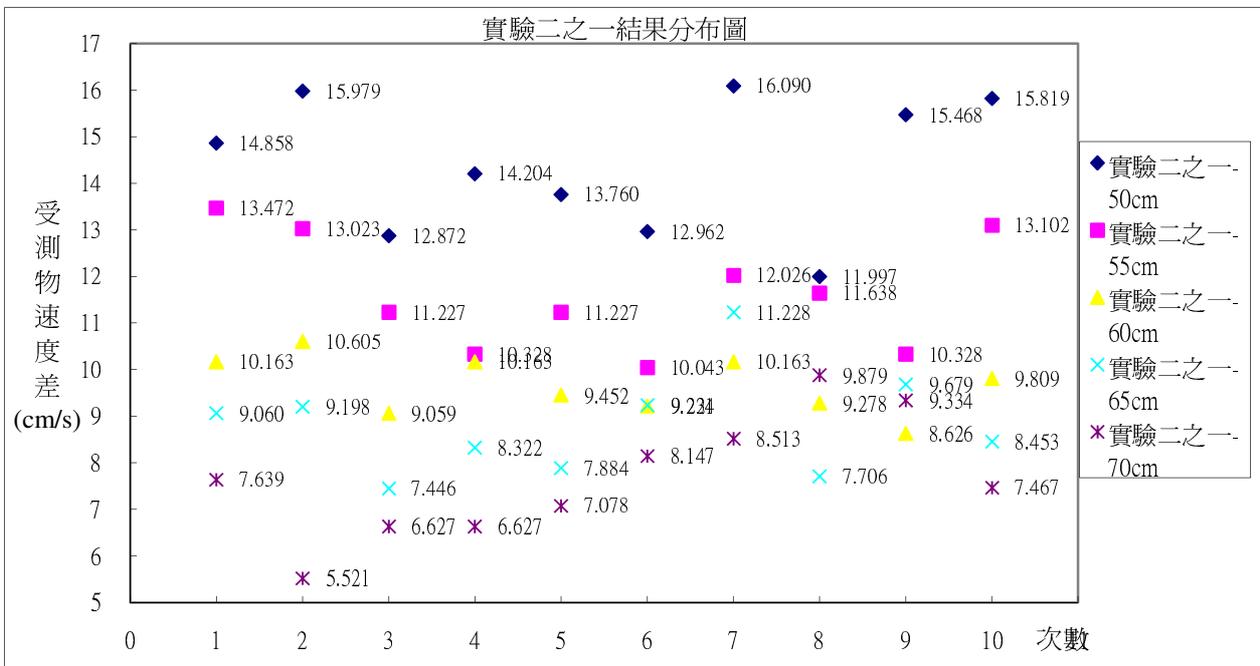
原水量：35ml

	水量 A(ml)	水量 B(ml)	V+B-2A(ml)
Average	33.025	31.533	0.483

討論：結果顯示，在水面狀態穩定時，物體所受的衝擊力較大；且在水面狀態不穩定時(表面張力之穩定狀態破壞時)，受測物所受到的衝擊力也相對的減小。

二、實驗二：觀測物體撞擊平靜水面(表面張力未受破壞時)所受之力的值，作為下面實驗之對照組。

(一) 實驗二之一：本實驗作為實驗三之對照組。



受測物距水面 50cm				受測物距水面 55cm					
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV		
1	180.487	195.345	14.858	1	209.266	222.738	13.472		
2	181.539	197.518	15.979	2	216.451	229.474	13.023		
3	181.096	193.968	12.872	3	220.941	232.168	11.227		
4	182.871	197.075	14.204	4	217.798	228.126	10.328		
5	189.529	203.289	13.760	5	217.798	229.025	11.227		
6	183.486	196.448	12.962	6	213.765	223.808	10.043		
7	180.247	196.337	16.090	7	208.457	220.483	12.026		
8	176.882	188.879	11.997	8	216.227	227.865	11.638		
9	182.334	197.802	15.468	9	217.798	228.126	10.328		
10	186.457	202.276	15.819	10	199.763	212.865	13.102		
Average			14.401	Average			11.641		
受測物距水面 60cm				受測物距水面 65cm					
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV		
1	220.923	231.086	10.163	1	238.709	247.769	9.060		
2	224.016	234.621	10.605	2	243.089	252.287	9.198		
3	224.367	233.426	9.059	3	241.775	249.221	7.446		
4	220.923	231.086	10.163	4	239.585	247.907	8.322		
5	217.463	226.915	9.452	5	237.395	245.279	7.884		
6	226.984	236.205	9.221	6	234.505	243.739	9.234		
7	221.807	231.970	10.163	7	233.537	244.765	11.228		
8	223.133	232.411	9.278	8	236.862	244.568	7.706		
9	223.735	232.361	8.626	9	239.225	248.904	9.679		
10	224.065	233.874	9.809	10	236.398	244.851	8.453		
Average			9.654	Average			8.821		
受測物距水面 70cm				高度	50	55	60	65	70
	V1	V2	ΔV	F	15.480	17.862	19.577	20.295	21.277
1	253.017	260.656	7.639	單位：Dyne					
2	253.080	258.601	5.521	<p>討論：本實驗紀錄 L 鋼珠入水前之速度(設為 V1)與入水後速度(設為 V2)之變化量。實驗發現當受測物釋放位置越高，物體受力越小，但理論上所受力為一定值，之所以受力會有變化，是因為攝影機的影格不足，不能準確抓住物體撞擊水表面時的瞬間，故要以實驗作為對照組來進行比較。</p>					
3	243.426	250.053	6.627						
4	252.262	258.889	6.627						
5	257.112	264.190	7.078						
6	254.614	262.761	8.147						
7	255.430	263.943	8.513						
8	251.470	261.349	9.879						
9	249.307	258.641	9.334						
10	257.376	264.843	7.467						
Average			7.683						

(二) 實驗二之二：本實驗作為實驗四之對照組。

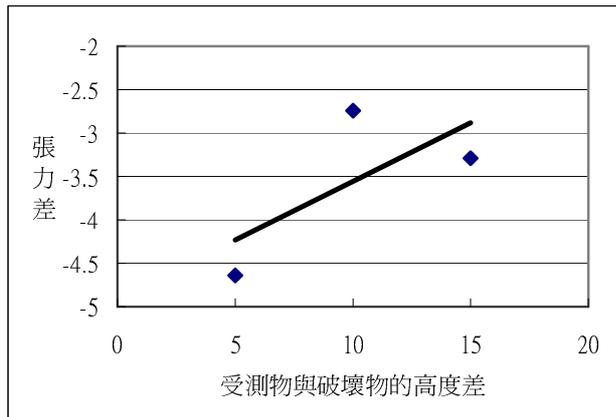
受測物距水面 65cm			
速度 次數	V1	V2	ΔV
1	245.524	227.707	-17.817
2	218.562	203.164	-15.398
3	227.116	208.725	-18.391
4	240.309	223.796	-16.513
5	229.011	213.367	-15.644
6	227.861	211.782	-16.079
7	226.571	214.217	-12.354
8	229.157	212.543	-16.614
9	224.672	210.472	-14.200
10	228.178	215.703	-12.475
Average			-16.753
高度	65		
F	24.5463		
單位：Dyne			
<p>討論：本實驗結果雖然有變化，卻是減速，經討論後我們認為應該是陶製球狀物之密度與 L 鋼珠之密度不同，導致浮力較大，使得物體減速。</p>			

三、實驗三：確認表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係及其恢復速率。

(一) 表面張力的恢復速率：

破壞物距水面 50cm																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>高度差</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>23.938</td> <td>18.729</td> <td>20.424</td> <td>23.500</td> </tr> <tr> <td>張力差</td> <td>-6.076</td> <td>0.848</td> <td>-0.129</td> <td>-2.223</td> </tr> </tbody> </table>			高度差	5	10	15	20	F	23.938	18.729	20.424	23.500	張力差	-6.076	0.848	-0.129	-2.223
	高度差	5	10	15	20													
F	23.938	18.729	20.424	23.500														
張力差	-6.076	0.848	-0.129	-2.223														
單位：Dyne (與實驗 2-1 比較)																		
兩物體相差 5cm				兩物體相差 10cm														
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV											
1	183.045	184.178	1.133	1	223.740	234.868	11.128											
2	184.403	188.351	3.948	2	195.040	208.511	13.471											
3	201.635	208.470	6.835	3	224.911	233.697	8.786											
4	191.382	195.939	4.557	4	206.168	216.711	10.543											
5	185.117	189.673	4.556	5	216.711	226.082	9.371											
6	190.450	194.503	4.053	6	212.793	224.691	11.898											
7	186.997	191.733	4.736	7	215.728	224.371	8.643											
8	185.109	190.213	5.104	8	211.943	222.671	10.728											
9	183.946	188.806	4.860	9	212.097	223.806	11.709											
10	185.370	191.583	6.213	10	210.676	220.759	10.083											
Average			4.600	Average			10.636											
兩物體相差 15cm				兩物體相差 20cm														
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV											
1	204.130	211.648	7.518	1	230.837	238.991	8.154											
2	225.526	233.622	8.096	2	298.607	302.174	3.567											
3	223.213	233.040	9.827	3	236.440	241.536	5.096											
4	209.913	218.009	8.096	4	248.669	252.476	3.807											
5	222.635	230.152	7.517	5	235.117	239.673	4.556											
6	217.643	224.579	6.936	6	238.670	242.509	3.839											
7	216.670	226.453	9.783	7	234.197	238.006	3.809											
8	213.907	224.167	10.260	8	235.719	241.694	5.975											
9	211.439	219.670	8.231	9	233.097	238.994	5.897											
10	215.349	225.809	10.460	10	232.078	238.451	6.373											
Average			8.672	Average			5.107											

破壞物距水面 55cm



高度差	5	10	15
F	24.218	23.037	24.568
張力差	-4.641	-2.742	-3.291
單位：Dyne(與實驗 2-1 比較)			

討論：依照上列結果，我們發現受測物與破壞物高度差為 5cm、即時間差為 0.033 秒時，張力差的值最大，但是在破壞表面張力 0.033 秒後撞擊水面之受測物其張力差的量值有減小的趨勢。

兩物體相差 5cm

	V1	V2	ΔV
1	178.060	181.431	3.371
2	195.046	199.003	3.957
3	190.360	195.489	5.129
4	206.175	209.546	3.371
5	202.660	204.869	2.209
6	200.970	202.762	1.792
7	203.486	209.617	6.131
8	202.664	209.128	6.464
9	200.410	203.834	3.424
10	201.641	203.764	2.123
Average			3.797

兩物體相差 10cm

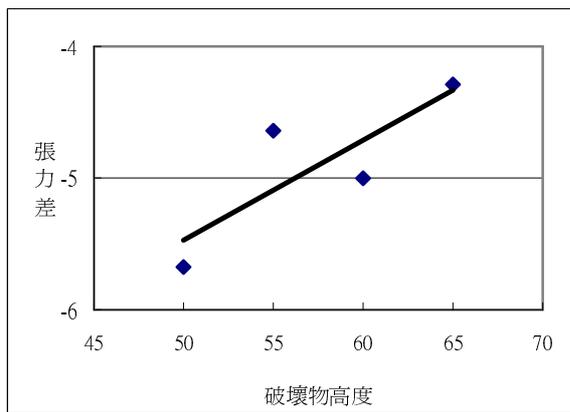
	V1	V2	ΔV
1	209.918	215.700	5.782
2	212.809	219.170	6.361
3	211.652	216.279	4.627
4	222.062	227.844	5.782
5	218.463	223.781	5.318
6	219.403	225.849	6.446
7	221.618	226.587	4.969
8	223.970	229.437	5.467
9	222.388	228.463	6.075
10	220.571	226.187	5.616
Average			5.644

兩物體相差 15cm

	V1	V2	ΔV
1	240.691	244.172	3.481
2	240.691	243.177	2.486
3	229.750	234.723	4.973
4	223.286	226.269	2.983
5	239.696	243.177	3.481
6	230.700	234.579	3.879
7	234.806	239.167	4.361
8	229.097	233.791	4.694
9	231.537	235.106	3.569
10	231.334	236.117	4.783
Average			3.869

(二)表面張力所受破壞程度與破壞物之速率的關係：

受測物與破壞物相距 5cm



破壞物高度	50	55	60	65
F	23.537	24.218	25.298	25.566
張力差	-5.675	-4.641	-5.003	-4.289

單位：Dyne

(此表與實驗 2-1 比較)

討論：從結果中我們得知當破壞物速率增加，受測物所受張力的差值愈大，即減緩之衝擊力(張力)愈多。

破壞物距水面 50cm

	V1	V2	ΔV
1	183.045	184.178	1.133
2	184.403	188.351	3.948
3	201.635	208.470	6.835
4	191.382	195.939	4.557
5	185.117	189.673	4.556
6	190.450	194.503	4.053
7	186.997	191.733	4.736
8	185.109	190.213	5.104
9	183.946	188.806	4.860
10	185.370	191.583	6.213
Average			4.600

破壞物距水面 55cm

	V1	V2	ΔV
1	178.06	181.431	3.371
2	195.046	199.003	3.957
3	190.360	195.489	5.129
4	206.175	209.546	3.371
5	202.660	204.869	2.209
6	200.970	202.762	1.792
7	203.486	209.617	6.131
8	202.664	209.128	6.464
9	200.410	203.834	3.424
10	201.641	203.764	2.123
Average			3.797

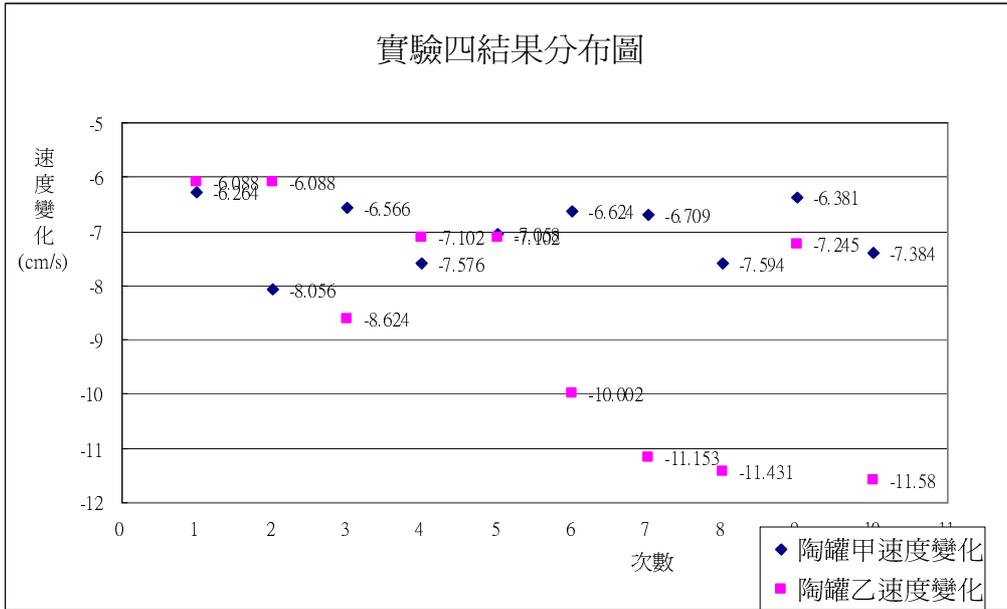
破壞物距水面 60cm

	V1	V2	ΔV
1	230.197	232.546	2.349
2	225.499	229.022	3.523
3	207.882	209.643	1.761
4	216.690	218.452	1.762
5	214.929	216.690	1.761
6	215.973	218.671	2.698
7	211.573	214.081	2.508
8	212.379	214.171	1.792
9	209.097	212.791	3.694
10	221.970	225.371	3.401
Average			2.525

破壞物距水面 65cm

	V1	V2	ΔV
1	235.452	237.504	2.052
2	295.469	296.495	1.026
3	238.530	240.069	1.539
4	242.633	244.685	2.052
5	240.843	242.670	1.827
6	238.154	241.067	2.913
7	239.972	242.670	2.698
8	238.955	241.357	2.402
9	245.975	249.189	3.214
10	249.118	251.487	2.369
Average			2.209

四、實驗四：確認表面張力所受破壞程度與破壞物之重量有無關係。



陶罐甲速度變化量			
	V1	V2	ΔV
1	245.055	238.791	-6.264
2	253.262	245.206	-8.056
3	242.422	235.856	-6.566
4	244.442	236.866	-7.576
5	228.680	221.622	-7.058
6	227.403	220.779	-6.624
7	233.685	226.976	-6.709
8	234.759	227.165	-7.594
9	224.298	217.917	-6.381
10	226.341	218.957	-7.384
Average			-7.021

陶罐乙速度變化量			
	V1	V2	ΔV
1	231.331	225.243	-6.088
2	196.834	190.746	-6.088
3	194.297	185.673	-8.624
4	219.156	212.054	-7.102
5	196.327	189.225	-7.102
6	198.472	188.470	-10.002
7	207.582	196.429	-11.153
8	199.834	188.403	-11.431
9	196.47	189.225	-7.245
10	201.148	189.568	-11.58
Average			-8.642

對照組	ΔV	
實驗 2-2	-16.753	
破壞物	甲	乙
F	19.681	20.491
張力差	4.866	4.056
單位：Dyne		
<p>討論：觀察上列圖表，當破壞物重量增加，受測物所受張力的差值愈大，即減緩之衝擊力(張力)愈多，因此推論：破壞物的重量對於表面張力的破壞有一定的影響。</p>		

五、實驗五：觀察在不同密度的水溶液中，受測物在各高度所受到的力。

受測物：L 鋼珠

(一)實驗五之一：本實驗作為實驗六之對照組。

水體：食鹽水(濃度：3.5%)								
受測物距水面 55cm				受測物距水面 60cm				
	v1	v2	ΔV		v1	v2	ΔV	
1	201.732	192.641	-9.091	1	206.965	200.151	-6.814	
2	208.225	197.403	-10.822	2	206.965	198.323	-8.642	
3	213.853	204.329	-9.524	3	215.174	207.829	-7.345	
4	201.732	194.372	-7.360	4	203.940	195.209	-8.731	
5	206.494	197.835	-8.659	5	202.212	194.434	-7.778	
6	205.432	198.771	-6.661	6	206.971	198.633	-8.338	
7	201.327	190.403	-10.924	7	204.571	198.501	-6.070	
8	209.928	203.976	-5.952	8	209.119	201.576	-7.543	
9	205.403	195.401	-10.002	9	201.379	193.180	-8.199	
10	199.812	190.124	-9.688	10	205.991	197.483	-8.508	
Average			-8.868	Average			-7.797	
受測物距水面 65cm				受測物距水面 70cm				
	v1	v2	ΔV		v1	v2	ΔV	
1	238.538	233.150	-5.388	1	222.394	218.492	-3.902	
2	217.476	212.088	-5.388	2	223.369	219.467	-3.902	
3	223.354	218.945	-4.409	3	221.906	216.541	-5.365	
4	224.333	218.456	-5.877	4	223.857	218.980	-4.877	
5	224.823	220.415	-4.408	5	225.808	220.443	-5.365	
6	225.572	219.630	-5.942	6	223.456	218.641	-4.815	
7	228.449	222.618	-5.831	7	224.156	219.456	-4.700	
8	223.979	218.508	-5.471	8	221.618	217.357	-4.261	
9	223.194	217.903	-5.291	9	225.709	221.467	-4.242	
10	229.006	223.714	-5.292	10	226.882	221.904	-4.978	
Average			-5.330	Average			-4.641	
	高度	55	60	65	70			
	F	34.965	34.055	31.962	31.378			
	單位：Dyne							

(二)實驗五之二：本實驗作為實驗六之對照組。

水體：洗衣粉水溶液(濃度：0.01%)							
受測物距水面 55cm				受測物距水面 60cm			
	v1	v2	ΔV		v1	v2	ΔV
1	197.061	206.937	9.876	1	207.799	222.286	14.487
2	197.959	209.181	11.222	2	213.684	225.020	11.336
3	193.795	203.919	10.124	3	215.495	231.340	15.845
4	201.101	212.324	11.223	4	219.117	233.604	14.487
5	196.613	205.141	8.528	5	217.758	231.340	13.582
6	198.624	207.534	8.910	6	219.651	233.669	14.018
7	196.676	208.187	11.511	7	217.018	229.016	11.998
8	201.097	209.279	8.182	8	220.46	236.494	16.034
9	192.652	204.420	11.768	9	215.949	232.188	16.239
10	195.874	204.239	8.365	10	213.645	231.156	17.511
Average			9.971	Average			14.554
受測物距水面 65cm				受測物距水面 70cm			
	v1	v2	ΔV		v1	v2	ΔV
1	223.214	238.546	15.332	1	253.553	270.428	16.875
2	229.527	243.957	14.430	2	231.327	248.011	16.684
3	221.410	238.095	16.685	3	246.208	261.539	15.331
4	221.410	238.546	17.136	4	246.208	263.343	17.135
5	226.370	242.153	15.783	5	247.564	264.700	17.136
6	224.055	241.964	17.909	6	244.184	263.971	19.787
7	228.873	243.175	14.302	7	249.057	264.187	15.130
8	229.671	245.084	15.413	8	253.991	269.013	15.022
9	219.470	237.885	18.415	9	251.599	268.677	17.078
10	226.481	241.964	15.483	10	248.018	265.570	17.552
Average			16.089	Average			16.773
	高度	55	60	65	70		
	F	18.980	15.091	13.789	13.208		
	單位：Dyne						

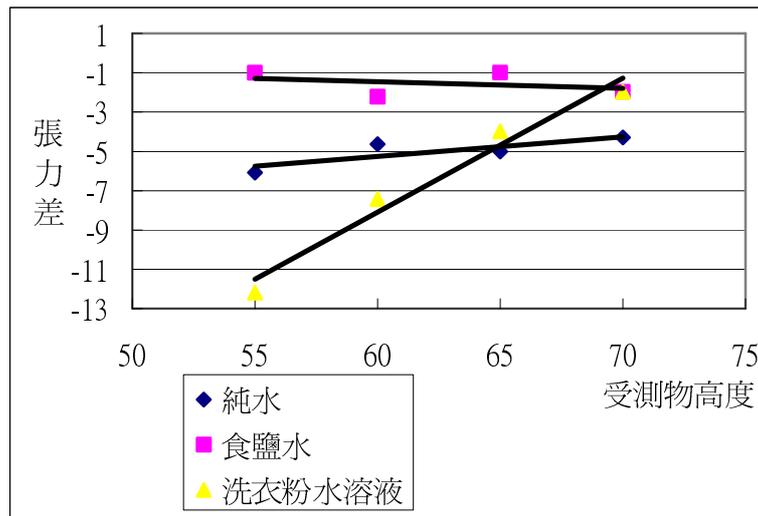
六、實驗六：比較同樣條件下的受測物與破壞物，在不同水體中所減緩衝擊力之比較。

受測物高度-破壞物高度：55-50cm												
純水				食鹽水(3.5%)				洗衣粉水溶液(0.01%)				
∖	V1	V2	ΔV	∖	V1	V2	ΔV	∖	V1	V2	ΔV	
1	183.045	184.178	1.133	1	201.308	192.982	-8.326	1	198.978	206.736	7.758	
2	184.403	188.351	3.948	2	216.033	209.035	-6.998	2	195.783	204.454	8.671	
3	201.635	208.470	6.835	3	210.105	203.757	-6.348	3	185.287	193.501	8.214	
4	191.382	195.939	4.557	4	213.457	206.121	-7.336	4	196.696	204.454	7.758	
5	185.117	189.673	4.556	5	211.529	203.363	-8.166	5	200.843	209.018	8.175	
6	190.450	194.503	4.053	6	213.489	204.974	-8.515	6	198.764	206.585	7.821	
7	186.997	191.733	4.736	7	215.678	208.234	-7.444	7	204.187	211.325	7.138	
8	185.109	190.213	5.104	8	217.001	208.450	-8.551	8	194.010	200.852	6.842	
9	183.946	188.806	4.860	9	221.349	215.208	-6.141	9	201.637	210.974	9.337	
10	185.370	191.583	6.213	10	216.705	207.69	-9.015	10	199.323	207.642	8.319	
平均			4.600	平均			-7.684	平均			8.003	
	水體	純水	食鹽水(3.5%)	洗衣粉水溶液(0.01%)								
	F	23.938	33.960	33.960								
	張力差	-6.076	-1.005	-12.1893								

受測物高度-破壞物高度：60-55cm												
純水				食鹽水(3.5%)				洗衣粉水溶液(0.01%)				
∖	V1	V2	ΔV	∖	V1	V2	ΔV	∖	V1	V2	ΔV	
1	178.060	181.431	3.371	1	231.680	226.782	-4.898	1	202.169	216.066	13.897	
2	195.046	199.003	3.957	2	223.704	218.526	-5.178	2	204.441	213.824	9.383	
3	190.360	195.489	5.129	3	216.986	210.619	-6.367	3	206.204	216.514	10.310	
4	206.175	209.546	3.371	4	229.337	223.958	-5.379	4	211.583	221.445	9.862	
5	202.660	204.869	2.209	5	224.101	218.374	-5.727	5	195.445	203.514	8.069	
6	200.970	202.762	1.792	6	227.365	223.008	-4.357	6	203.546	212.169	8.623	
7	203.486	209.617	6.131	7	226.393	221.904	-4.489	7	200.873	207.542	6.669	
8	202.664	209.128	6.464	8	226.674	220.169	-6.505	8	198.327	207.839	9.512	
9	200.410	203.834	3.424	9	225.148	221.674	-3.474	9	201.937	209.558	7.621	
10	201.641	203.764	2.123	10	224.534	219.089	-5.445	10	200.926	207.431	6.505	
平均			3.797	平均			-5.182	平均			9.045	
	水體	純水	食鹽水(3.5%)	洗衣粉水溶液(0.01%)								
	F	24.218	31.837	7.675								
	張力差	-4.641	-2.218	-7.416								

受測物高度-破壞物高度：65-60cm												
純水				食鹽水(3.5%)				洗衣粉水溶液(0.01%)				
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV	
1	230.197	232.546	2.349	1	200.677	196.809	-3.868	1	183.635	195.908	12.273	
2	225.499	229.022	3.523	2	202.611	198.757	-3.854	2	219.089	231.816	12.727	
3	207.882	209.643	1.761	3	218.085	215.184	-2.901	3	219.998	231.816	11.818	
4	216.690	218.452	1.762	4	205.996	201.161	-4.835	4	216.764	227.558	10.794	
5	214.929	216.690	1.761	5	202.128	199.226	-2.902	5	217.103	228.904	11.801	
6	215.973	218.671	2.698	6	203.993	199.015	-4.978	6	218.561	229.098	10.537	
7	211.573	214.081	2.508	7	204.671	200.189	-4.482	7	217.650	230.641	12.991	
8	212.379	214.171	1.792	8	209.100	204.674	-4.426	8	218.534	229.057	10.523	
9	209.097	212.791	3.694	9	201.851	197.141	-4.710	9	217.595	228.403	10.808	
10	221.970	225.371	3.401	10	204.345	199.746	-4.599	10	213.482	224.682	11.200	
平均			2.525	平均			-4.156	平均			11.547	
	水體	純水		食鹽水(3.5%)		洗衣粉水溶液(0.01%)						
	F	25.298		30.966		9.798						
	張力差	-5.003		-0.996		-3.990						

受測物高度-破壞物高度：70-65cm												
純水				食鹽水(3.5%)				洗衣粉水溶液(0.01%)				
	V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV		V1	V2	ΔV	
1	235.452	237.504	2.052	1	197.329	195.857	-1.472	1	242.513	255.513	13.000	
2	295.469	296.495	1.026	2	208.619	205.183	-3.436	2	235.789	249.237	13.448	
3	238.530	240.069	1.539	3	212.546	209.110	-3.436	3	245.651	259.996	14.345	
4	242.633	244.685	2.052	4	205.674	202.729	-2.945	4	189.619	199.031	9.412	
5	240.843	242.670	1.827	5	219.909	216.958	-2.951	5	250.134	264.927	14.793	
6	238.154	241.067	2.913	6	215.196	214.013	-1.183	6	247.351	262.193	14.842	
7	239.972	242.670	2.698	7	217.002	214.940	-2.062	7	241.676	255.155	13.479	
8	238.955	241.357	2.402	8	216.379	215.195	-1.184	8	239.994	251.617	11.623	
9	245.975	249.189	3.214	9	219.782	217.722	-2.060	9	241.448	254.437	12.989	
10	249.118	251.487	2.369	10	220.403	217.915	-2.488	10	248.52	263.072	14.552	
平均			2.209	平均			-2.322	平均			-13.248	
	水體	純水		食鹽水(3.5%)		洗衣粉水溶液(0.01%)						
	F	25.566		29.410		11.241						
	張力差	-4.289		-1.968		-1.967						
以上力之單位皆為 Dyne												



討論：在受測物高度為 55cm、60cm 時，洗衣粉水溶液所能減緩的衝擊力最多，而且在任何水體皆會因破壞物的高度升高使其所能減緩的衝擊力減少。

陸、討論

一、破壞表面張力是否可以減少物體撞擊水面時所受衝擊力？

根據實驗一之結果，我們發現 $V+B-2A>0$ ，代表實驗一第一輪的受測物撞擊水面時所濺出的水量較第二輪之受測物多，即第二輪受測物撞擊水面時所受到的衝擊力較小。

所以我們推斷：破壞表面張力確實可以使物體撞擊水面時所受衝擊力降低；反推即可得知：水的表面張力會增加物體撞擊水面時所受的衝擊力。

二、破壞物速率與表面張力受損程度有無關係？

我們發現，當破壞物入水前速度越快，受測物的張力差有愈小的趨勢，這表示被破壞的張力較少。

這是因為物體速度越快，穿過水面時間越短，衝量越小，速度變化量愈小。

$F \times \Delta t = m(V_2 - V_1) \rightarrow$ 因破壞物之質量及在撞擊水面瞬間時所受到的力相同

$\rightarrow \Delta t \propto \Delta V \rightarrow$ 當穿過水面時間愈短，即破壞物之動量變化量愈小。

再由 $(\Delta P)^2 = 2m\Delta E_k \rightarrow \Delta P \propto \sqrt{\Delta E}$

因此：當穿過水面時間愈短，破壞物之動量變化量愈小，撞擊水面時提供能量愈少，而受測物提供的能量相對較多，即速度變化量愈大。

三、表面張力的恢復速率為何？

根據實驗結果，我們發現受測物與破壞物高度差為 5cm、即時間差為 0.033 秒時，張力差的值最大，而且在破壞表面張力 0.033 秒後撞擊水面之受測物其張力差的量值有減小的趨勢，但是在 0.033 秒前的情形我們無法得知，因此我們無法確定實際的恢復速率。

四、破壞物重量與表面張力受損程度有無關係？

從結果中我們得知當破壞物重量增加，受測物所受張力的差值愈大，即減緩之衝擊力(張力)愈多，因此推論：當破壞物重量越重時，受測物所受表面張力較小。

可依據動能公式： $K = \frac{1}{2}mv^2$ 我們可以知道，當重量 m 值越大時，破壞物動能越大，這表示撞擊水面時提供能量愈多，相對地：受測物所需提供的能量愈少，由功能定理推導： $\sum F \times 2r = W$ ， r 為定值 $\rightarrow \sum F \propto W$ ，即可得知受測物受到的力也愈小。

五、不同水體中減緩之衝力有無差異？

由結果我們得知：在受測物高度為 55cm、60cm 時，洗衣粉水溶液所能減緩的衝擊力最多，而且在任何水體皆會因破壞物的高度升高使其所能減緩的衝擊力減少；但是洗衣粉水溶液因破壞物高度升高張力差變化幅度較大，因此我們推論：在洗衣粉水溶液水溶液中表面張力因破壞物高度的升高而使得張力差的變化幅度較大(效果較差)。

柒、結論

- 一、破壞表面張力確實可以減少物體撞擊水面時所受衝擊力
- 二、破壞物的速度與表面張力受破壞的程度有關，速度越快表面張力被破壞的程度就越小。
- 三、破壞物的重量與表面張力受破壞的程度有關，重量越大表面張力被破壞的程度就越大。
- 四、在洗衣粉水溶液水溶液中表面張力因破壞物高度的升高，而使得張力差的變化幅度較大(效果較差)。

捌、參考資料及其他

表面張力。取自「維基百科」：

<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E5%BC%B5%E5%8A%9B&variant=zh-tw>

Surface tension. Wikipedia from:

http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_tension

【評語】 040108 衝出封鎖線-衝擊對表面張力的影響

1. 測量被物體撞擊之水面表面張力改變之值，並求其與破物體之重量、速率等之相關性，具參考價值。唯方法誤差太大，如表面張力差與高度差之圖(P.12)變化由負至正缺規則性而硬以線性變化表示極為不妥。其他如 P.13、P.14 之曲線圖亦有同樣缺點。
2. 各數據圖縱、橫軸均未標明單位。