

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

040116

鐵達尼下沉，傑克！還會活嗎？

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者：	指導老師：
高二 魏旻良	蕭穎哲
高二 陳冠霖	王鈺茹

關鍵詞：潛體阻力(壓力阻力) 白努力定律

鐵達尼下沉，傑克！還會活嗎？

摘要：

實驗中主要探討水面下有一圓板向下運動時，對受力球(在圓板上方)產生的速度變化的影響；以及受力球在脫離圓板的影響時，距離圓板的大小關係為何？

裝置中水面下有一受力球，受力球下有一圓板。當圓板向下移動時，在圓板上方會形成低壓區。受力球下方的低壓區（因為圓板向下運動所形成）造成受力球上方的壓力大於受力球下方的壓力，使得受力球向下運動。

圓板移動速度的快慢，會影響圓板上方壓力的大小。在受力球上下壓力差的不同下，向下運動的速度也不同。

此外，圓板上方的壓力變化會改變對受力球的影響範圍。反觀在各組圓板在以不同速度下沉時，當受力球無持續向下加速時，受力球與圓板的距離也會不同。

壹、實驗動機：

在國小四年級時，當我看完鐵達尼號，影片中有很多的細節我都不了解其中的內涵。其中最令我感到疑惑的就是，在鐵達尼號下沉的那一幕，男主角傑克被強力的水流硬是往下拉。那時我一直不知道這一幕的意義在哪，以及為什麼會有這樣的現象。

這個伴著童年的疑問，在一篇文獻<Six-way I Wouldn't Try It Again>才豁然開朗。文中寫到一個人被拋出機外，卻奇蹟生存的案例。而文中根據科學的解釋是飛機快速下墜的過程中，後方形成低壓區，使得原來被拋出去的人又被拉回機尾。如果根據這樣的說法，鐵達尼號下沉時，後方的產生低壓，使得傑克被拉入水中。然而傑克就會像電影中那樣被拉入水中嗎？如果傑克真的就如電影一樣被拉入水中，傑克會浮出水面嗎？還是一直被水流往下拉？

此外希望在從這次的實驗中，能夠更深入地了解白努力定律，並在未來可以被廣泛的應用。同時對於第九章流體力學第五節白努力方程式的學習上，能夠更為靈活、具體。也希望在將來的學測、指考，能夠將白努力定律相關的題型做快速、正確的分析。

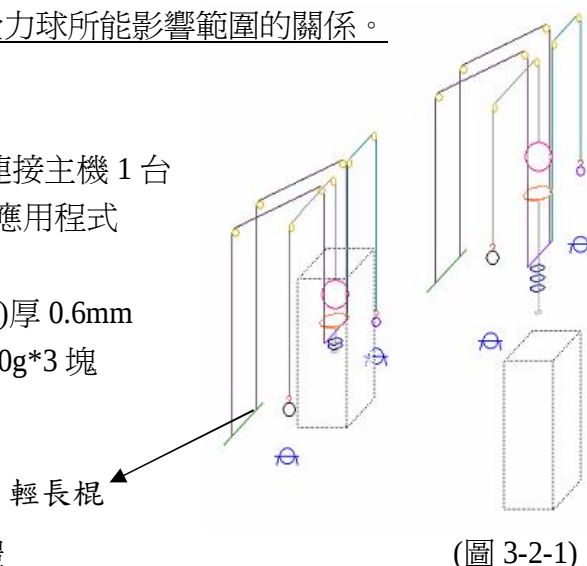
貳、實驗目的：

- 一、探討一水面下靜止之受力球，下方有一個圓板。當圓板受不同作用力拉動而以不同速度向下運動的過程中，對於受力球產生向下速度變化的影響。
- 二、探討一水面下靜止之受力球，下方有一個圓板。圓板以不同作用力拉動而以不同速度向下運動時，圓板對受力球所能影響範圍的關係。

參、實驗器材及裝置：

一、實驗器材

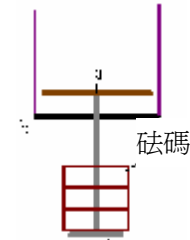
- (一) 位移測量器 2 台 + 連接主機 1 台
- (二) 電腦 + Data Studio 應用程式
- (三) Microsoft Excel
- (四) 水族箱(45*45*90cm³)厚 0.6mm
- (五) 砝碼 1000g*4 塊 ;500g*3 塊
- (六) 圓板;直徑 28cm
- (七) 標靶物*2(輕球)
- (八) 輕長棍
- (九) 6 吋塑膠平滑之球體
- (十) 滑輪組依圖(圖 3-2-1)之位置固定在已架好的長條木板上。



二、實驗裝置

(一) 水箱：

- 1.圓板及受力球接置於水箱內
- 2.受力球切於水面下
- 3.圓板切於受力球下



(二) 受力球：

- 1.受力球為直徑為 6 吋的塑膠平滑之球體。
- 2.受力球上黏一細線。細線經過兩個定滑輪並接上一個標靶物，此標靶物置於水族箱外。
- 3.受力球內灌水，使受力球在水中時合力為零。
- 4.標靶物下方設一位移測量器

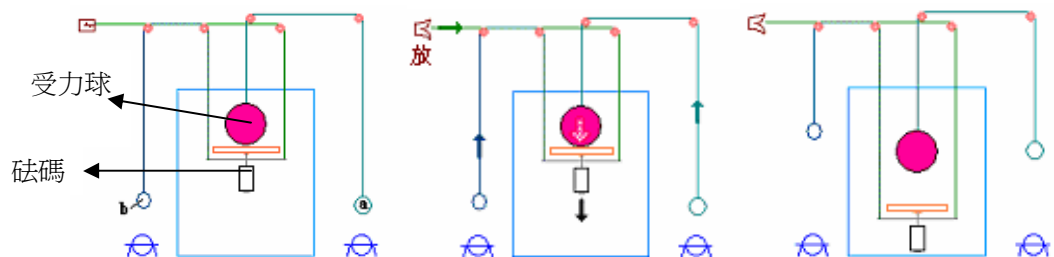
(圖 3-2-2)

(三) 圓板：

- 1.一鐵棒長 36cm 兩端綁線(b)，用以控制高度及拉起。
- 2.兩線經過兩組滑輪，並綁上一輕長棍
- 3.小台子上端與圓板重心下之掛勾綁在一起(a)
- 4.由鐵棒的一端接一繩。以此繩之輪軸系統上掛一個標靶物
- 5.標靶物下方設一位移測量器
- 6.圓板下方分別裝上 4000g、3500g、3000g、2500g、2000g、1500g、1000g 的砝碼。

(四) 裝置運行

- 1.當操作者放開輕木棍時，圓板因為砝碼受重力影響而下降。
- 2.圓板下降時拉動左方的標靶物 b。(見圖 3-2-3)
- 3.受力球受力而開始下降，此時拉動右方的標靶物 a
- 4.兩標靶物的位移經由位移測量器測得
- 5.流程簡易圖：



(圖 3-2-3)



整體結構



平板+砝碼(圖 3-2-4)



上部滑輪組



整組滑輪組



輕長棍



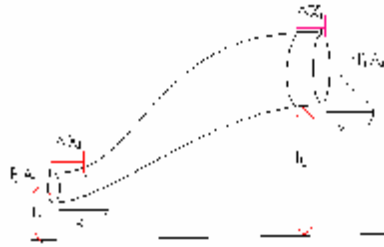
標靶物(左)受力球的 (右)平面的

三、應用理論

(一) 白努利定律：

白努利方程(Bernoulli's equation)，即 $p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{定值}$

其中 P 是流體壓力， ρ 是密度， v 為流速，而 h 是高度



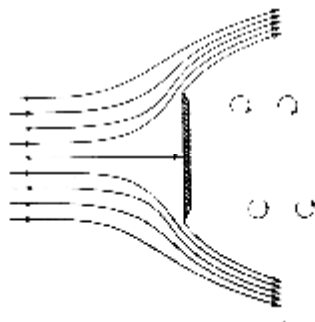
若流體在同一高度時，則 $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = \text{定值}$ ，代表流速 v 增快時，流體的壓力減少，同理流速 v 減小時，流體的壓力增加。

(二) 潛體阻力

潛體與其周圍流體之間發生相對運動，前者便會受到阻力，但儘管流體阻力在實用上非常重要，但潛體所受阻力的理論計算目前只限於少數簡單形狀的潛體，於是阻力的計算必須經由實驗的方法所得。

現在如果將一平板垂直於流動方向放置(圖 4-3)，則平板所受的總曳力幾乎完全歸因於上下游側的壓力差。而摩擦曳力實際上為零。平板上游的流線型態與非旋轉流極為相似。在平板上游側平面中心有一個停滯點平板板緣附近流線很緊密地分布，這表示在這些地方，具有相當高的速度及相當低的壓力，當這些低壓區鄰接於平板後面發生的紊亂尾流，於是亂流混合的結果，使得平板下游面的壓力又有相當程度的降低。

另一方面，若平板是以平行於流動方向放置，那麼全部的流動型態大致都還維持非旋轉性，壓阻力幾乎為零阻力因而全部歸因於摩擦阻力。



(圖 4-3)

肆、實驗過程：

一、步驟一：器材之架設

- (一) 將圓板下方裝上 4000g 的砝碼作為下拉圓板之力
- (二) 下拉輕木棍，以拉起圓板並控制圓板的位置。同時將受力球與水面下相切。
- (三) 圓板貼齊受力球

二、步驟二：數據測量

- (一) 啟動位移測量器
- (二) 放開木棍，圓板及受力球之位置變化。藉由位移測量器測得。
- (三) 啟動後 10 秒停止位移測量器
- (四) 重複 10 次步驟(一)2~3，步驟(二)1~3
- (五) 將圓板下方分別裝上 3500g、3000g、2500g、2000g、1500g、1000g，每組重複 10 次步驟(一) 2~3、步驟(二)1~3

三、步驟三：數據處理

- (一) 將所得數據從 Data Studio 輸出成文字檔。
- (二) 將輸出之文字檔案輸入 Microsoft Excel 處理分析。
- (三) 算出速度，加速度與函數圖。

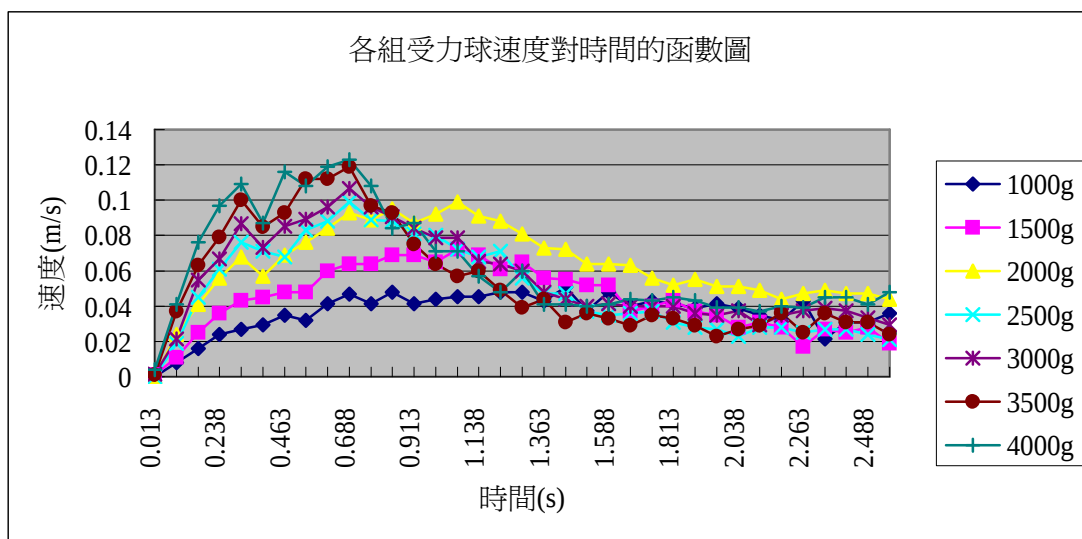
四、補充實驗

- (一) 將圓板下方裝上 4000g 的砝碼作為下拉圓板之力
- (二) 下拉輕木棍，以拉起圓板並控制圓板的位置。同時將受力球靜止在水面下 7cm。
- (三) 圓板貼齊受力球
- (四) 重複 10 次步驟(一)，步驟(二)1~3
- (五) 將平面下方裝上 3500g 砝碼，重複 10 次步驟(一) 2~3、步驟(二)1~3

伍、實驗結果：

一、實驗結果各組受力球（0~3s 間），速度對時間之函數圖

圖 6-1

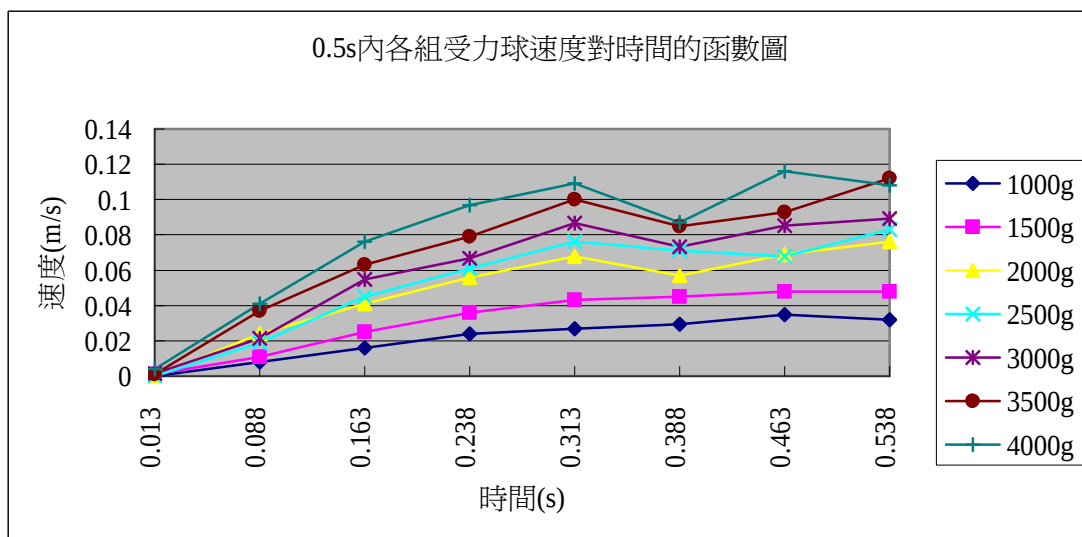


(一) 當圓板對於施力球的影響小於環境限制所引起的水流時，受力球的速度變化已不具討論意義。此外，實驗目的在探討受力球受到圓板的影響，因此受力球在脫離圓板的影響後(無持續向下加速之趨勢)，就不加以討論與分析。故以下所列出之圖表，時間軸(x 軸)只取到 1.200s。

(二) 就整體而言，速度對時間的函數曲線由上至下排序為：

4000g->3500g->3000g->2500g->2000g->1500g->1000g

圖 6-1-1



(三) 就 0.088s 中，受力球速度由快至慢為

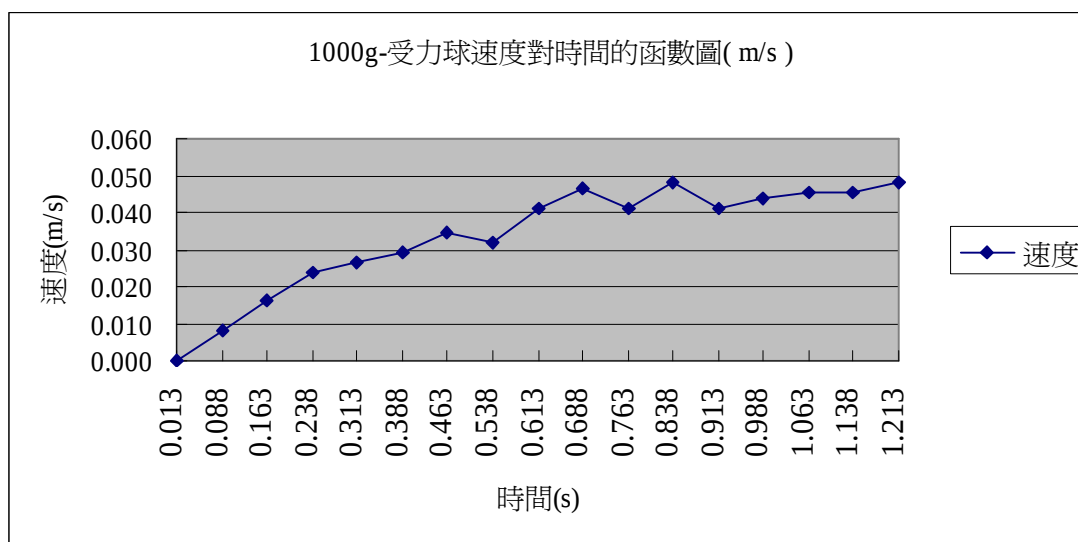
(四) 3000g,2500g,2000g 在 0.088s 時速度相近。

二、 (1000g)圖表(已將所有所得之數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-2

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.434	0.013	0.013	0.000	0.000	0.283	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
0.075	0.433	0.088	0.038	0.010	0.075	0.283	0.088	0.008	0.007	0.075	-0.001
0.150	0.433	0.163	0.063	0.013	0.150	0.284	0.163	0.016	0.000	0.150	-0.003
0.225	0.434	0.238	0.088	0.015	0.225	0.285	0.238	0.024	0.006	0.225	-0.003
0.300	0.439	0.313	0.113	0.017	0.300	0.287	0.313	0.027	0.000	0.300	0.000
0.375	0.446	0.388	0.138	0.014	0.375	0.289	0.388	0.029	0.004	0.375	0.005
0.450	0.455	0.463	0.163	0.010	0.450	0.291	0.463	0.035	0.007	0.450	0.012
0.525	0.465	0.538	0.188	0.011	0.525	0.294	0.538	0.032	0.007	0.525	0.020
0.600	0.476	0.613	0.213	0.021	0.600	0.297	0.613	0.041	0.007	0.600	0.028
0.675	0.488	0.688	0.238	0.020	0.675	0.300	0.688	0.047	0.005	0.675	0.037
0.750	0.503	0.763	0.263	0.012	0.750	0.303	0.763	0.041	0.007	0.750	0.048
0.825	0.517	0.838	0.288	0.012	0.825	0.306	0.838	0.048	0.007	0.825	0.059
0.900	0.531	0.913	0.313	0.012	0.900	0.310	0.913	0.041	0.007	0.900	0.069
0.975	0.543	0.988	0.338	0.010	0.975	0.313	0.988	0.044	0.004	0.975	0.079
1.050	0.555	1.063	0.363	0.006	1.050	0.316	1.063	0.045	0.007	1.050	0.087
1.125	0.565	1.138	0.388	0.011	1.125	0.320	1.138	0.045	0.007	1.125	0.094
1.200	0.576	1.213	0.413	0.012	1.200	0.323	1.213	0.048	0.007	1.200	0.101

圖 6-2



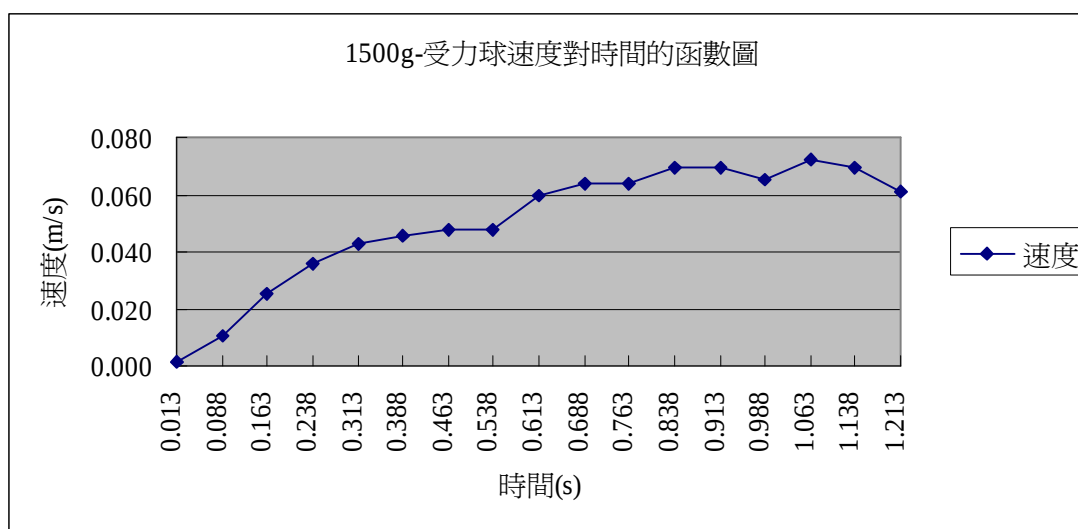
- (一) 從 0.013s~0.463s 速度增加。
- (二) 在 0.538s 速度明顯減小，隨後在 0.463s 回升。
- (三) 在 0.688s 後無持續向下加速之趨勢。

三、 (1500g)圖表(已將所有所得之數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-3

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.477	0.013	0.013	0.000	0.000	0.298	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000
0.075	0.477	0.088	0.038	0.023	0.075	0.298	0.088	0.011	0.007	0.075	-0.001
0.150	0.476	0.163	0.063	0.011	0.150	0.299	0.163	0.025	0.009	0.150	-0.003
0.225	0.477	0.238	0.088	0.042	0.225	0.301	0.238	0.036	0.009	0.225	-0.004
0.300	0.486	0.313	0.113	0.045	0.300	0.304	0.313	0.043	0.011	0.300	0.002
0.375	0.500	0.388	0.138	0.027	0.375	0.307	0.388	0.045	0.007	0.375	0.013
0.450	0.518	0.463	0.163	0.020	0.450	0.311	0.463	0.048	0.009	0.450	0.028
0.525	0.537	0.538	0.188	0.012	0.525	0.314	0.538	0.048	0.010	0.525	0.043
0.600	0.555	0.613	0.213	0.018	0.600	0.318	0.613	0.060	0.007	0.600	0.057
0.675	0.572	0.688	0.238	0.014	0.675	0.323	0.688	0.064	0.014	0.675	0.069
0.750	0.589	0.763	0.263	0.013	0.750	0.328	0.763	0.064	0.008	0.750	0.082
0.825	0.610	0.838	0.288	0.024	0.825	0.333	0.838	0.069	0.017	0.825	0.098
0.900	0.634	0.913	0.313	0.061	0.900	0.338	0.913	0.069	0.013	0.900	0.116
0.975	0.659	0.988	0.338	0.034	0.975	0.343	0.988	0.065	0.015	0.975	0.136
1.050	0.682	1.063	0.363	0.034	1.050	0.348	1.063	0.072	0.017	1.050	0.154
1.125	0.703	1.138	0.388	0.044	1.125	0.353	1.138	0.069	0.011	1.125	0.169
1.200	0.719	1.213	0.413	0.039	1.200	0.358	1.213	0.061	0.013	1.200	0.181

圖 6-3



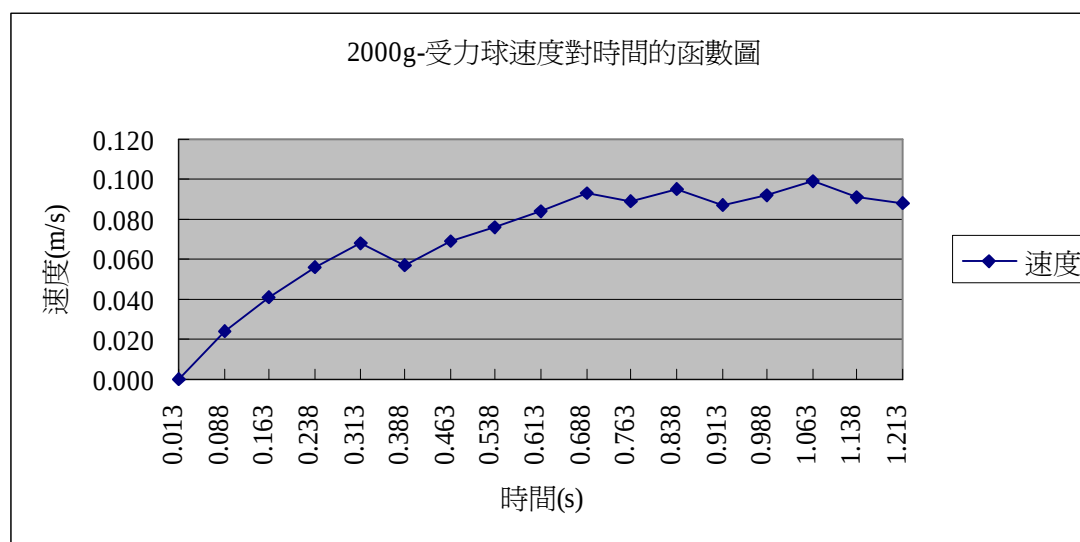
- (一) 從 0.013s~0.538s 速度增加。並漸漸趨於等速運動
- (二) 在 0.613s 速度明顯增加
- (三) 在 0.838s 後無持續向下加速之趨勢

四、 (2000g)之圖表(已將所有數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-4

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.345	0.013	0.013	0.000	0.000	0.276	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
0.075	0.346	0.088	0.038	0.016	0.075	0.276	0.088	0.024	0.007	0.075	0.001
0.150	0.350	0.163	0.063	0.032	0.150	0.279	0.163	0.041	0.005	0.150	0.002
0.225	0.358	0.238	0.088	0.031	0.225	0.282	0.238	0.056	0.005	0.225	0.007
0.300	0.370	0.313	0.113	0.026	0.300	0.287	0.313	0.068	0.005	0.300	0.015
0.375	0.386	0.388	0.138	0.044	0.375	0.291	0.388	0.057	0.012	0.375	0.026
0.450	0.405	0.463	0.163	0.032	0.450	0.296	0.463	0.069	0.009	0.450	0.040
0.525	0.427	0.538	0.188	0.023	0.525	0.301	0.538	0.076	0.009	0.525	0.057
0.600	0.452	0.613	0.213	0.019	0.600	0.307	0.613	0.084	0.008	0.600	0.076
0.675	0.476	0.688	0.238	0.037	0.675	0.314	0.688	0.093	0.011	0.675	0.093
0.750	0.497	0.763	0.263	0.040	0.750	0.321	0.763	0.089	0.012	0.750	0.107
0.825	0.515	0.838	0.288	0.083	0.825	0.328	0.838	0.095	0.017	0.825	0.119
0.900	0.534	0.913	0.313	0.057	0.900	0.334	0.913	0.087	0.019	0.900	0.131
0.975	0.556	0.988	0.338	0.057	0.975	0.341	0.988	0.092	0.010	0.975	0.146
1.050	0.581	1.063	0.363	0.050	1.050	0.348	1.063	0.099	0.028	1.050	0.164
1.125	0.608	1.138	0.388	0.056	1.125	0.355	1.138	0.091	0.017	1.125	0.184
1.200	0.637	1.213	0.413	0.035	1.200	0.362	1.213	0.088	0.022	1.200	0.206

圖 6-4



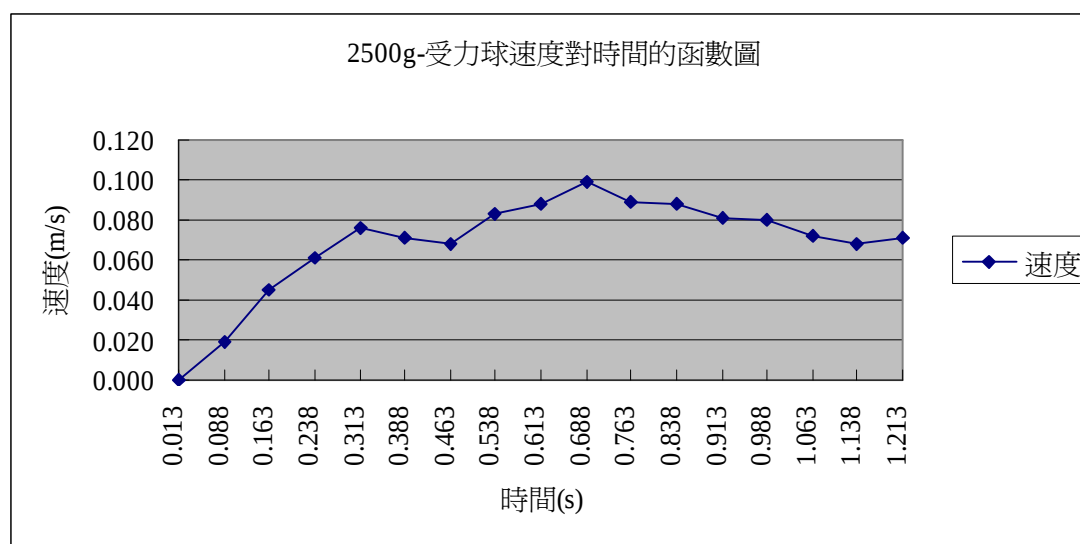
- (一) 從 0.013s~0.313s 速度增加。
- (二) 在 0.388s 速度明顯減小，隨後在 0.463s 回升。
- (三) 在 0.668s 無持續向下加速之趨勢。
- (四) 在 0.763s 與 0.913s 時速度減慢，雖然速度最大值在 1.063s 時，但是在速度減少與增加間變化，視為無持續向下加速之趨勢。

五、 (2500g)之圖表(已將所有數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-5

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.466	0.013	0.013	0.000	0.000	0.280	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
0.075	0.465	0.088	0.038	0.018	0.075	0.280	0.088	0.019	0.008	0.075	-0.001
0.150	0.467	0.163	0.063	0.017	0.150	0.282	0.163	0.045	0.007	0.150	-0.001
0.225	0.476	0.238	0.088	0.040	0.225	0.286	0.238	0.061	0.008	0.225	0.004
0.300	0.492	0.313	0.113	0.048	0.300	0.291	0.313	0.076	0.009	0.300	0.015
0.375	0.512	0.388	0.138	0.025	0.375	0.296	0.388	0.071	0.015	0.375	0.029
0.450	0.536	0.463	0.163	0.022	0.450	0.302	0.463	0.068	0.004	0.450	0.049
0.525	0.565	0.538	0.188	0.017	0.525	0.307	0.538	0.083	0.007	0.525	0.071
0.600	0.591	0.613	0.213	0.028	0.600	0.313	0.613	0.088	0.007	0.600	0.092
0.675	0.615	0.688	0.238	0.033	0.675	0.320	0.688	0.099	0.007	0.675	0.109
0.750	0.636	0.763	0.263	0.018	0.750	0.328	0.763	0.089	0.014	0.750	0.122
0.825	0.656	0.838	0.288	0.034	0.825	0.334	0.838	0.088	0.008	0.825	0.135
0.900	0.680	0.913	0.313	0.032	0.900	0.341	0.913	0.081	0.018	0.900	0.153
0.975	0.709	0.988	0.338	0.033	0.975	0.347	0.988	0.080	0.013	0.975	0.177
1.050	0.742	1.063	0.363	0.030	1.050	0.352	1.063	0.072	0.015	1.050	0.204
1.125	0.776	1.138	0.388	0.049	1.125	0.358	1.138	0.068	0.015	1.125	0.232
1.200	0.809	1.213	0.413	0.036	1.200	0.363	1.213	0.071	0.020	1.200	0.260

圖 6-5



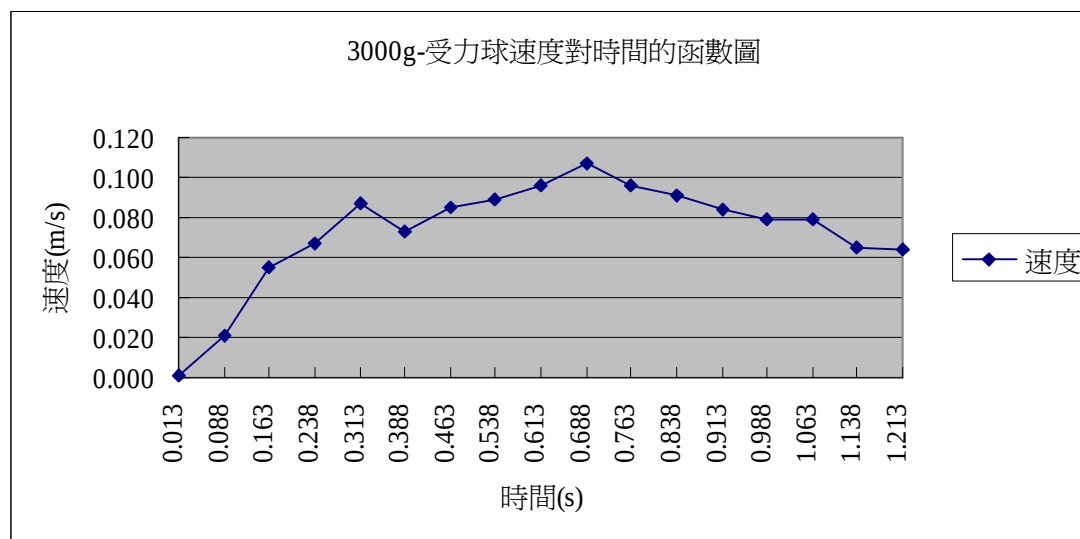
- (一) 從 0.013s~0.313s 速度增加。
- (二) 在 0.338s~0.463s 速度減小，隨後在 0.538s 回升
- (三) 0.688s 無持續向下加速之趨勢。

六、 (3000g)之圖表(已將所有數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-6

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.479	0.013	0.013	0.000	0.000	0.251	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000
0.075	0.479	0.088	0.038	0.035	0.075	0.252	0.088	0.021	0.007	0.075	0.000
0.150	0.486	0.163	0.063	0.075	0.150	0.254	0.163	0.055	0.010	0.150	0.004
0.225	0.501	0.238	0.088	0.064	0.225	0.259	0.238	0.067	0.005	0.225	0.014
0.300	0.522	0.313	0.113	0.059	0.300	0.264	0.313	0.087	0.010	0.300	0.030
0.375	0.543	0.388	0.138	0.053	0.375	0.270	0.388	0.073	0.009	0.375	0.045
0.450	0.570	0.463	0.163	0.032	0.450	0.276	0.463	0.085	0.009	0.450	0.066
0.525	0.600	0.538	0.188	0.026	0.525	0.283	0.538	0.089	0.006	0.525	0.089
0.600	0.629	0.613	0.213	0.051	0.600	0.290	0.613	0.096	0.007	0.600	0.112
0.675	0.656	0.688	0.238	0.068	0.675	0.297	0.688	0.107	0.006	0.675	0.131
0.750	0.682	0.763	0.263	0.077	0.750	0.305	0.763	0.096	0.007	0.750	0.150
0.825	0.711	0.838	0.288	0.058	0.825	0.312	0.838	0.091	0.004	0.825	0.172
0.900	0.743	0.913	0.313	0.027	0.900	0.319	0.913	0.084	0.007	0.900	0.196
0.975	0.777	0.988	0.338	0.047	0.975	0.325	0.988	0.079	0.005	0.975	0.224
1.050	0.813	1.063	0.363	0.059	1.050	0.331	1.063	0.079	0.016	1.050	0.254
1.125	0.849	1.138	0.388	0.081	1.125	0.336	1.138	0.065	0.015	1.125	0.285
1.200	0.878	1.213	0.413	0.046	1.200	0.341	1.213	0.064	0.015	1.200	0.309

圖 6-6



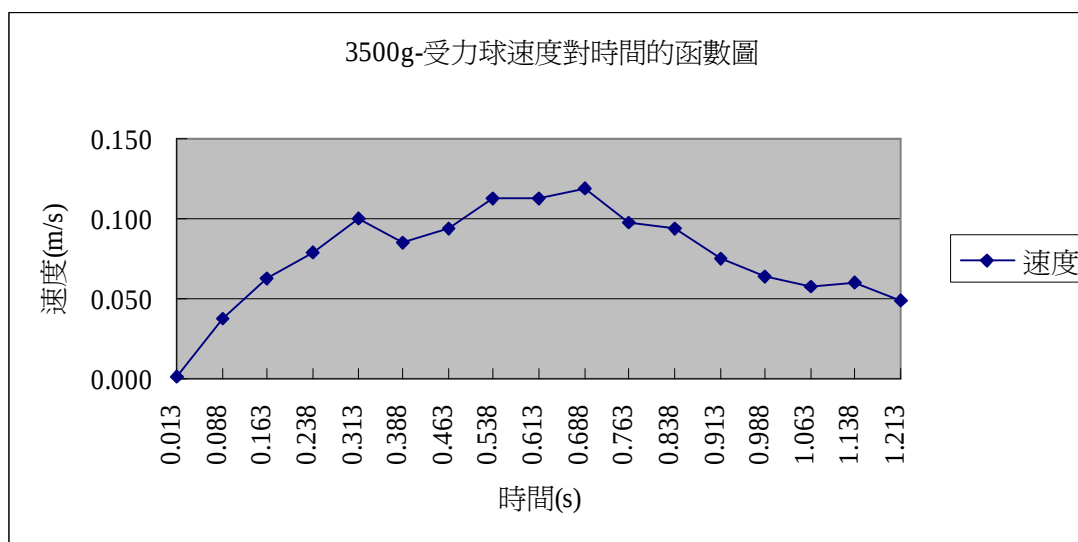
- (一) 從 0.013s~0.313s 速度增加。
- (二) 在 0.388s 速度減小，隨後在 0.463s 回升。
- (三) 0.688s 無持續向下加速之趨勢。

七、 (3500g)之圖表(已將所有數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-7

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.460	0.013	0.013	0.000	0.000	0.275	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000
0.075	0.459	0.088	0.038	0.044	0.075	0.276	0.088	0.037	0.007	0.075	-0.001
0.150	0.464	0.163	0.063	0.036	0.150	0.280	0.163	0.063	0.010	0.150	0.000
0.225	0.477	0.238	0.088	0.074	0.225	0.285	0.238	0.079	0.007	0.225	0.008
0.300	0.501	0.313	0.113	0.027	0.300	0.292	0.313	0.100	0.009	0.300	0.025
0.375	0.530	0.388	0.138	0.025	0.375	0.298	0.388	0.085	0.012	0.375	0.047
0.450	0.563	0.463	0.163	0.024	0.450	0.305	0.463	0.093	0.010	0.450	0.074
0.525	0.596	0.538	0.188	0.027	0.525	0.313	0.538	0.112	0.004	0.525	0.099
0.600	0.626	0.613	0.213	0.023	0.600	0.321	0.613	0.112	0.012	0.600	0.121
0.675	0.651	0.688	0.238	0.037	0.675	0.329	0.688	0.119	0.016	0.675	0.138
0.750	0.680	0.763	0.263	0.039	0.750	0.338	0.763	0.097	0.010	0.750	0.158
0.825	0.715	0.838	0.288	0.046	0.825	0.345	0.838	0.093	0.014	0.825	0.186
0.900	0.754	0.913	0.313	0.040	0.900	0.352	0.913	0.075	0.012	0.900	0.219
0.975	0.795	0.988	0.338	0.031	0.975	0.357	0.988	0.064	0.008	0.975	0.254
1.050	0.838	1.063	0.363	0.057	1.050	0.362	1.063	0.057	0.006	1.050	0.292
1.125	0.876	1.138	0.388	0.051	1.125	0.366	1.138	0.060	0.011	1.125	0.325
1.200	0.914	1.213	0.413	0.057	1.200	0.370	1.213	0.049	0.009	1.200	0.360

圖 6-7



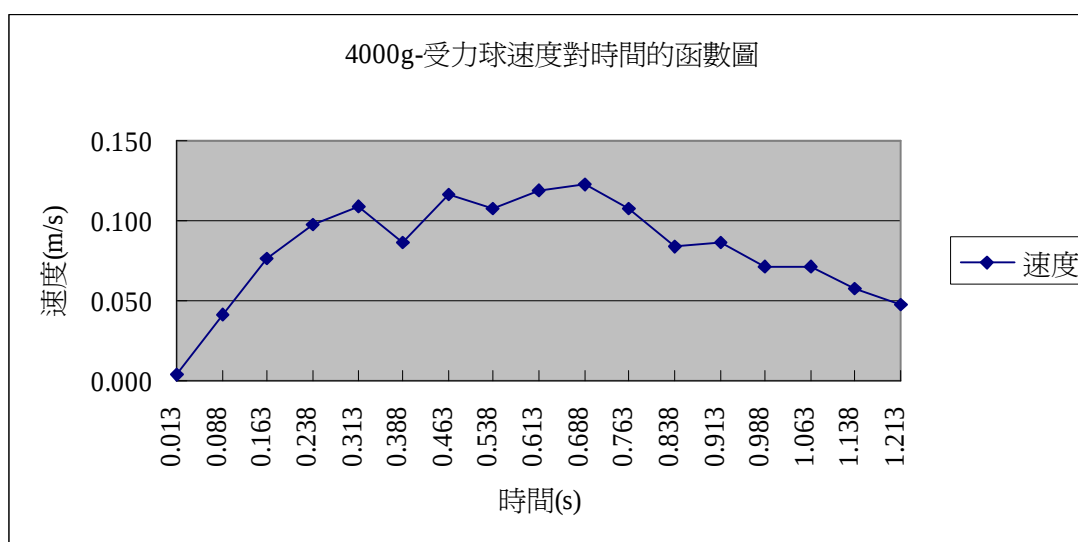
- (一) 從 0.013s~0.313s 速度增加。
- (二) 在 0.388s 速度減小，隨後在 0.463s 回升。
- (三) 0.688s 無持續向下加速之趨勢。

八、 (4000g)之圖表(已將所有數據平均，並將相鄰的三點平均)

表 6-8

圓板					受力球					與圓板距離差	
時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)	時間 (s)	速度 (m/s)	速度 標準差	時間 (s)	位置 (m)
0.000	0.464	0.013	0.013	0.000	0.000	0.263	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000
0.075	0.463	0.088	0.038	0.045	0.075	0.264	0.088	0.041	0.008	0.075	-0.002
0.150	0.467	0.163	0.063	0.048	0.150	0.268	0.163	0.076	0.006	0.150	-0.002
0.225	0.481	0.238	0.088	0.043	0.225	0.274	0.238	0.097	0.007	0.225	0.006
0.300	0.507	0.313	0.113	0.053	0.300	0.282	0.313	0.109	0.009	0.300	0.023
0.375	0.539	0.388	0.138	0.031	0.375	0.290	0.388	0.087	0.005	0.375	0.048
0.450	0.575	0.463	0.163	0.045	0.450	0.297	0.463	0.116	0.015	0.450	0.077
0.525	0.609	0.538	0.188	0.047	0.525	0.305	0.538	0.108	0.009	0.525	0.102
0.600	0.635	0.613	0.213	0.040	0.600	0.314	0.613	0.119	0.009	0.600	0.120
0.675	0.661	0.688	0.238	0.058	0.675	0.323	0.688	0.123	0.012	0.675	0.137
0.750	0.692	0.763	0.263	0.058	0.750	0.332	0.763	0.108	0.013	0.750	0.159
0.825	0.731	0.838	0.288	0.030	0.825	0.339	0.838	0.084	0.010	0.825	0.191
0.900	0.775	0.913	0.313	0.054	0.900	0.345	0.913	0.087	0.024	0.900	0.228
0.975	0.818	0.988	0.338	0.051	0.975	0.352	0.988	0.071	0.013	0.975	0.265
1.050	0.861	1.063	0.363	0.066	1.050	0.357	1.063	0.071	0.015	1.050	0.303
1.125	0.898	1.138	0.388	0.075	1.125	0.362	1.138	0.057	0.013	1.125	0.335
1.200	0.929	1.213	0.413	0.098	1.200	0.366	1.213	0.048	0.021	1.200	0.362

圖 6-8



- (一) 從 0.013s~0.313s 速度增加。
- (二) 在 0.388s 速度減小，隨後在 0.463s 回升。
- (三) 0.688s 無持續向下加速之趨勢。

陸、討論

一、討論在不同的作用力下。受力球下降運動速度變化的關係

(一) 整組數據做比較

就整體而言，速度對時間的函數曲線由上至下排序為：

4000g->3500g->3000g->2500g->2000g->1500g->1000g (見圖 7-1-1)

根據潛體阻力及白努力定律，圓板向下運動，使得兩側水流受擠壓而加速，因此在圓板上方形成低壓區。

在受力球與圓板貼齊時，若圓板上方有壓力減低，則會導致受力球上方壓力大於受力球下方，使得受力球向下運動。

圓板向下的速度越快，造成周圍引起的水流越快，圓板上方壓力越低。受力球下方的壓力越低，上下的壓力差越大。而受力球上下壓力差越大，所造成的受力球的速度變化也較明顯。

圖 7-1-1

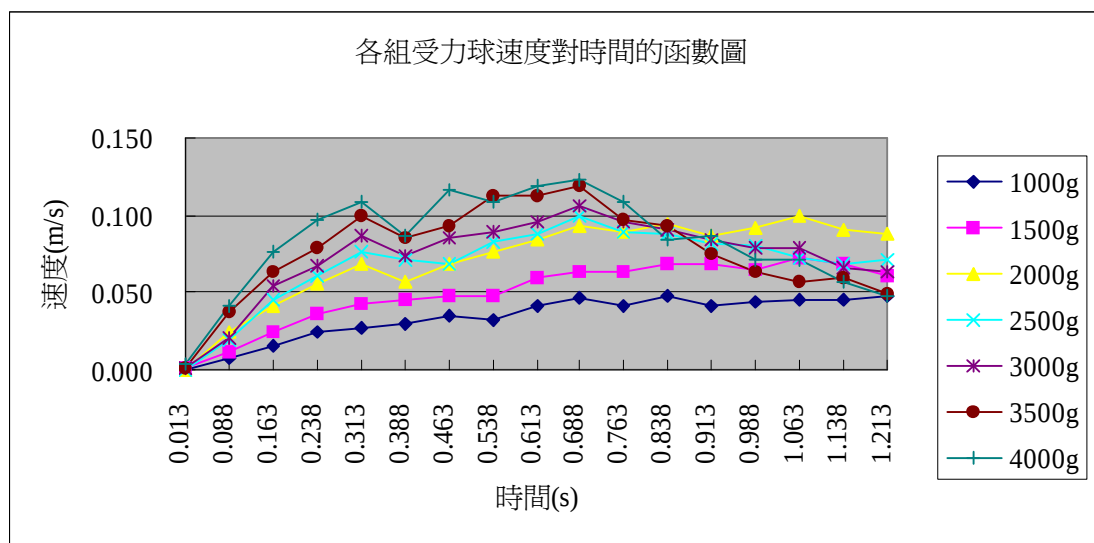
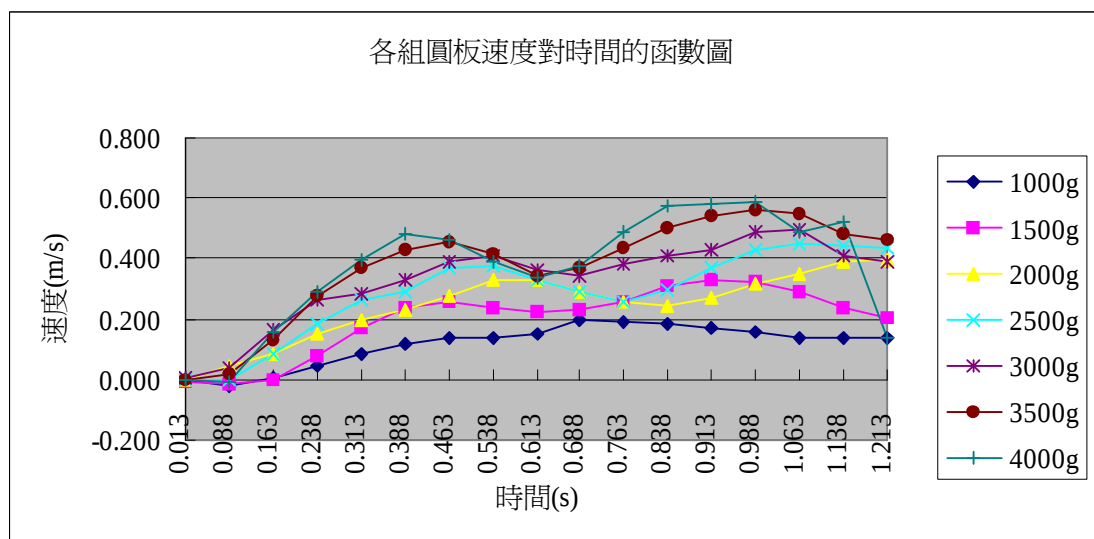


圖 7-1-2



(二) 4000g 與 3500g 兩組比較

1. 從圖 7-1-3 中 4000g 圓板的速度變化略大於 3500g，整體的速度變化相近。
2. 從圖 7-1-4 中 4000g 與 3500g 這兩組圓板與受力球的距離差在 0.750s 前幾乎相同。
3. 在圓板與受力球的距離差變化相近的條件下，在探討 4000g 與 3500g 兩組圓板後方形成的低壓區，對於受力球的影響時，可以不討論圓板與受力球的距離差的影響。
4. 在(3)的條件下，當圓板的速度相近，受力球上下的壓力差也相近。

因為

在(3)的條件下，圓板與受力球的距離差變化相近（見圖 7-1-4），因此距離差所影響受力球上下的壓力差可以不被討論。在不討論距離差影響的情況下，在同一瞬間只需討論圓板上方低壓區的壓力大小對於受力球產生速度的影響，而圓板速度影響著圓板上方低壓區壓力的大小。根據白努力定律及壓力阻力，在圓板速度變化相近時，圓板後方形形成低壓區的壓力大小也相近。因此在圓板速度變化相近時，若距離差的變化相近，受力球上下所形成的壓力差變化也相近，使得受力球的速度變化相近。

圖 7-1-3

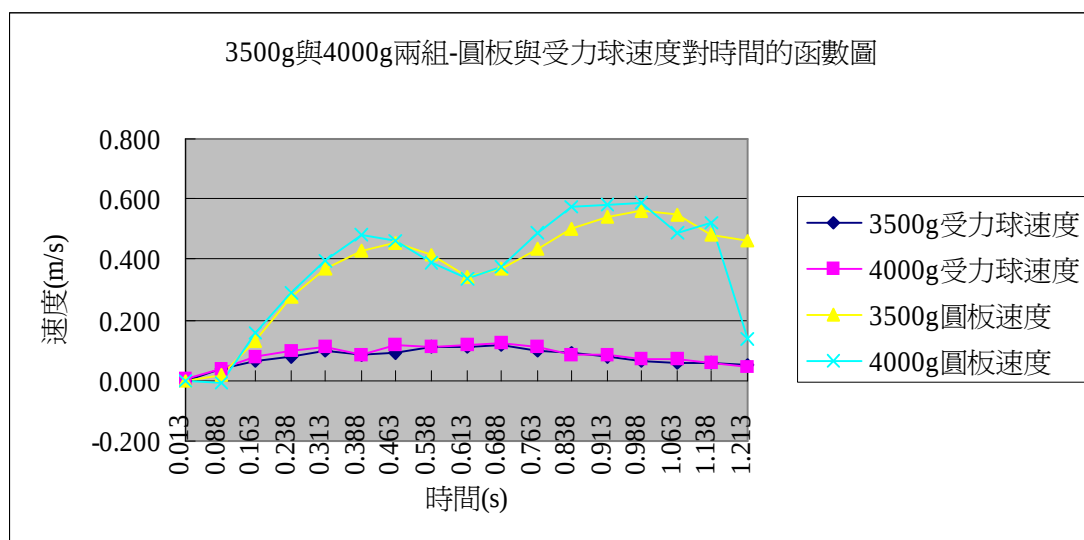
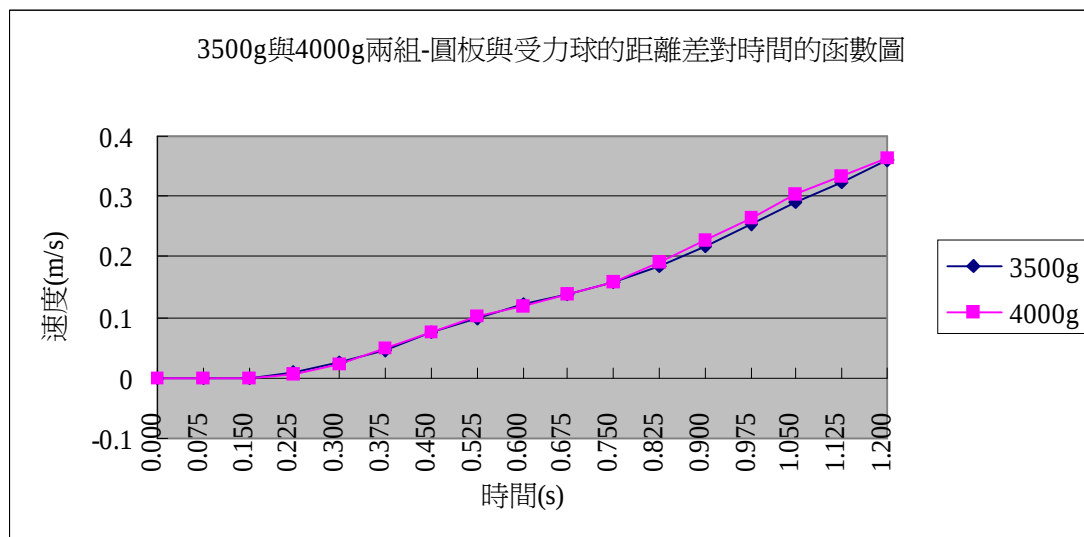


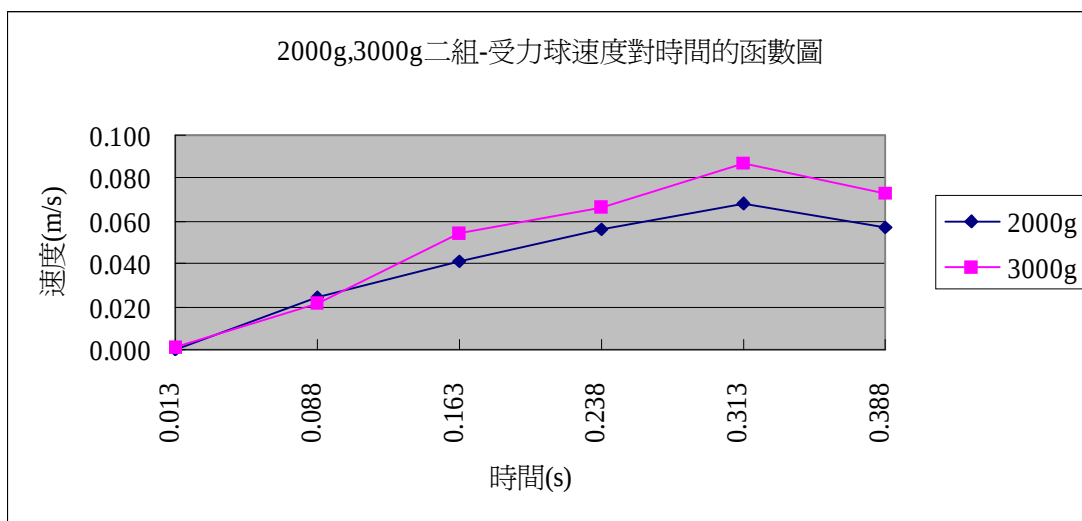
圖 7-1-4



(三) 2000g, 3000g 二組比較

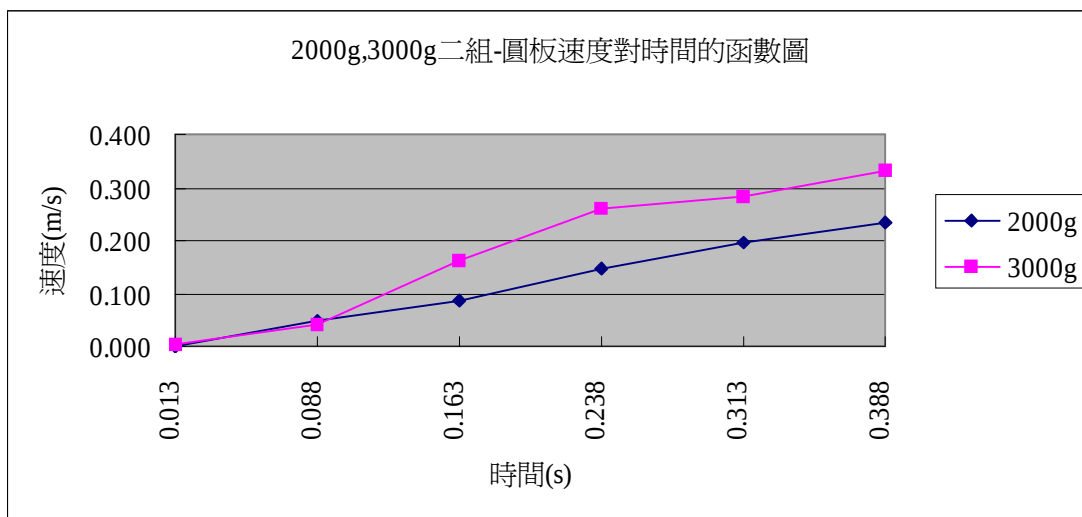
1. 圖 7-1-5, 2500g 圓板速度因為實驗上的設計, 使得圓板的標靶球在受力時, 因為空氣阻力造成些微的偏轉(圓板的標靶球質量小), 及位移偵測器放置偏離的因素下, 在測量數據上, 置上造成一開始時造成負的速度, 但整體的速度變化不受影響。因此在此不針對 2500g 不做一開始短時間內的討論.(0.000s~0.088s)
2. 從圖 7-1-5 中, 2000g, 3000g 兩組受力球的速度在 0.013s~0.088s (剛開始運動)時相近。

圖 7-1-5



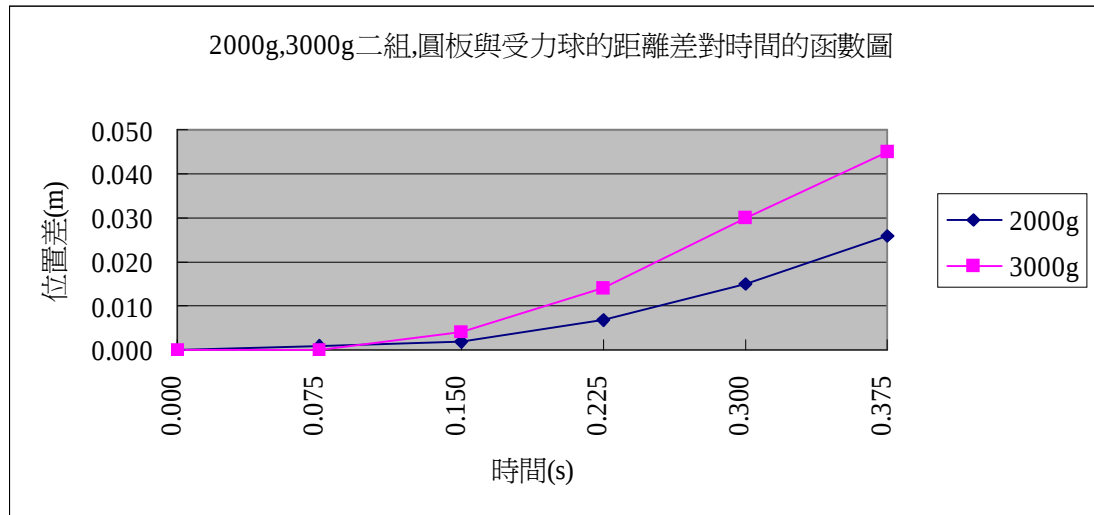
3. 從圖 7-1-6 中, 2000g, 3000g 兩組圓板的速度在 0.013s~0.088s 時相近。

圖 7-1-6



4. 在圓板的速度相近,並且 0.000s 時受力球貼齊圓板的先決條件下(見圖 7-1-7), 在 0.013s~0.088s 圓板速度相近, 受力球速度也相近。(見圖 7-1-5)
5. 在 0.000s 時, 受力球與圓板互相貼齊, 因此在初始(0.000s)時不需討論圓板與受力球的距離差對受力球速度變化的影響, 因此也受力球的速度主變化要受上下壓力差的影響。
6. 根據壓力阻力, 當圓板與水產生相對速度時, 背水流面會形成低壓區。再根據白努力定律, 當速度越快時低壓區的壓力也越小。同理, 當圓板速度相近時低壓區的壓力也相近。
7. 根據 4,5 的結論, 在圓板初始(0.013s~0.088s)速度相近時, 受力球在 0.088s 的速度也相近。

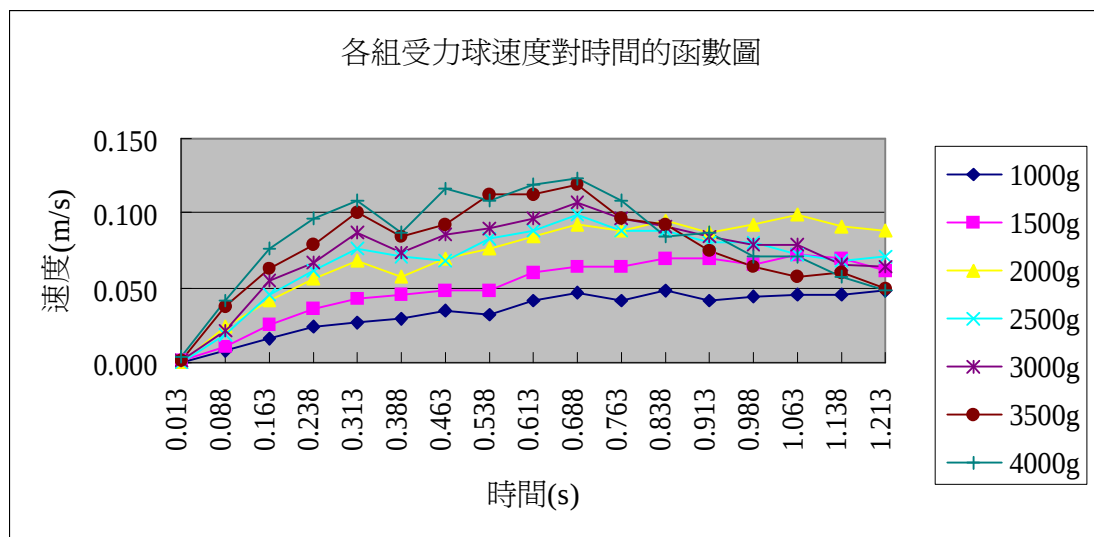
圖 7-1-7



二、討論 0.388s 時速度的減少

(一) 從圖 7-2-1 中，大約在 0.388s，受力球的速度有減少。

圖 7-2-1



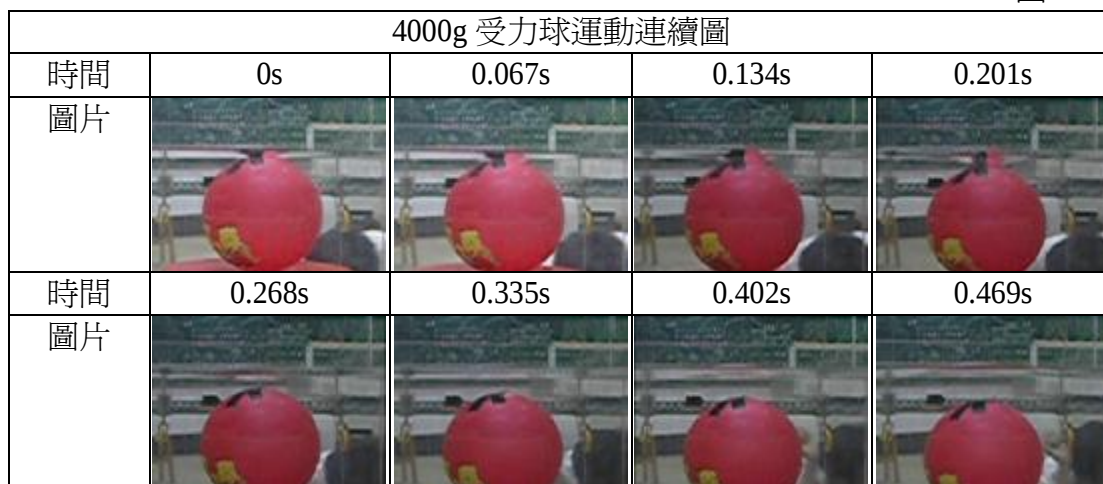
(二) 在圖 7-2-1 中，從速度變化的現象。

1. 以 4000g,3000g,2000g 在 0.388s 時速度有明顯減慢，並且在 0.463s 時，速度有回升。
2. 1000g,1500g 在 0.388s 時速度減慢的不明顯。

(三) 在圖 7-2-2 中，從觀察水面流動的現象發現：

1. 在 0.021s~0.268s 中下凹水面開始上升。
2. 在 0.402s 時水面凸起。

圖 7-2-2



(四) 根據兩點我們假設速度減少是因為水面的變化而造成速度的減慢。

1. 根據圖 7-2-1，0.313s~0.643s 的分析中，速度的減少後有增加，而在圖 7-2-2 的觀察中，水面有起伏變化的現象。
2. 從圖 7-2-3，比較各組速度減少的大小，以 4000g 較為明顯。而圓板向下運動速度的快慢(見圖 7-2-4)，會影響圓板上方的壓力大小，造成水面的變化大小也不同。

圖 7-2-3

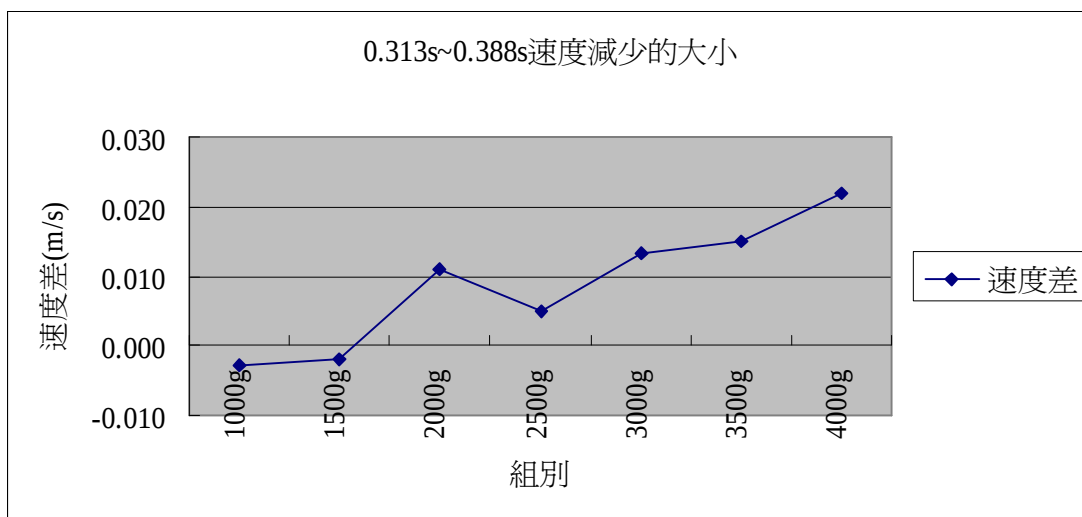
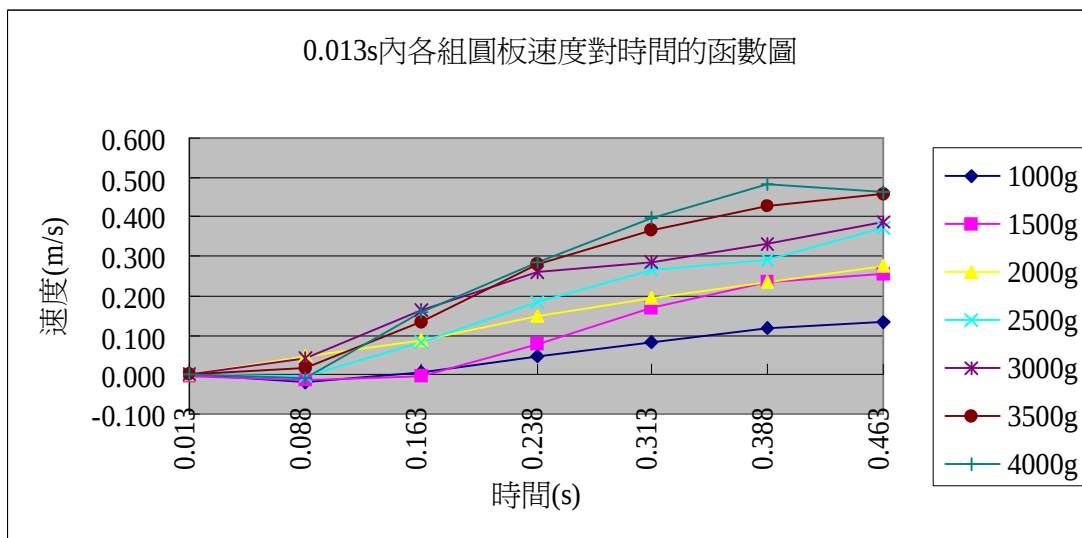


圖 7-2-4



(五) 而爲了證實在 0.088s 時速度減少是因爲水面的變化所造成的，我們將 4000g,3000g 兩組圓板及受力球置於水面下 7.00cm 進行實驗。

1. 從圖 7-2-5，圖 7-2-6 中，在 0.388s 時在水底下受力球的速度並未明顯減少，但是仍有產生向上的加速度。
2. 從圖 7-2-5，圖 7-2-6 中，在 0.388s 時在水面下受力球的速度明顯減少。
3. 在圖 7-2-5，圖 7-2-6 中 0.388s 時，水底下受力球的速度並未明顯減少，水面下受力球的速度卻明顯減少。可見德將圓板與受力球置於水面下 7cm 進行實驗時，水面的變化對於受力球的影響較少。

圖 7-2-5

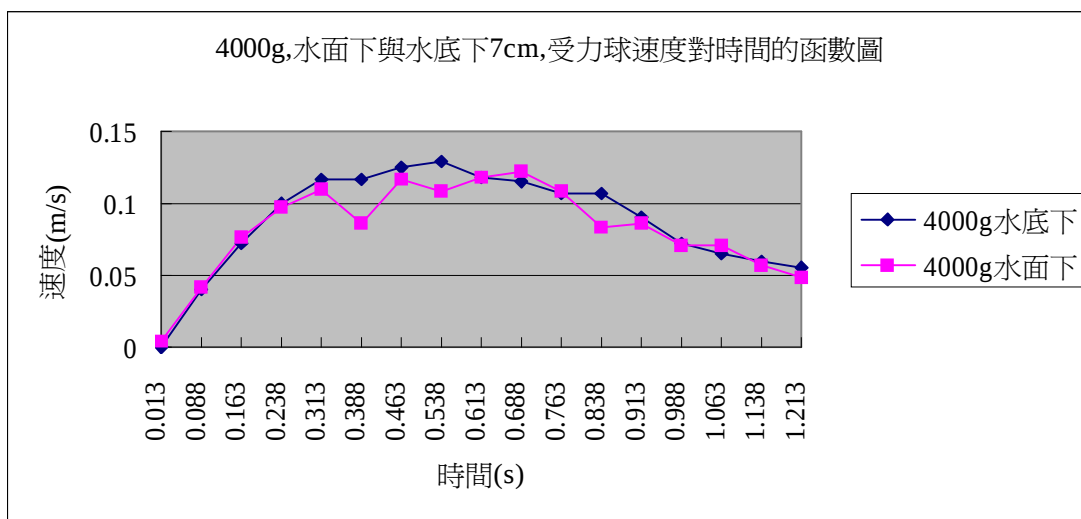
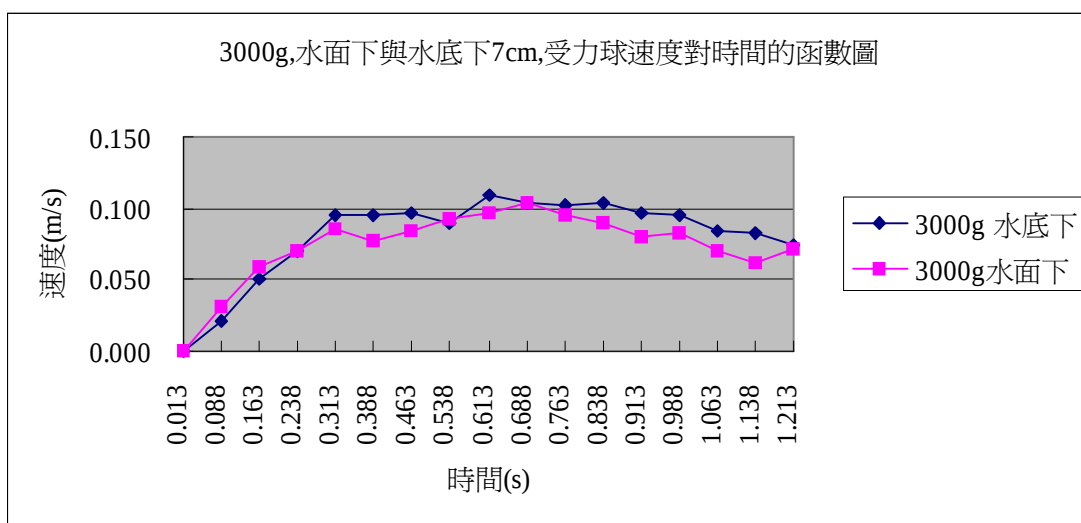


圖 7-2-6



三、討論對於該物距離該平面多遠時，不再受該平面之影響

(一) 最大速度與無持續向下加速之趨勢的分野

根據實驗目的二，所要探討的是圓板在不同速度下，影響受力球的影響範圍。然而當圓板移動時，在圓板的後方會產生不穩定的水流。產生的水流會影響受力球的速度。

在判定受力球是否仍受到圓板影響，我們以受力球是否有持續向下加速之趨勢做為判別。因此當受力球無持續向下加速之趨勢時，我們便以此現象做為脫離圓板影響的指標。

在時間點(之後無持續加速度之趨勢)的認定上，是取一時間點上的速度。在此時間點之後，速度有多次或明顯地減少且速度無持續增加。

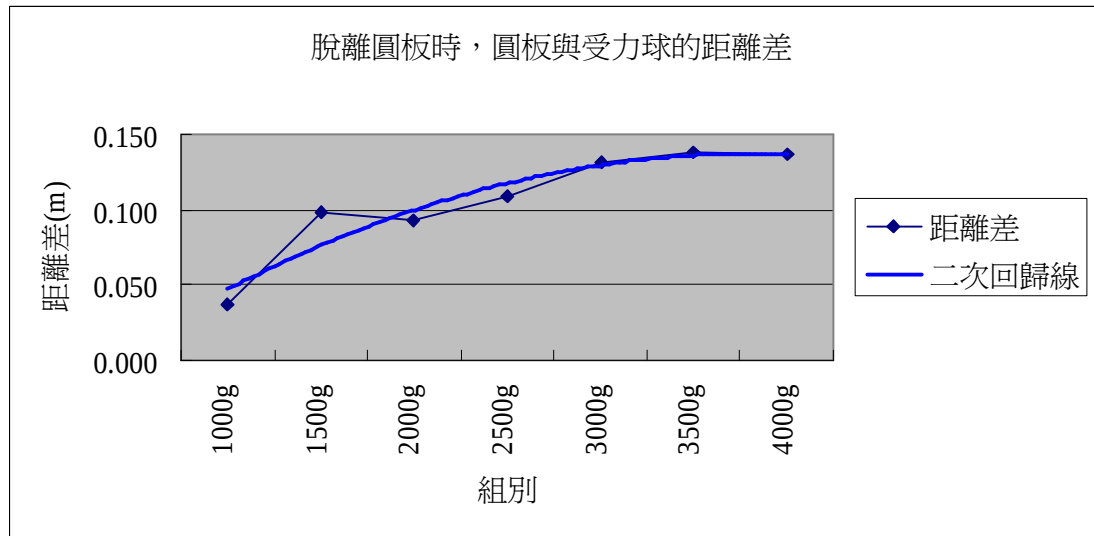
無持續向下加速之趨勢有別於最大速度，最大的差別在於趨勢。在判定上，受力球受圓板影響，則受力球會有有向下加速之趨勢。然而最大速度有時會發生在無持續向下加速的時間內(所取時間點之後)，因為受力球在脫離圓板的影響後，仍然會受到殘餘水流的影響，使得速度仍有增加之機會。

(表 7-3-1)

受力球速度(m/s)								圓板與受力球之距離差(m)							
時間 (s)	1000g	1500g	2000g	2500g	3000g	3500g	4000g	時間 (s)	1000g	1500g	2000g	2500g	3000g	3500g	4000g
0.013	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.088	0.008	0.011	0.024	0.019	0.021	0.037	0.041	0.075	-0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.000	-0.001	-0.002
0.163	0.016	0.025	0.041	0.045	0.055	0.063	0.076	0.150	-0.003	-0.003	0.002	-0.001	0.004	0.000	-0.002
0.238	0.024	0.036	0.056	0.061	0.067	0.079	0.097	0.225	-0.003	-0.004	0.007	0.004	0.014	0.008	0.006
0.313	0.027	0.043	0.068	0.076	0.087	0.100	0.109	0.300	0.000	0.002	0.015	0.015	0.030	0.025	0.023
0.388	0.029	0.045	0.057	0.071	0.073	0.085	0.087	0.375	0.005	0.013	0.026	0.029	0.045	0.047	0.048
0.463	0.035	0.048	0.069	0.068	0.085	0.093	0.116	0.450	0.012	0.028	0.040	0.049	0.066	0.074	0.077
0.538	0.032	0.048	0.076	0.083	0.089	0.112	0.108	0.525	0.020	0.043	0.057	0.071	0.089	0.099	0.102
0.613	0.041	0.060	0.084	0.088	0.096	0.112	0.119	0.600	0.028	0.057	0.076	0.092	0.112	0.121	0.120
0.688	<u>0.047</u>	0.064	<u>0.093</u>	<u>0.099</u>	<u>0.107</u>	<u>0.119</u>	<u>0.123</u>	0.675	<u>0.037</u>	0.069	<u>0.093</u>	<u>0.109</u>	<u>0.131</u>	<u>0.138</u>	<u>0.137</u>
0.763	0.041	0.064	0.089	0.089	0.096	0.097	0.108	0.750	0.048	0.082	0.107	0.122	0.150	0.158	0.159
0.838	<u>0.048</u>	<u>0.069</u>	0.095	0.088	0.091	0.093	0.084	0.825	<u>0.059</u>	<u>0.098</u>	0.119	0.135	0.172	0.186	0.191
0.913	0.041	0.069	0.087	0.081	0.084	0.075	0.087	0.900	0.069	0.116	0.131	0.153	0.196	0.219	0.228
0.988	0.044	0.065	0.092	0.080	0.079	0.064	0.071	0.975	0.079	0.136	0.146	0.177	0.224	0.254	0.265
1.063	0.045	<u>0.072</u>	<u>0.099</u>	0.072	0.079	0.057	0.071	1.050	0.087	<u>0.154</u>	<u>0.164</u>	0.204	0.254	0.292	0.303
1.138	0.045	0.069	0.091	0.068	0.065	0.060	0.057	1.125	0.094	0.169	0.184	0.232	0.285	0.325	0.335
1.213	0.048	0.061	0.088	0.071	0.064	0.049	0.048	1.200	0.101	0.181	0.206	0.260	0.309	0.360	0.362
1.2875	0.048	0.065	0.081	0.056	0.060	0.039	0.060	1.275	0.107	0.192	0.230	0.287	0.335	0.381	0.360

- (二) 從圖 7-3-1 中，圓板向下的速度越大(圖 7-1-2)，當受力球已無持續向下加速之趨勢時，圓板與受力球的距離差也越大。

圖 7-3-1



- (三) 根據白努力定律，當圓板向下的速度越快，造成上方流速越快而使得的圓板上方的壓力越小。因此產生壓力阻力——當圓板與水產生相對速度時，其尾流區壓力低。
- (四) 當圓板向下運動速度越快，圓板上方（即受力球下方）的壓力越小。而圓板上方的壓力越小，會造成整體環境的壓力差越大(水面與圓板間的壓力差)。導致在距離差相同下，受力球上下的壓力差越大，而圓板對受力球的影響範圍也越大。
- 因此圓板向下運動的速度越快，圓板對受力球影響的範圍越大。
- (五) 當球無持續向下加速之趨勢時，圓板與受力球的距離也越長。

柒、結論：

- 一、圓板速度越快，所造成的水流速度越快。根據白努力定律，受力球上下產生的流速差越大。造成受力球向下的加速度越大。
- 二、在圓板全程速度變化相近，與全程距離差變化相近的情況下，受力球向下的速度變化也相近。因為在不用討論距離的影響下，圓板的速度相近，造成球上下的壓力差也相近。
- 三、在圓板初始(0.013s~0.088s)速度相近時，受力球在 0.088s 時的速度也相近。因為在圓板在向下運動之前，圓板與受力球是貼齊的。在不用討論距離的影響下，圓板的速度相近，造成球上下的壓力差也相近。
- 四、圓板向下運動速度越快，圓板上方壓力越小，圓板對受力球的影響範圍越大。因此當圓板向下運動的速度越快，在受力球無持續向下加速之趨勢時，圓板與受力球的距離也越長。
- 五、在傑克沉入水中之後，因為船體的體積龐大，因此在其後方形成低壓區，因此傑克上下產生壓力差而產生向下的加速度，而船體向下沉入水中時，形成的水波給予傑克向上的加速度。此外，隨著傑克與船體的距離越大，船體形成的水流對傑克產生向下的加速度越小。又傑克在海水中又是浮體，因此隨著船體造成傑克的加速度減小，當傑克向下的加速度小於向上的加速度時，傑克！還是會活的。

捌、參考文獻：

- 一、 原著-J.W.D, D.R.F.H/譯者-丁觀海(民 78 年 1 月 6 日) ,流體力學(九版)。台北市：徐氏基金會、p158-p165、p200-p203、p212-p215、p226-p229
- 二、 原著-White/譯者-范德仙(民 77 年 1 月),流體力學(初板)。台北市：全華科技圖書、p455、p464、p486
- 三、 毛壽彭 (民 73 年 1 月),流體力學(初板)。台北市：國立編譯館、p 472。
- 四、 原著- Benjamin Wylie/譯者-唐山(民 69 年 3 月),流體力學 下冊(三板)。台北市：台灣東華書局、p46-p47、p64-P67。
- 五、 原著-Fox/McDonald/編譯-鄭智中(民 76 年 12 月),流體力學導論(初板)。台北市：全華圖書、p39、p504、p508、p510、p511
- 六、 原著-Richard H.F Pao/譯著-黃丕陵(民 80 年 7 月),流體力學(七版)。台北市：曉園出版社 李物、p69、p256、p380、p400
- 七、 原著-Richard H.F Pao/編譯-鄭恩澤、王瑞剛(民 67 年 1 月),流體力學(初版)。台南市：吳主和、p110、p337、p349
- 八、 陳忠城 (民 95 年 11 月),系統 高二物質科學物理下(修訂再版)。台北縣：明霖文教、p94
- 九、 原著-O ROTTER。WIGGERT/編譯-吳順治(民 84),流體學(初板)。台北市：台灣東華書局、p 92。

【評 語】 040116 鐵達尼下沉，傑克！還會活嗎？

本作品在探討一較大型物體沒入水中時，會對周圍物體產生一向下的拖力。但是美中不足的是整個作品並未測量此力的大小，而且在原理上之說明並無法完全說明其所觀察到的結果。