

# 水中競賽

## 高小組物理科第三名

台北市立師範學院附屬實驗小學

作者：林逸祥、戴松青

指導教師：張芝、陳雅貞

### 一、研究動機

在上游泳課時，老師爲了增加全班同學的潛水能力，便將銅板和象棋在一起，丟到水裡要大家去尋找，我們搶先一步衝到前面，發現象棋和銅板沈入水底的快慢似乎不同，覺得很好奇，想要進一步知道不同的物體在水中自由落下的快慢情形如何呢？於是就做了這個實驗。

### 二、研究目的

- (一)探討重量、材質相同，而形狀不同的物體，在水中落下的情形。
- (二)探討形狀、材質相同，而直徑不同的球體，在水中落下的情形。
- (三)探討形狀、大小相同，但密度不同的物體，在水中落下的情形。
- (四)探討物體在不同密度的鹽水中，自由落下的時間會相同嗎？
- (五)同一物體在密度相同，但黏稠度不同的液體中，自由落下相同距離，所花的時間會一樣嗎？
- (六)物體直徑與管壁口徑之間的比例，對落下的速度會有影響嗎？
- (七)同一物體在同樣液體中自由落下的速度始終都保持一定嗎？

### 三、研究設備器材

- (一)高一百公分的壓克力管（直徑14cm）兩個、1公升玻璃量筒。
- (二)壓克力、鋼珠、銅球、彈珠樣品。
- (三)上皿天秤、量筒、碼錶、玻璃管、長尺、勺子、板手、螺絲等。

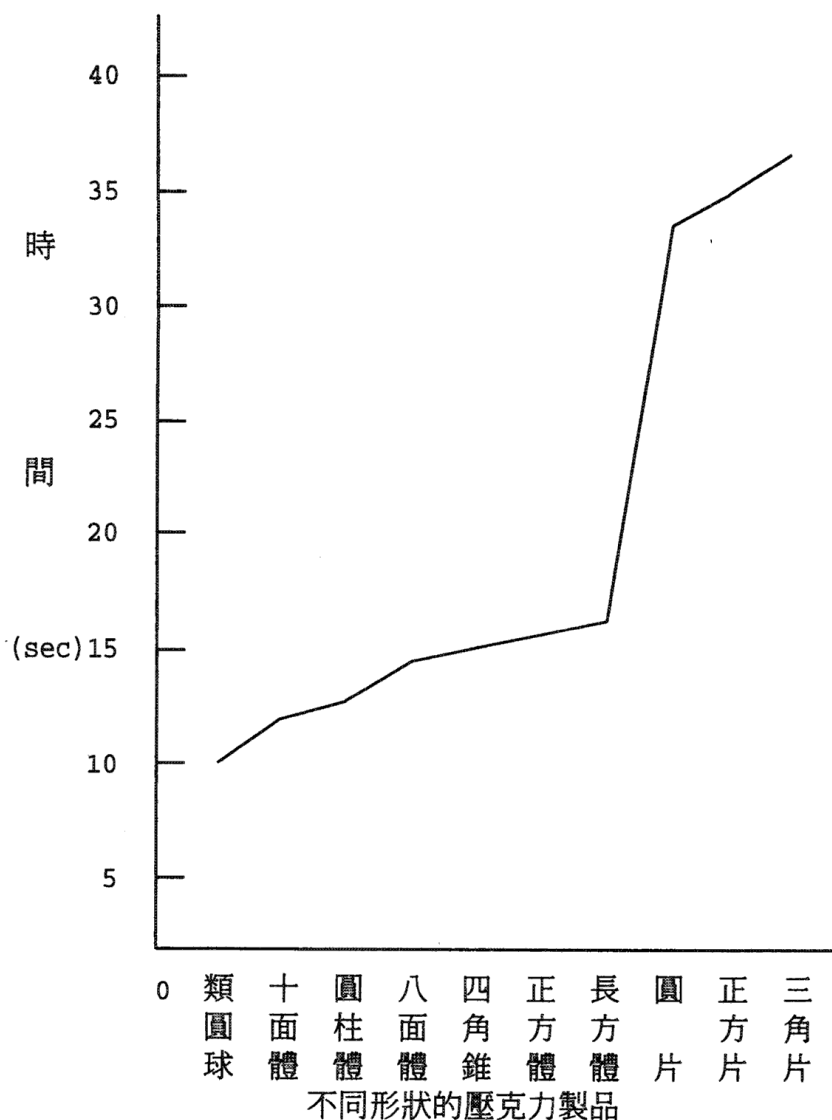
### 四、研究過程（及結果）

問題(一)：重量、材質相同，而形狀不同的物體，在水中自由落下相同距離，所花的時間相同嗎？

1. 方法：(1)準備同為0.6克，但形狀不同的壓克力製品十種。

(2)分別放在直徑14cm，高200cm，裝滿水的壓克力管中，置於水面下，用碼錶計時，測量自由落下200cm所須時間，連續做十次，並求平均值。

2. 結果：圖(一)同為重量0.6g，不同形狀的壓克力製品在水中落下200公分所花時間的關係圖



3. 討論：(1)由實驗結果發現，同重的壓克力製品中，片狀物在水中落下的速度很慢，而類圓球則最快，可能是它落下時，所受阻力較小，所造成的。所以，往後的實驗，我們都儘量選用球狀的物體來做實驗。

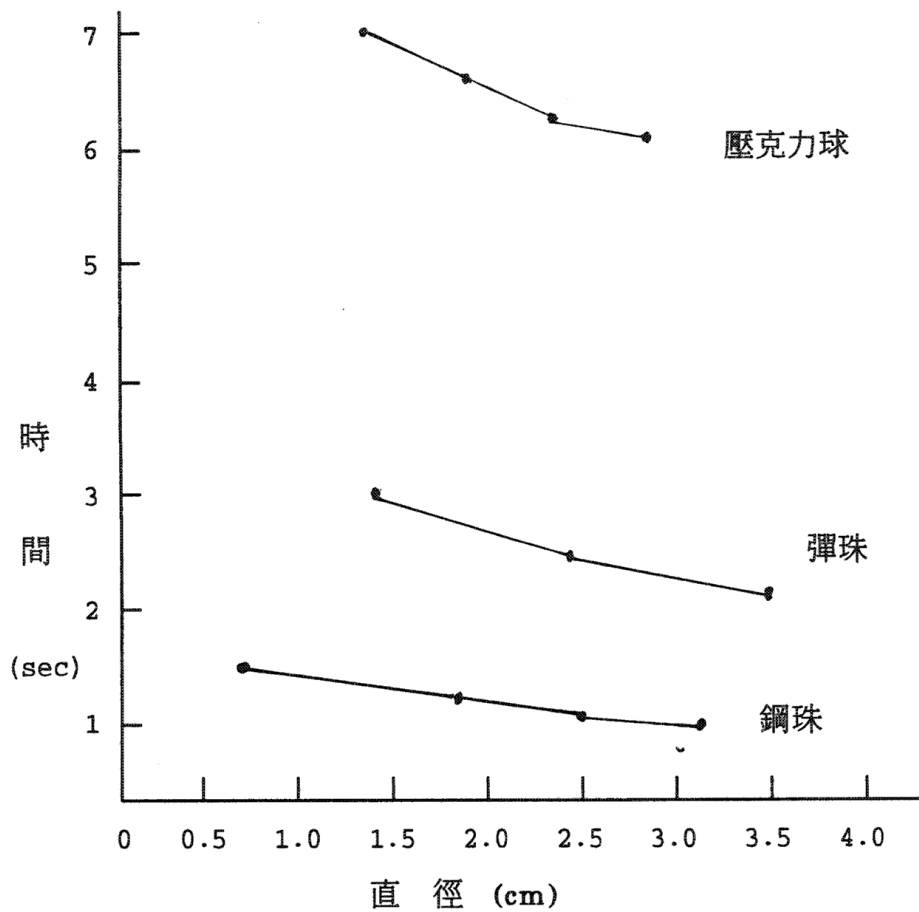
問題(二)：形狀、材質相同，但直徑不同的球體，在水中自由落下相同距離時，所花的時間相同嗎？

1. 方法：(1)準備三組不同材質，不同直徑的球體，A組壓克力球，B組鋼珠，C組彈珠。

(2)同問題(一)，方法(2)。

## 2. 結果

圖(二) 各種不同的直徑球體在水中落下200公分所花時間



3. 討論：(1)由不同材質的球體實驗中，都同樣發現球體的直徑愈大，落下200cm所花的時間就較少，速度較快。

(2)直徑同樣是2.5cm的鋼珠落下200cm就比壓克力球少了將近5秒，可見球體的材質不同，也可能影響落下速度。

問題(三)：形狀大小相同，但密度不同的物體，在水中落下相同距離時，所花的時間相同嗎？

1. 方法：(1)將同為直徑2.5cm的壓克力球、鋼珠、銅球、利用上皿天秤稱重，算出球的體積，再求出各球體的密度。

2. 結果：

表(三) 各種密度不同但直徑同為2.5cm的球體  
在水中落下200公分所花的時間

材質及密度 時間 次數(sec)	壓克力球 $D=1.235\text{g/cm}^3$		鋼珠 $D=8.157\text{g/cm}^3$		銅珠 $D=8.353\text{g/cm}^3$	
	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙
平均值	6.08		1.20		1.12	

3. 討論：(1) 密度愈大的球體在水中自由落下的速度就愈快，反之密度小的球體落下200cm所花的時間就較長。而鋼珠和銅球的密度相近，它們落下的速度就差不多。

(2) 物體的密度的確會影響它在水中落下的速度，那麼改變液體的密度是否也會造成影響呢？我們繼續探究。

問題(四)：探討物體在不同密度的液體中，自由落下的時間相同嗎？

1. 方法：(1) 配製鹽和水重量比為10:100，15:100，20:100的鹽水，並算出各鹽水的密度。

(2) 將直徑1.5cm的壓克力球，分別放入直徑14cm，裝了不同鹽水的90cm壓克力管中，測量壓克力球自由落下90cm的時間，連續記錄十次，並求平均值。

2. 結果：表(四)直徑1.5cm的壓克力圓球在不同密度的鹽水中落下90公分所花的時間

時間 次數 (sec)	$D_1 = 1.028\text{g/cm}^3$		$D_2 = 1.064\text{g/cm}^3$		$D_3 = 1.105\text{g/cm}^3$	
	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙
1	4.44	4.46	5.09	5.12	5.88	5.73
2	4.28	4.44	5.08	4.93	6.09	5.97
3	* 5	* 4.89	5.13	4.92	6.10	6.49
4	4.23	4.17	5.13	4.91	7.00	6.16
5	4.07	4.10	5.03	4.92	6.29	6.86
6	3.96	4.07	4.88	4.92	5.74	6.17
7	4.16	4.22	5.03	4.99	6.09	5.96
8	4.05	4.33	5.06	4.84	6.01	6.01
9	4.33	4.29	5.10	4.76	6.03	6.09
10	4.50	4.27	4.96	4.85	5.95	5.87
平均值	4.24		4.98		6.12	

註： $D_1$ ， $D_2$ ， $D_3$ ，的鹽和水重量比，分別為10:100，15:100，20:100。

3. 討論：(1)我們從實驗結果，確實可以看出鹽水溶液密度越大時，壓克力球落下90cm所須的時間也越長，也就是自由落下的速度越慢。

問題(五)：同一物體，在密度相同，但黏稠度不同的液體中，自由落下相同距離的時間會相同嗎？

1. 方法：(1)利用上皿天秤稱重，量筒量出體積，再利用密度的公式，算出白蘭洗潔精的密度。

(2)配製與白蘭洗潔精相同密度的鹽水，並將純甘油稀釋成同密度的稀釋甘油。

(3)將直徑1.5cm的壓克力球，分別放入裝了不同液體的玻璃量筒中，用碼錶計時，測量落下40cm的時間。

(表五)

液體種類 時間數 (sec)	鹽 水		白 蘭 洗 潔 精		稀 釋 甘 油	
	$D_1 = 1.02\text{g/cm}^3$		$D_2 = 1.02\text{g/cm}^3$		$D_3 = 1.02\text{g/cm}^3$	
	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙	計時甲	計時乙
1	2 .58	* 2 .59	55 .01	55 .16	* 2 .15	* 2 .21
2	2 .35	2 .35	55 .26	55 .62	1 .78	1 .87
3	2 .32	2 .31	55 .43	55 .49	1 .84	1 .91
4	2 .27	2 .26	54 .88	55 .01	1 .95	2 .01
5	2 .33	2 .32	57 .11	57 .12	1 .93	2 .07
6	2 .33	2 .36	54 .99	55 .16	1 .96	2 .03
7	2 .22	2 .27	54 .66	54 .81	* 2 .34	2 .30
8	2 .28	2 .32	54 .44	54 .55	1 .86	1 .95
9	2 .23	2 .26	56 .62	56 .55	1 .94	1 .79
10	2 .19	2 .21	56 .11	56 .12	1 .81	1 .88
11	2 .18	2 .22	55 .86	55 .88	1 .79	1 .74
12	2 .16	2 .24	55 .40	55 .66	1 .75	1 .66
13	2 .27	2 .32	55 .33	55 .66	1 .91	1 .95
14	2 .28	2 .29	56 .82	56 .90	1 .97	1 .84
15	2 .25	2 .28	56 .99	56 .92	1 .96	2 .02
16	2 .25	2 .23	57 .46	57 .55	1 .87	1 .84
17	2 .21	2 .24	57 .12	57 .22	1 .76	1 .96
18	2 .32	2 .36	55 .04	55 .21	1 .76	1 .94
19	2 .23	2 .33	55 .68	55 .58	1 .69	1 .77
20	2 .33	2 .34	55 .58	55 .62	1 .73	1 .81
平 均 值	2 .28		55 .85		1 .87	

註：\*表示壓克力球撞壁，不列入平均值的計算。

2. 結果：如表(五)，直徑1.5cm的壓克力球在密度相同,但黏稠度不同的液體中，自由落下40cm所花的時間表

3. 討論：(1)一般人以為甘油像沙拉油一樣不溶於水，其實甘油是一種醇類，能與水完全互溶，稀釋的甘油已不太黏稠了。

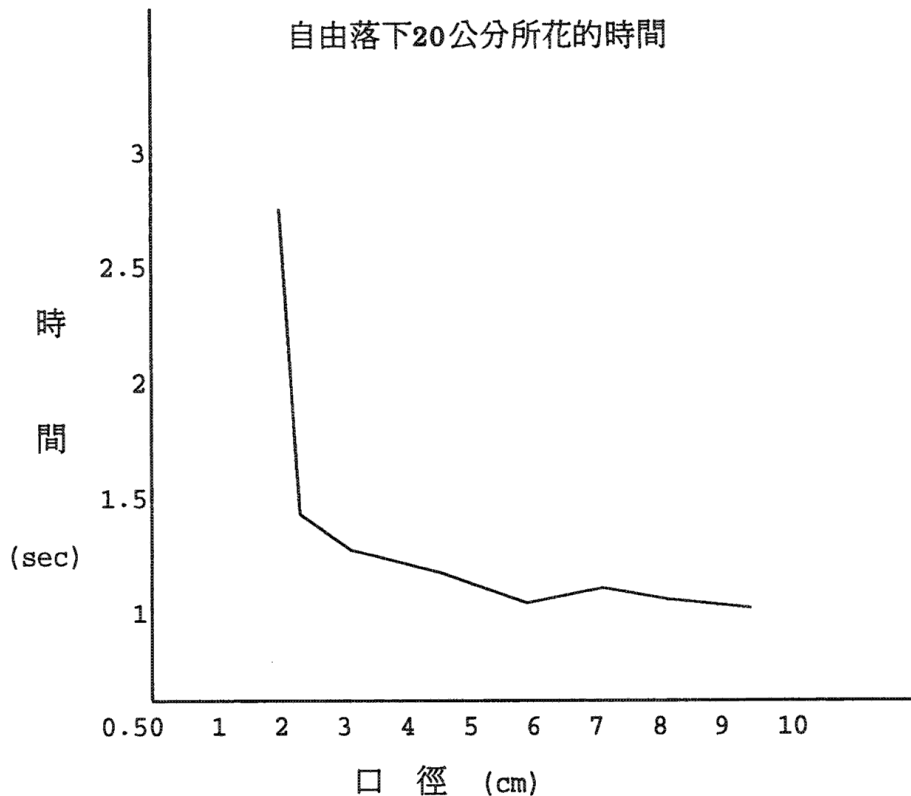
(2)白蘭洗潔精比同密度的鹽水及稀釋甘油黏稠很多，所以壓克力在其中落下的速度非常緩慢。

問題(六)：探討球體直徑與管壁口徑之間的比例，會影響落下速度？

1. 方法：(1)準備八種口徑不同的玻璃管。

(2)將直徑0.8cm的鋼珠分別放入不同口徑，裝了純甘油的管內，測量落下20cm的時間，連續實驗二十次，並求平均值。

2. 結果：表(六) 直徑0.8cm的鋼珠在不同口徑的甘油管中



3. 討論：(1)0.8cm的鋼珠在口徑2cm的甘油中，下落速度很慢，可能與物體下落時，要排開液體不容易，產生較大的阻力有關。當管徑稍大到2.6cm時，鋼珠落下所花時間就明顯變少了，而當管徑比4.6cm大後，鋼珠落下20cm所花的時間，就差不多了。

問題(七)：同一物體，在同樣的液體中，自由落下的速度始終都保持一定嗎？

實驗甲：

1. 方法：(1)在壓克力管外壁，每15cm處做一記號。

②將直徑2.5cm的壓克力球置於水面下，自180cm高處落下，每15cm以碼錶計時一次，連續分段計時12次。

③連續實驗40次，記錄時間，求出平均值。

2.結果：表(七)甲 直徑2.5cm 壓克力圓球在水中  
落下180cm，每15公分所花的時間

時 次 數 間	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150	150-165	165-180
平 均 值	0.49	0.52	0.52	0.48	0.46	0.48	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45

註：限於篇幅不夠，只呈現平均值。

3.討論：①雖然我們發現，直徑2.5cm 壓克力球在落下60cm後，速度似乎會保持一定，但落下每15cm的時間差距都很小，數據不是很準確，須要再進一步探究。

實驗乙：

1.方法：①將直徑1.5cm的壓克力球置於洗潔精液面下，自40cm高處落下，每5cm以碼錶計時一次，連續分段計時8次。

②連續實驗20次，記錄時間，求出平均值。

2.結果：表(七)乙 直徑1.5cm 壓克力圓球在白蘭洗潔精中  
自由落下40cm，每5cm所花的時間

時 次 數 間	直 徑 (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40
平 均 值		10.41	10.57	10.44	10.23	10.17	10.18	10.64	12.14

3.討論：①壓克力球在20cm到30cm之間，落下的速度好像接近相等，而球落到底部，可能由於反彈或洗潔精不均勻，所花的時間稍長。

## 五、結論

(一)空氣中的自由落體，如果忽略空氣阻力，則不管物體的質量、大小及形狀如何，從同一高處下落所需時間大約相同，但物體在液體中自由落下情形就會因其形狀、體積、大小、密度以及液體性質而有不同結果。

(二)同材質、同重量的物體，形狀愈接近球體，它和水的接觸面積較小，所受阻力也會減少，所以在水中落下的速度較快。

(三)同樣材質的球體，若直徑增大，在水中落下的速度就會稍快些。

- (四)形狀、體積相同的物體，若密度愈大時，在水中自由落下的速度就愈快。
- (五)物體在密度越大的液體中，所受到的浮力也越大，在液體中自由落下的速度就越慢。
- (六)液體越黏稠，物體在液體中自由落下的速度就會越慢。
- (七)管子口徑體小而與鋼珠直徑太接近時，鋼珠下落時要排開液體越不容易，所產生的阻力愈大，所以管子口徑能遠大於物體的直徑，愈能避免此項因素的影響。
- (八)物體在液體中自由落下一段距離後，會以相同的速度落下。

## 六、參考資料

- (一)普通物理學（上冊） 王世綱、白海雲、駱劍秋著（P31，P217，P218）
- (二)小牛頓科學園地第十一冊（P.93），第76冊（P20，21，31），第106冊（P.65）
- (三)牛頓科學研究習百科（物理）（P.45）

## 評語

本件作品之實驗數據具體而完整，且結論正確。