

打水漂兒知多少

初小組物理科第二名

台中縣立后里國民小學

作者：莊家榮、曾冠智
蔡慧燕、徐玉君
指導教師：江昭穎、胡秋雲

一、研究動機

學期末老師為獎勵大家表現不錯，特別帶我們到十八閘水源頭郊遊。一些同學忙著起火，一些同學則老練般的烤肉著。另一些不知做什麼的同學便在河邊戲水，比賽打水漂兒，看誰跳得遠，彈得次數多，是不是打水漂兒需要技巧，不單憑力氣的大小呢？引起大家研究的興趣，在老師的指導下，設計多種的實驗開始進行研究——打水漂兒。

二、研究目的

- (一)打水漂兒的基本原理。
- (二)探討影響石頭在水面上彈跳的因素有那些？
- (三)水流對打水漂兒的影響？
- (四)探討打水漂兒的彈跳距離、彈跳次數在水流上是否有差異。
- (五)討論打水漂兒的應用。

三、研究設備器材

- (一)找出有水流的廣大河床，和無水流的靜止湖泊。（例：本實驗在后里鄉的大安溪支流河床，十八閘水源頭為實驗場地。）
- (二)皮捲尺、一米直尺、量角器、鐵錘兩支、鐵槌一支、機車內胎 1.5m 一個、皮球一個、彈簧秤。
- (三)形狀大小、各式各樣石塊一些，重量盡求相等，扁平石頭一堆，以及大臉盆一個。
- (四)飛機、太空船（梭）有關知識性叢書。

四、研究過程和方法

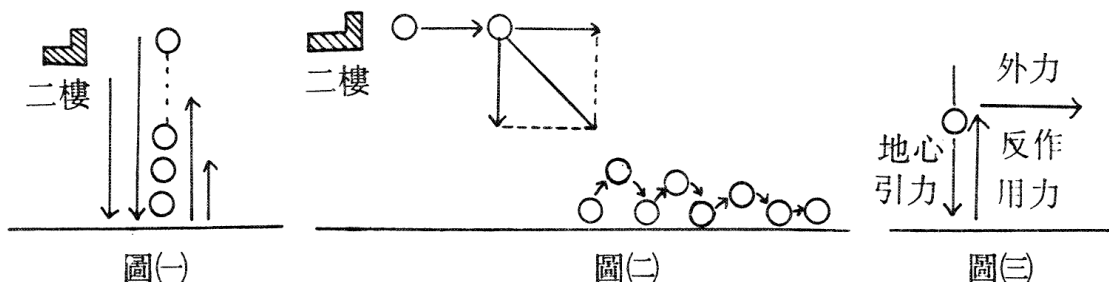
實驗(一)打水漂兒的基本原理

研究方法：

1. 依照運動方向定律，不受外力影響，物體移動方向不變，但因有反方向的摩擦力，向下的地心引力影響，而方向有了改變。
2. 依照牛頓的第三運動定律——作用與反作用力，當物體以多少力撞擊時，必以相等的力（反作用）回饋回去。
3. 所以設計出利用皮球代替彈跳的石頭，觀察實驗將皮球置於二樓高度自由落下。
4. 由二樓高度施加外力，向外丟出，觀察皮球在地面上彈跳的情形。

結果：

1. 當皮球由二樓高度自由落下時，只有地心引力（向下），反作用力（向上）兩種力，所以在原地上彈跳。如圖(一)



2. 當施以第三種力量向外丟出時，除了原來的地心引力（向下），反作用力（向上），還有一個側面來的外力，因此產生了皮球彈跳的距離。如圖(二)分析：

1. 只有地心引力時，反作用力時，皮球只有上、下跳躍，漸趨靜止。
2. 施以外力，向外丟出時，則有三種力，如圖(三)，即地心引力、反作用力，側來外力而有彈跳距離，又因地面空氣的摩擦力而慢慢靜止。
3. 石頭彈跳於地面上正是石頭打在水面上彈跳同樣的基本原理。

實驗(二)探討影響石頭在水面上彈跳距離次數的因素有哪些？

方法一：將兩支鐵錨的各一端緊緊綁上剪開的機車內胎，兩支鐵錨相距 50 公分，牢牢的釘入土中，以彈弓發射方式，在操場跑道上實驗，各以 6 種不同的施力（即拉長內胎的長度）做觀察測量。其結果如表(一)

※注意：角度都定為 30° ，扁平石頭固定一顆，石頭彈跳次數不易觀察，故以 4 人做客觀性一齊記錄。

表(-)陸地上的實驗

拉長長度 彈跳距離	一		二		三		四		五		平均	
	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數
20cm	11.4	2	12.7	3	10.3	3	12.0	4	13.1	3	11.90	3
40cm	18.0	3	18.4	4	17.6	4	19.0	4	18.7	5	18.34	4
60cm	26.1	4	25.4	3	25.2	4	28.3	5	27.4	6	26.48	4.4
80cm	31.4	6	33.0	5	30.7	6	32.8	5	31.9	6	31.96	5.6
100cm	36.1	6↑	36.5	6↑	37.8	6	35.9	6↑	36.8	6↑	36.62	6↑
120cm	40.5	6↑	41.2	6↑	42.1	6↑	41.8	6↑	41.7	6↑	41.6	6↑

表(二)水面上的實驗

拉長長度 彈跳距離	一		二		三		四		五		平均	
	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數	m	次數
20cm	5.2	2	5.7	2	4.8	3	4.9	2	5.6	2	5.24	2.2
40cm	5.6	3	5.8	2	6.1	3	6.4	2	7.3	3	6.24	2.6
60cm	7.7	3	8.9	4	8.5	3	9.0	4	8.4	4	8.50	3.6
80cm	10.1	4	10.0	5	9.7	5	10.9	6	11.7	6	10.48	5.2
100cm	13.4	9	12.7	10↑	13.8	8	14.9	9	14.5	9	13.86	9↑
120cm	14.8	9	14.9	10↑	15.9	10↑	16.3	10↑	15.8	10↑	15.54	10↑

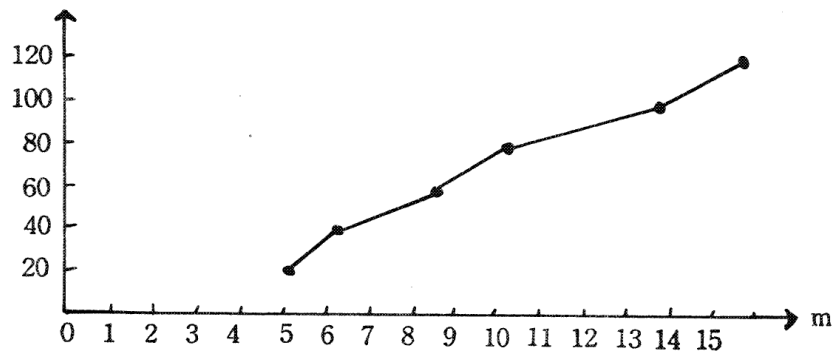
※註：「6↑」表示6次以上，因彈跳高度小速度快，不易觀察計算。故以「6↑」——6次以上，略易記錄之。

方法二：以在陸地上的實驗方法，搬到后里鄉大安溪支流「十八闌水源頭」一處靜止的水面，做同樣的實驗觀察與測量。

※註：此時將石頭射入水中，不易尋回，故事先收集大小略同的扁平石頭。

分析：

1. 在地面實驗彈跳距離比水面上的彈跳距離遠。
2. 所施的外力越大，即內胎拉長長度越長，石頭彈跳的距離次數越遠且越多，由統計圖(四)得知外力與彈跳距離成正比關係。



圖(四)

3. 彈跳的距離愈遠，相對的石頭在水面上的彈跳次數也就愈多。

方法三：探討施力角度影響石頭在水面上彈跳的距離與次數，以同樣（方法一）的實驗方法發射石頭，分別在地面上、水面上做實驗觀察。注意的是：1. 先篩選大小略同的石頭。2. 內胎固定拉長 80cm。其結果分別如表(三)表(四)

表(三)地面上的實驗

次 彈跳	角度 數	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
		m	34.7	32.8	32.4	30.4	30.7	29.3
一	次	6↑	6↑	6	4	2	2	2
二	m	35.3	32.9	30.7	32.9	29.7	30.1	27.4
	次	6↑	6	6	3	3	2	2
三	m	35.0	33.8	31.9	30.1	31.5	29.7	28.9
	次	6↑	5	5	4	2	2	2
四	m	35.1	34.4	31.7	31.4	29.3	29.4	28.5
	次	6↑	6↑	5	4	3	2	2
五	m	33.7	33.4	32.6	30.0	27.0	28.7	29.1
	次	6↑	6↑	6	4	2	2	1
平均	m	34.76	33.46	31.86	30.96	29.64	29.44	28.60
	次	6↑	6↑	5.6	4.6	2.4	2	1.8

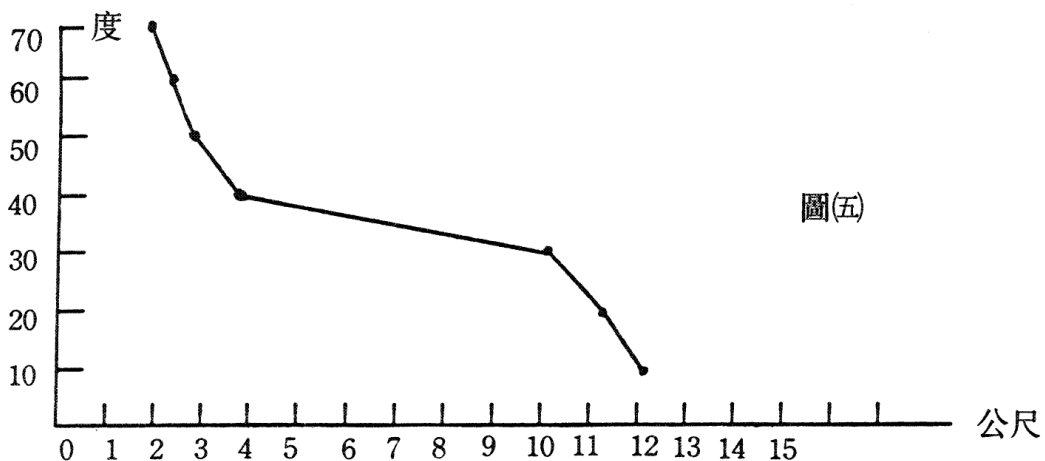
表(四)水面上的實驗

次 彈跳		角度		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
		數								
一	m	11.4	10.8	9.7	5.2	2.8	2.4	2.0		
	次	10↑	7	5	2	1	1	1		
二	m	11.9	10.9	10.9	3.4	2.5	2.3	2.1		
	次	10↑	8	5	1	1	1	1		
三	m	12.5	11.2	10.4	3.0	3.0	2.0	1.8		
	次	10↑	8	6	1	1	1	1		
四	m	12.0	11.7	10.1	3.3	2.7	2.5	1.9		
	次	10↑	9	5	1	1	1	1		
五	m	12.7	12.1	9.8	4.1	2.6	2.3	1.7		
	次	10↑	10	4	2	1	1	1		
平均	m	12.1	11.34	10.18	3.80	2.72	2.30	1.9		
	次	10↑	8.4	5	1.4	1	1	1		

※由於水面上記憶彈跳終點不易，故需以長竹竿「指標」來劃記落點。

分析：

1. 地面上的石頭彈跳距離比水面上的距離遠。
2. 角度越小彈跳的距離越遠，如圖(五)，成正比關係。



3. 施力角度約在 40°時，彈跳次數有一次或兩次便進入水中無法做多次連續性的彈跳。
4. 角度度 50°以上，則都直接進水中。
5. 在以角度為變因時，彈跳越遠，次數也越多。

方法四：探討石頭形狀對彈跳距離的影響，此時石頭形狀分成三大類1. 扁平
2. 多角體3. 卵顆粒形。以同樣的方式發射。先篩選重量約在 5 克~15 克的各形石頭，角度固定 30°，內胎拉長長度 80cm，分別於地面上、水面上做相同的實驗。其結果分別為表(五)表(六)

表(五)地面上的實驗

拉長長度 彈跳距離	一		二		三		四		五		平均	
	m	數	m	數	m	數	m	數	m	數	m	數
扁平	32.4	4	30.3	3	29.8	4	31.7	2	32.2	4	31.28	3.4
多角體	31.8	4	31.0	4	30.7	5	32.5	3	35.1	4	32.22	4
卵顆粒形	32.5	3	34.5	4	33.4	2	32.7	4	34.7	4	33.56	3.4

表(六)水面上的實驗

拉長長度 彈跳距離	一		二		三		四		五		平均	
	m	數	m	數	m	數	m	數	m	數	m	數
扁平	10.2	5	10.3	5	10.7	6	11.1	6	10.3	5	10.52	5.4
多角體	5.7	2	5.4	1	4.3	2	3.7	2	4.2	1	4.66	1.6
卵顆粒形	4.8	2	5.7	2	4.9	2	5.7	1	3.8	2	5.78	1.8

分析：

1. 在地面上玩（打水漂兒）不受石頭形狀的影響，距離相差不遠，且以愈接近圓形即卵顆粒形，滾得較其他遠。
2. 在水面上的實驗，以扁平石頭彈跳的距離遠，次數又多，而其他形狀石頭不容易彈跳即撲通下水了。

方法五：探討石頭的重量對打水漂兒距離的影響。首先控制其他變因1. 角度 30°2. 拉長內胎長度 80cm3. 重量分為五組的扁平石頭，分別在地面、水面做各種實驗。其結果分別為表(七)、表(八)

表(七)

克重 彈跳距離 次序	1~5		6~25		26~50		51~100		101~200	
	m	次	m	次	m	次	m	次	m	次
一	31.0	2	31.3	4	31.5	4	29.4	3	22.1	2
二	30.4	1	30.2	3	30.4	4	30.7	2	20.7	2
三	29.9	3	32.3	4	32.7	3	30.1	2	18.7	1
四	30.1	2	33.1	3	33.8	4	31.4	1	21.9	2
五	31.2	2	34.2	2	32.7	4	30.1	2	20.4	1
平均	30.52	2	32.22	3.2	32.22	3.8	30.34	2	20.76	1.6

表(八)

克重 彈跳距離 次序	1~5		6~25		26~50		51~100		101~200	
	m	次	m	次	m	次	m	次	m	次
一	10.2	5	11.4	6	12.1	6	9.2	4	4.7	3
二	9.3	4	11.7	7	11.7	7	8.4	3	5.3	3
三	10.1	5	10.5	7	11.2	6	8.7	4	4.8	4
四	9.7	6	10.8	10↑	12.1	6	9.3	3	5.2	2
五	9.4	5	12.3	6	10.9	5	8.2	3	5.4	3
平均	9.74	5	11.34	8↑	11.6	6	8.76	3.4	5.08	3

分析：

1~5 克重的扁平石頭，因為太輕，不易施力（發射）得遠，又碰撞地面或水面，已無能量，相對的彈跳距離，次數皆不理想。

2. 以 6~50 克重時，最適合打水漂兒，易發射，且彈跳得遠，次數多。

3. 重量越重，超過約 150 克重時，已感射出不易，且難施力。若把重量與彈跳距離統計成圖，如圖(六)所示：

4. 由以上實驗，得知打水漂兒漂亮否，與施力大小，施力角度、石頭形狀、石頭重量有關。

實驗(三)：水流是否對打水漂兒有影響？

方法：利用實驗出來：打水漂兒的四項變因，各取彈跳效果較佳者。即角度

10°，拉長內胎 100cm，扁平石頭 6 克～50 克之間，分別在有水流的地方——后里鄉仁里大安溪十八閘水源頭。和附近沒有水流的大安溪支流，做實地測驗觀察。其結果如表(九)

表(九)

地點 彈跳 距離 次數		十八閘清源頭大安 溪支流河床		
		順流	逆流	靜止水面
一	距離	14.3	12.1	13.8
	次數	8	5	9
二	距離	14.7	11.9	12.7
	次數	9	4	8
三	距離	15.7	12.0	13.5
	次數	7	5	9
四	距離	14.8	11.4	14.1
	次數	7	3	9
五	距離	13.9	12.0	13.9
	次數	8	4	10 ↑
六	距離	15.8	10.3	12.9
	次數	7	2	9
七	距離	16.0	10.0	14.1
	次數	8	3	10 ↑
平均	距離	15.03	11.39	13.58
	次數	77.2	3.72	9 ↑

分析：

1. 順流的借助水流的力量即施力+水流。靜止水面則只有原來施加的外力。逆流卻有反方向的水流，稍微抵消所施的外力，即施力-水流的力量。因此在彈跳距離大小分別為：順流>靜止水流>逆流。
2. 在彈跳的次數上：靜止>順流>逆流。
3. 我們發現石頭的彈跳距離與彈跳次數在水流上有所差異，並不完全正比。所以我們又設計下面的實驗。

實驗(四)：探討打水漂兒，彈跳距離與彈跳次數在水流上差異的原因。

方法：1. 分別觀察靜止水面，與水流動水面的水面波動情形，所以利用一個

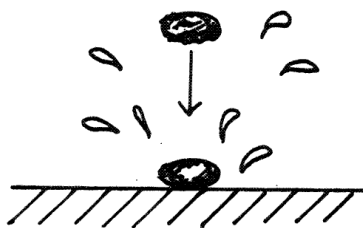
大臉盆盛滿水，在水面靜止的狀態下，拿扁平石頭與水面互相平行，於相距 1 公尺高度落下，觀察濺起水花的大小。如圖(七)：

2. 再由一位同學將手伸入水中做手腕擺動，製造水波，代替水流的波動，也以扁平石頭使其自由落下，觀察濺起水花的大小。

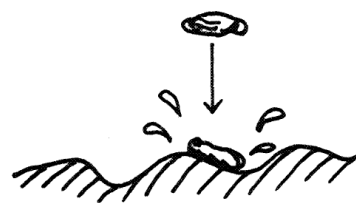
結果：※吾人將水花大小分爲 A>B>C 三級，其結果爲表(十)



圖(七)



圖(八) 靜止水面



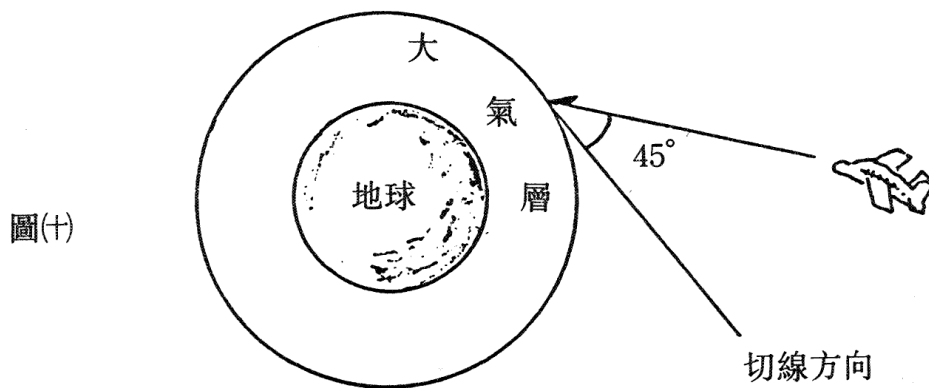
圖(九) 波動水面

表(十)

水流 級數	次數	一	二	三	四	五	統 計
		靜止	B	A	A	B	
波動		C	B	B	B	C	A:0 B:3 C:2

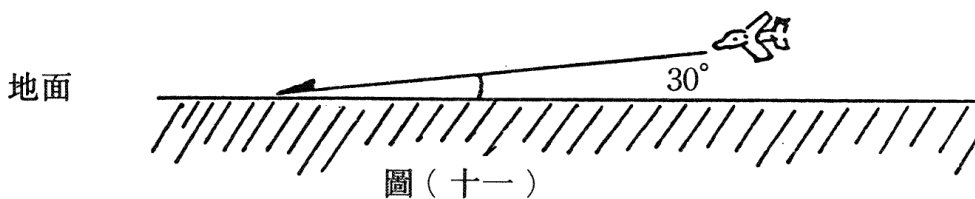
分析：

1. 在同一高度靜止水面比波動水面的水花大。
2. 如圖(八)所圖解，靜止時，水面平坦，當扁平石頭落下時，石頭平面與水平面接觸面積最大，所以反作用力大，相對濺起水花較多。
3. 如圖(九)所示，水流時造成水的波動，當扁平石頭落下時，遇到波峰斜向落入水中，與水面接觸小，故水花小。
4. 由以上導論之，跳水選手以垂直跳入水中，故濺起水花較少。不會跳水的人以整個胸部身體拍擊水面，受水表面張力的反作用力大，因此水花大且胸部發紅疼痛。
5. 水花大因拍擊面大，反作用力大故彈跳高度高。反之，水花小因拍擊面小，故反作用力小。所以在靜止水面時彈跳次數多。
6. 順流時雖彈跳次數比靜止水面時少，但彈跳距離受水流外力而更加它的距離。



五、討論打水漂兒的應用

- (一)我們做完以上的實驗，發現太空梭不是輕易可以返回地球的，重要因素在於厚厚的大氣層。當太空梭以驚人的速度向地接近時，那層大氣層如同一層水流，如圖(十)，若入射角小於 40° 則太空梭有被大氣層彈跳出去的可能性。因此推論太空梭返回地球飛行路線與大氣層切線方向，角度需大於 45° 才能順利通過大氣層著於地球上。
- (二)飛機在降落時如圖(十一)地面與飛機飛行的路線角度越小越安全。所以飛機在降落時必須在接近地面時，再把機頭拉高，以謀求角度越小平穩的滑行。若角度大於 40° 則有碰撞地面的危險。
- (三)滑水選手能站立於水面上，也是打水漂兒的原理1. 滑水橈底部是平的，表示一扁平石頭2. 滑水橈與水面平行接觸，角度為 0° 3. 船不停地拉着滑水者行，即表示一直施以外力。故能保持漂浮於水面上做表演。



六、結論

- (一)打水漂兒的彈跳原理與皮球彈跳於地面上原理相同。
- (二)地心引力向，撞擊地面時而會有反作用力向上彈起產生，再施側面方向的外力，便有了彈跳的距離。
- (三)石頭在水面上打水漂兒，亦有地心引力向下，與側面的外力形成合力，因受

表面張力的反作用力而能將石塊彈跳起來而有距離。

- (四) 施力能影響打水漂兒彈跳的距離和次數，施力愈大彈跳愈遠，次數愈多。
- (五) 施力角度越小，彈跳距離遠，次數也多。角度愈大，合力愈小，故石頭不易彈高。且在 40° 以上時，則易或直接潛入水中。
- (六) 扁石頭接觸水面面積較大，因而彈起的反作用力增加，故以扁平石頭打水漂兒才漂亮。
- (七) 打水漂兒重量以 6~50 克較適合。重量太輕、受空氣阻力，水的表面張力抵抗，運動能量削減，故不易彈跳。重量過重，不僅所施外力大，瞬間水的表面張力無法反作用回去，而直落水中。
- (八) 水流也會影響打水漂兒。在靜止水面易發揮彈跳次數。順流可增加彈跳的距離，逆流則減弱彈跳的距離與次數。
- (九) 靜止水面與有水流的地方會使彈跳距離、次數有所差異，乃是水波起伏的關係。
- (十) 太空梭以入射角大於 40° 才能進入大氣層，不被彈出外太空。相反的！飛機的降落入射角須小於 40° 才能平安著陸。滑水選手亦利用打水漂兒的角度 0° ，且一直施以外力（即選手拉著行駛船）而一直滑行於水面上。

七、參考資料

- (一) Jearl walker 原著。物理飛行馬戲。凡異出版社，民國七十六年。
- (二) 世茂。物理趣談(一)。世茂出版社，民國七十五年。
- (三) 小牛頓雜誌社。小牛頓一十三期。小牛頓公司，民國七十四年。

評語

1. 本作品相當富有創意，蠻鄉土味的，從打水漂兒的比賽當中，發覺其技巧不只是力氣的問題而已，對其基本原理，彈跳距離的因素及水流的影響均能做深入的研究，利用最簡單，自然（石頭）的器材，對施力大小、方向、石頭形狀、重量等變因加以分析，實在是「寓教於樂」。
2. 若是考慮取樣的均勻性，一致性，可以用大理石做的圓棋子或象棋子等，代替各種形狀的石頭去做實驗，所得的效果，應會更佳。