

# 金門地區第62屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：物理與天文學科

組 別：高級中等學校組

作品名稱：叛逆的石頭-Rattleback反轉效果探討

關 鍵 詞：反轉石、轉動、Rattleback

編 號：

## 摘要：

RattleBack反轉石又稱凱爾特石，是一個半橢圓形的陀螺，它只有特定的旋轉方向，而當我們施予一個與他與他特定旋轉方向相反的力時，他會變得不穩定，接著上下震盪，最後往它的特定方向旋轉。我們利用許多不同的反轉石，探討不同因素對於他反轉圈數的影響。



圖(一). RattleBack反轉石

## 壹、研究動機

在有一次上自然專題課時，老師拿著一塊凱爾特石(反轉石)給我們玩，我們發現當我們順時針旋轉他時，他會愈轉愈慢，並上下震盪，最後向逆時針旋轉。這看起來像違反物理的一塊石頭，我們對此反轉效果以及反轉原理感到非常好奇，想了解其背後的原因。

## 貳、研究目的

1. 以不同力道旋轉自製反轉石找出旋轉圈數與反轉圈數的關係。
2. 以相同力道旋轉找出旋轉圈數與反轉圈數的關係。
3. 試驗上下震盪是否為物體反轉之關鍵。
4. 找出不同配重對於反轉效果的關係。
5. 找出不同材質對於反轉效果的關係。

## 參、研究設備及器材

		
反轉石	經配重後的湯匙	彈簧秤
		
電子秤	白板(當桌面用)	白板筆(畫固定位置)
		
黏土	手機	長尾夾
		
經配重的塑膠湯匙	經配重的滑鼠	

表(一)研究設備及器材

## 肆、研究過程或方法

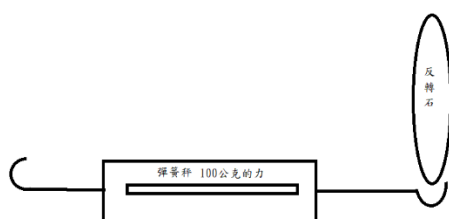
1. 以不同力道以順時針旋轉滑鼠及經配重後的湯匙，並記錄旋轉次數與反轉角度，試找出二者之間的關係。



圖(二). 經配重後的滑鼠

圖(三). 經配重的塑膠湯匙

2. 利用生活中不規則的陀螺形狀作為可用材料，製造反轉石，例如：湯匙、滑鼠。我們將這些不對稱的物體，先以彈簧秤定力撞擊如圖(四)，測量其最大反轉圈數與市面上所售的凱爾特石(反轉石)進行比較。
3. 使用不同的材質進行經配重後湯匙的反轉實驗，找出不同材質對於反轉效果的關係。
4. 以不同大小的力多次旋轉RattleBack反轉石，並以手機慢動作錄影數出上下震盪的頻率以及反轉圈數，觀察上下震盪的頻率與反轉圈數的關係。
5. 在RattleBack反轉石上進行配重，以一公克、兩公克、三公克、四公克、五公克的黏土放置在反轉石長軸的兩端，利用彈簧秤定力撞擊反轉石，並以手機慢動作錄影觀測其最大反轉圈數。



圖(四). 彈簧秤定力撞擊反轉石示意圖



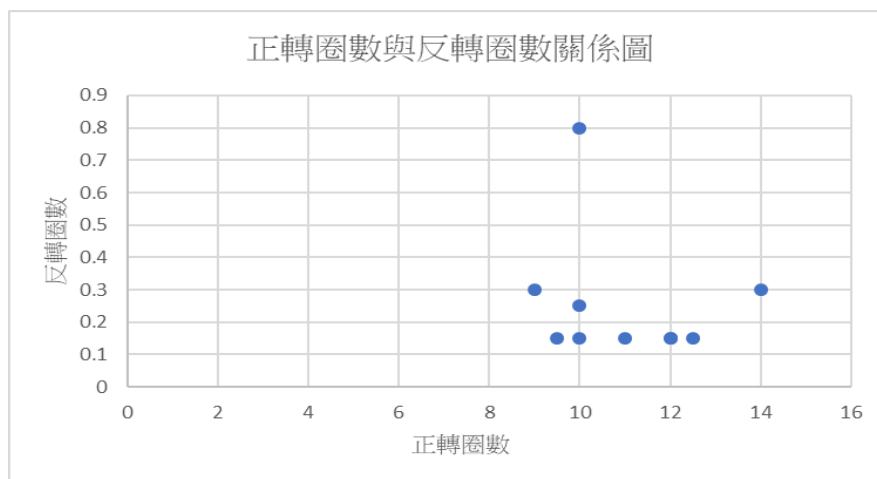
圖(五). 經配重的RattleBack反轉石

## 伍、研究結果

### 實驗一.

#### 1. 滑鼠反轉

使用配重調整重心平衡後的滑鼠在光滑的磁磚上進行反轉測試。

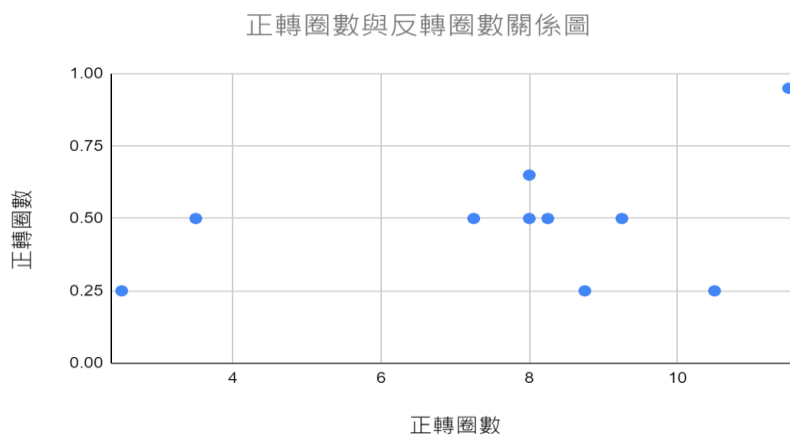


表(二). 正轉圈數與反轉圈數關係

雖然透過表格無法觀察出旋轉次數與反轉角度有任何相關，但在實驗中觀察到滑鼠旋轉時有上下震盪的話，更容易產生反轉效果，因此進而想出實驗四。

#### 2. 湯匙反轉

使用湯匙加上長尾夾(配重用)，在白板上進行反轉實驗。



表(三). 正轉圈數與反轉圈數關係

以表(三)實驗數據得知，正旋轉的圈數與反轉的圈數，並非有直接的關連性。不過在觀察實驗的過程中，我發現反轉的圈數與上下抖動幅度有些關聯，因此進行震盪頻率與反轉圈數的實驗。

實驗二. 使用定力對反轉石及湯匙進行反轉實驗。

實驗次數	反轉石反轉圈數	湯匙反轉圈數
1	0.7	0.8
2	1.2	0.65
3	0.6	3
4	0.9	1.3
5	0.8	0.6
6	0.65	1.6
7	0.2	0.7
8	0.6	1.4
9	0.75	1.7
10	0.7	1.3
平均	0.71	1.305

表(四). 反轉石與湯匙反轉圈數比較表

由表(四)得知湯匙的反轉效果比反轉石好一些。

實驗三. 使用不同的材質進行反轉實驗，找出不同材質對於反轉效果的關係。

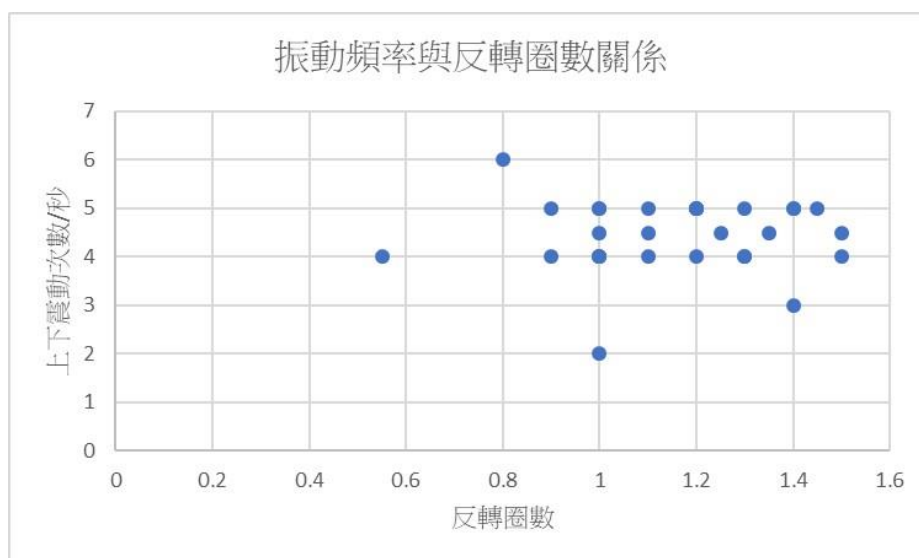
白紙(次數)	正轉(圈數)	反轉(圈數)		砂紙(次數)	正轉(圈數)	反轉(圈數)
1	3	0.25		1	8	0
2	5.5	0.3		2	5	0
3	4.5	0.25		3	6	0
4	3.75	0		4	7.5	0
5	3.25	0		5	4.5	0
鐵盒(次數)	正轉(圈數)	反轉(圈數)		木桌(次數)	正轉(圈數)	反轉(圈數)
1	5	0.65		1	3.5	0.5
2	7.5	0.75		2	2.5	0.25
3	3	0.5		3	7.25	0.5
4	4	0.65		4	8	0.5
5	5	0.7		5	7	0.45
玻璃(次數)	正轉(圈數)	反轉(圈數)				
1	4.5	0.75				
2	7	0				
3	3	0.25				
4	5.25	0.5				
5	6	0				

表(五). 不同材質對於反轉效果的關係

去除最大值以及最小值可得知以下最大反轉圈數結果如下

砂紙-0 白紙-0.5 木桌-0.5 玻璃-0.5 金屬鐵盒子-0.72 (圈)

#### 實驗四.



表(六). 震盪頻率與反轉圈數關係圖

由上表(二)、(三)得知，上下震盪的頻率與反轉圈數並非有所關聯。

#### 實驗五. 配重實驗

1公克配重/次數	反轉圈數
1	0.875
2	0.55
3	0.66
4	0.55
5	0.55
6	0.5
7	0.2
8	1.16
9	0.75
10	0
平均	0.5795

表(七). 一公克配重的反轉圈數

當我們重量到達兩克，凱爾特石因太重旋轉不動，以失敗告終。



## 陸、討論

1. 在利用生活中常見的湯匙來做測試正轉時，發現正旋轉圈數與反轉圈數並沒有直接的關聯，在進行實驗一時，我們觀察到自製反轉石在反轉之前會上下震盪，因此進而延伸出實驗四，也就是上下震盪對於反轉圈數的影響。
2. 在利用生活中常見的湯匙來做比較時，我們發現每次旋轉圈數很不固定，有些反轉角度特別大，有些特別小，推測可能是使用彈簧秤時撞擊的位置有些偏差，而造成的結果有所不同。
3. 與一開始認為其接觸面越光滑、摩擦力越小，反轉效果就越好的想法有些不同，進一步思考原因可能因摩擦力(阻力)降低而無法將正水平動量轉為垂直動量，而產生良好的反轉效果。
4. 可藉由表(六)得知上下震盪與反轉圈數並非有所關聯，雖然與實驗前推測的結果不同，不過就以現有的數據顯示，這塊RattleBack反轉石的頻率可能有一個穩定值。
5. 得知配重和反轉關係成反比，將力道變大或許可以實現反轉效果。

## 柒、結論

1. 凱爾特石的結構並非完全對稱，重心點不在質點上，且能否反轉與物體形狀、配重質量、表面的材質有關，因此藉由此方向尋找，可以找到生活中其他符合條件的物品。
2. 以觀察到的數值來看，一個反轉石的旋轉圈數與反轉圈數並非有所關聯。
3. 以不同材質的桌面進行旋轉，摩擦力太大與太小的材質反轉效果較差，摩擦力而無法將水平動量轉為上下震盪，而產生良好的反轉效果。
4. 藉由表(六)得知上下震盪的頻率與反轉圈數並非有所關聯。
5. 反轉石的配重質量由一公克增加到兩公克時，幾乎無法旋轉。

## 捌、參考資料及其他

1. 高至辰. (2007). 會逆轉的石頭—*RattleBack* 逆旋現象. 台北網路科教館. <http://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=99&a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=11&sid=3086>
2. 許良榮. (n.d.). 反轉魔石. 國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系. <http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-018.html>
3. *Rattleback*. (n.d.). Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Rattleback>