

陀螺探究與實作

實驗與分析報告

班	級：	二年七班
座	號：	7
姓	名：	陳可祐
學	號：	1131085
期	程：	114 學年度第二學期

目 錄

一、前言

二、實驗目的

三、實驗原理

四、實驗材料

五、實驗結果（數據整理與趨勢分析）

（一）變因一：陀螺半徑對旋轉秒數的影響

（二）變因二：發射器材質對旋轉秒數的影響

（三）變因三：陀螺形狀對旋轉秒數的影響

（四）變因四：竹筷上方長度對旋轉秒數的影響

七、實驗討論

八、反思

九、實驗心得

一、前言

陀螺是日常生活中常見的旋轉玩具，其旋轉時間受到多種因素的影響，如陀螺的半徑大小、發射器材質、陀螺本身的形狀，以及竹筷的結構配置等。本實驗透過控制變因並改變不同操作條件，探討各因素對旋轉秒數的影響，進而了解轉動慣量（Moment of Inertia）、角動量守恆，以及能量損耗與旋轉穩定性之間的關係。

二、實驗目的

- A. 探討陀螺半徑（ R ）對旋轉秒數的影響。
- B. 比較發射器材質（棉線、塑料、棉繩）對旋轉秒數的差異。
- C. 分析陀螺形狀（圓形、正方形、三角形、五邊形）對旋轉秒數的影響。
- D. 研究竹筷上方長度（ W_1 ）改變時對旋轉秒數的影響。

三、實驗原理

陀螺旋轉時，其角動量 $L = I\omega$ （ I 為轉動慣量、 ω 為角速度）。圓盤型陀螺的轉動慣量公式為 $I = \frac{1}{2}MR^2$ ，半徑越大，轉動慣量越大，在相同的起始角速度下可儲存更多角動量，因此理論上旋轉時間較長。

發射器的材質影響拉力傳遞的效率及摩擦損耗，材質不同可能導致初始角速度的差異。陀螺形狀亦影響質量分布，進而改變轉動慣量與旋轉穩定性。此外，竹筷的上方長度（ W_1 ）影響重心高度，重心越低的陀螺旋轉時越穩定，能量損耗較少，旋轉時間相對較長。

四、實驗材料

- 紙板（製作各形狀陀螺）
- 竹筷（固定長度，調整 W_1 、 W_2 ）
- 棉線、塑料繩、棉繩（發射器材質）
- 碼錶（計時）
- 尺（測量半徑與長度）
- 剪刀、圓規

五、實驗結果（數據整理與趨勢分析）

（一）變因一：陀螺半徑對旋轉秒數的影響

操縱變因：陀螺半徑（R）（5.5cm、6.5cm、7.5cm、8.5cm）。

控制變因：竹筷總長度（ W_1+W_2 ）固定、同材質發射器、同操作人員、同起旋場地。

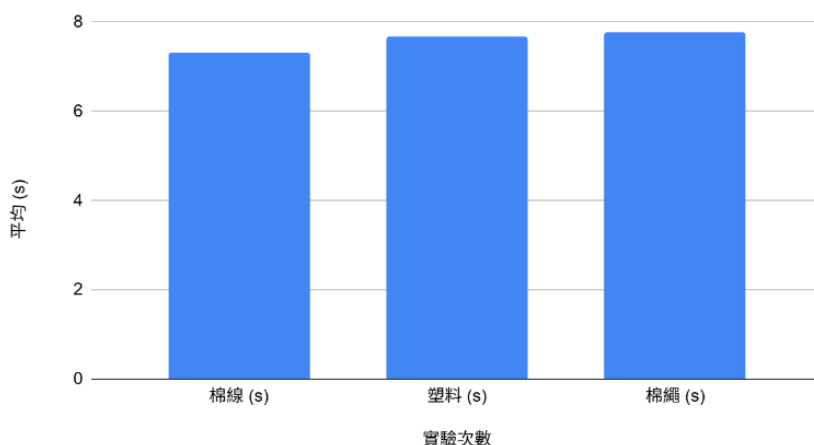
應變變因：旋轉秒數（S）。

步驟：固定控制變因，改變陀螺半徑，測量旋轉秒數並記錄 10 次數據。

實驗次數	R=5.5cm	R=6.5cm	R=7.5cm	R=8.5cm
1	8.54	10.89	12.6	13.7
2	8.05	11.37	12.13	14.5
3	9.14	12.16	10.49	16.05
4	8.4	10.84	12.59	15.21
5	8.47	11.27	11.74	16.19
6	8.61	11.02	10.89	14.29
7	9.04	10.96	13.54	15.87
8	7.42	10.5	12.81	15.77
9	7.01	9.72	10.51	15.86
10	7.81	11.04	13.66	16.23
平均 (s)	8.30	10.99	12.18	14.97

趨勢觀察：當陀螺半徑從 5.5cm 增加至 8.5cm 時，平均旋轉秒數由 8.30s 顯著提升至 14.97s，呈現明顯的正相關趨勢。這與轉動慣量公式 $I = \frac{1}{2}MR^2$ 吻合，半徑越大，轉動慣量越大，陀螺在相同發射力量下能儲存更多角動量，因此旋轉時間更長。

縱軸：平均 (s)，橫軸：實驗次數



(二) 變因二：發射器材質對旋轉秒數的影響

操縱變因：發射器材質（棉線、塑料、棉繩）。

控制變因：陀螺大小固定（ $R=8.5\text{cm}$ ）、同操作人員、同起旋場地。

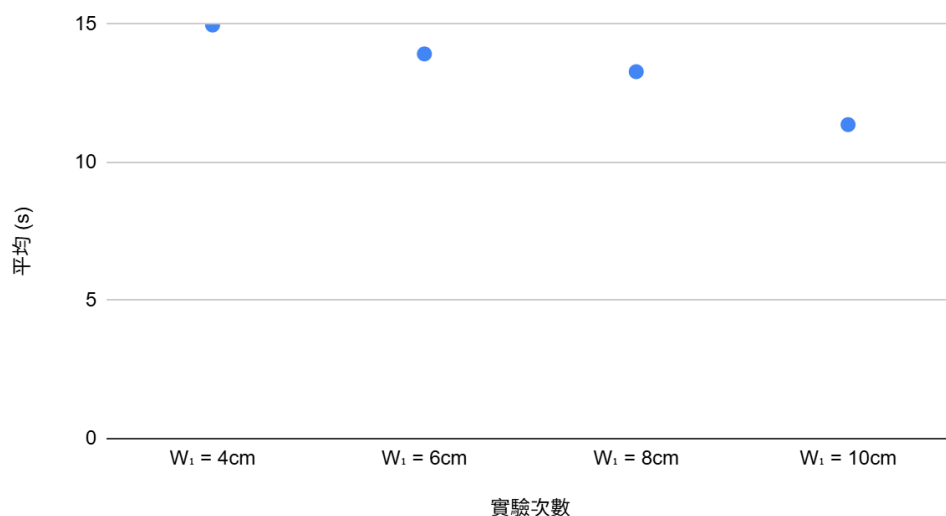
應變變因：旋轉秒數（S）。

步驟：固定控制變因，改變發射器材質，測量旋轉秒數並記錄 10 次數據。

實驗次數	棉線	塑料	棉繩
1	7.1	7.7	8.1
2	8.2	6.9	7.6
3	6.9	8.1	7.4
4	6.4	8.3	7.5
5	5.9	7.5	7.6
6	7.3	7	7.9
7	7.5	7.5	8
8	8.1	8.2	8.2
9	8	7	7.6
10	7.8	8.4	7.9
平均 (s)	7.32	7.66	7.78

趨勢觀察：三種材質的平均旋轉秒數差異不大，但仍有明顯排名：棉繩（7.78s）> 塑料（7.66s）> 棉線（7.32s）。棉繩表面較粗糙，摩擦力適中，發射時能量傳遞效率較高；而棉線較細、張力不穩定，可能造成部分能量損耗。

縱軸：平均 (s)，橫軸：實驗次數



(三) 變因三：陀螺形狀對旋轉秒數的影響

操縱變因：形狀（圓形、正方形、三角形、五邊形）。

控制變因：筷子長度（8cm）、各形狀對應邊長/半徑相近、材質（紙板）相同、操作人員同。

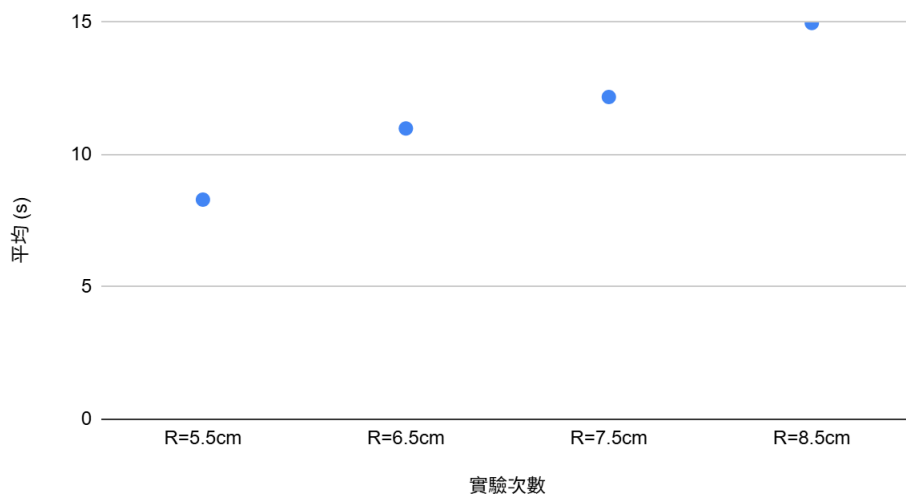
應變變因：旋轉秒數（S）。

步驟：固定控制變因，改變陀螺形狀，測量旋轉秒數並記錄 10 次數據。

實驗次數	圓形	正方形	三角形	五邊形
1	3.42	1.64	2.23	2.2
2	3.92	1.58	1.57	2.17
3	4.12	1.72	2.16	2.14
4	3.87	1.41	2.07	2.13
5	3.61	2	2.16	2.17
6	3.41	2.01	1.58	2.21
7	4	1.97	2	2.13
8	3.67	1.45	1.71	2.07
9	3.51	1.36	2.03	2.1
10	3.47	1.29	2.07	2.09
平均 (s)	3.700	1.643	1.958	2.141

趨勢觀察：旋轉秒數由長至短依序為：圓形（3.700s）>五邊形（2.141s）>三角形（1.958s）>正方形（1.643s）。圓形質量分布最均勻，旋轉最穩定；正方形在旋轉時重心偏移明顯，能量損耗最快。這顯示形狀的對稱性越高，旋轉穩定性越好，旋轉時間越長。

縱軸：平均 (s)，橫軸：實驗次數



(四) 變因四：竹筷上方長度 (W_1) 對旋轉秒數的影響

操縱變因：竹筷上方長度 (W_1) (4cm、6cm、8cm、10cm)。

控制變因：下方長度 ($W_2=4\text{cm}$)、圓形陀螺 ($R=8.5\text{cm}$)、同材質發射器、同操作人員。

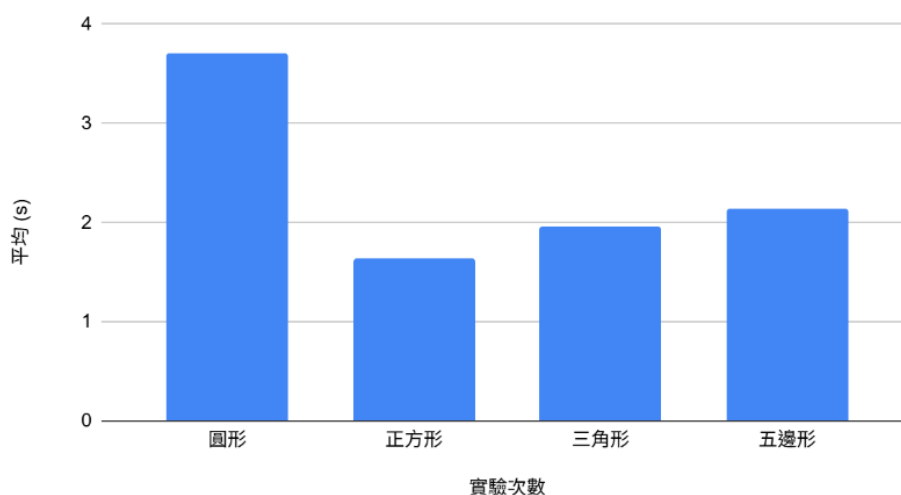
應變變因：旋轉秒數 (S)。

步驟：固定控制變因，改變竹筷上方長度，測量旋轉秒數並記錄 10 次數據。

實驗次數	$W_1=4\text{cm}$	$W_1=6\text{cm}$	$W_1=8\text{cm}$	$W_1=10\text{cm}$
1	13.7	15.55	12.3	12.58
2	14.5	11.33	11.92	11.41
3	16.05	14.1	14.1	9.81
4	15.21	14.88	13.18	12.47
5	16.19	10.85	13.73	10.29
6	14.29	12.97	12.06	11.72
7	15.87	15.88	14.2	10.46
8	15.77	13.81	13.1	12.65
9	15.86	14.9	13.29	10.08
10	16.23	14.98	14.72	12.25
平均 (s)	14.97	13.93	13.28	11.37

趨勢觀察：當竹筷上方長度 (W_1) 從 4cm 增加至 10cm 時，平均旋轉秒數由 14.97s 下降至 11.37s，呈現負相關。 W_1 越短代表重心越低，穩定性較高，能維持較長的旋轉時間。 W_1 過長則使重心升高，旋轉容易傾斜，加速能量耗散。

縱軸：平均 (s)，橫軸：實驗次數



七、實驗討論

1. 轉動慣量與旋轉時間

根據轉動慣量公式 $I = \frac{1}{2}MR^2$ ，實驗一的結果顯示半徑越大旋轉時間越長，與理論預測相符。在相同發射條件下，較大的轉動慣量使角動量更大，陀螺克服摩擦力損耗的能力更強，故旋轉時間顯著增加。

2. 材質對能量傳遞的影響

實驗二顯示棉繩的發射效果優於棉線與塑料繩。這可能與材質的摩擦係數和彈性有關：棉繩摩擦力適中，在拉繩的過程中能較有效地將線性動能轉換為旋轉動能；而棉線過細，施力時容易滑動，導致能量損耗。

3. 形狀對稱性影響旋轉穩定性

實驗三表明對稱性越高的形狀旋轉時間越長。圓形具有最高的對稱性，質量均勻分布於各方向，旋轉最穩定；正方形與三角形的質量分布較不均勻，在旋轉時重心偏移，產生額外的進動力矩，加速能量損耗。

4. 重心高度與旋轉穩定性

實驗四顯示 W_1 越短（重心越低），旋轉時間越長。重心低的陀螺在進動時所需的恢復力矩較小，旋轉軸不易偏離，能量損耗較少。這與物理直觀相符：重心低的物體旋轉更穩定，就如同不倒翁的設計原理。

5. 數據分散性與異常值

部分數據存在一定的分散性，可能來自以下因素：

- E. 計時誤差或反應時間的差異。
- F. 每次拉繩的力道與角度不完全一致。
- G. 旋轉面不完全水平，影響旋轉穩定性。
- H. 陀螺紙板的剪裁精確度影響質量分布的均勻性。

八、反思

下次在進行實驗時，應更注意控制每次拉繩的力道與角度，可以考慮製作固定拉繩裝置以減少人為誤差。此外，應確保旋轉面的水平，並在製作陀螺紙板時使用更精確的工具，以確保質量分布均勻，減少數據分散性。

九、實驗心得

這次「陀螺旋轉秒數」的探究實作，讓我對科學實驗的變因設計與物理概念有更深入的了解。在進行實驗前，我認為只要增大陀螺、拉繩用力，旋轉時間就會更長，但實際操作與數據結果告訴我，並非單純的線性關係，而是受到多種因素交互影響。

在實驗過程中發現「控制變因」的重要性。只要拉繩力道、陀螺放置位置或旋轉面有些許不同，就可能造成數據出現明顯差異。科學實驗的重點不只是做出結果，而是要確保實驗條件的一致，這樣數據才具有比較與分析的價值。

透過比較不同變因（陀螺半徑、發射器材質、陀螺形狀與竹筷上方長度），我對轉動慣量與角動量的概念有了更具體的認識。實驗結果告訴我，在合理範圍內增大半徑、使用摩擦力適中的棉繩、選用對稱性高的圓形，以及縮短竹筷上方長度，都能有效提升旋轉時間——實驗存在「最佳條件」，而非「越多越好」。

在數據整理與分析的過程中，我也學習到如何計算平均值、比較趨勢，並透過數據來解釋實驗現象，而不只是依賴主觀感受。雖然實驗中出現了一些數據分散或不一致的情況，但透過討論可能的誤差來源，我了解科學探究強調的是「合理推論」與「誠實呈現結果」。

整體而言，這次探究實作除了提升了我對物理中能量轉換與轉動力學的認識，也培養了我在實驗設計、問題分析與資料整理方面的能力。我體會到，科學並非只是課本上的公式，而是透過不斷嘗試、修正與思考。