嘉義縣國民中小學
科學展覽會作品說明書

屆　　別：65

科　　別：物理

組　　別：國小組

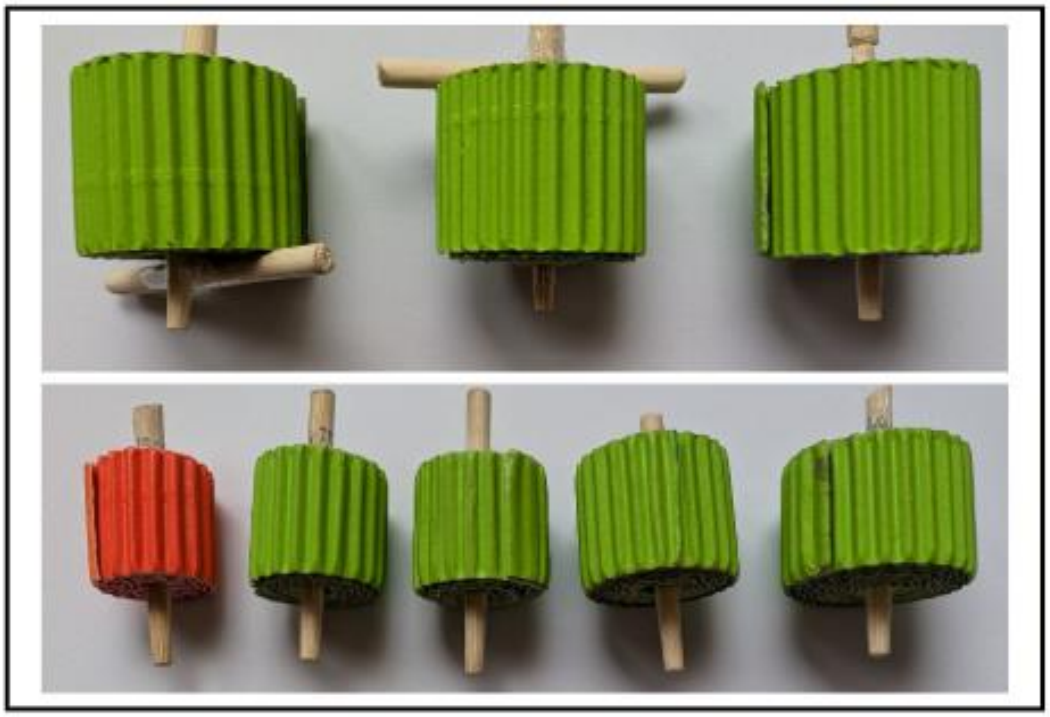
作品名稱：從陀螺的旋轉談起—
探討影響陀螺轉動的因素與科學原理

關 鍵 詞：紙陀螺　重心　平衡

編　　號：A113

嘉義縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書



科　　別：　物理科

組　　別：　國小組

作品名稱：　從陀螺的旋轉談起—

探討影響陀螺轉動的因素與科學原理

關 鍵 詞：　紙陀螺　重心　平衡　角動量

編號：

從陀螺的旋轉談起—

探討影響陀螺轉動的因素與科學原理

摘　要

陀螺的旋轉靠的是一種叫做陀螺儀原理的科學概念。當我們快速轉動陀螺它就會開始旋轉。剛開始，陀螺會晃來晃去，但很快就會穩定下來，直立在地面上旋轉。但因摩擦力和空氣的阻力，陀螺的旋轉會變慢，最後搖晃旋轉後倒下來。在自界與生活中有很多像陀螺運動的例子。

經過多次實驗，我們發現：1.紙條越長，旋轉時間越長，最佳長度約 50 公分。2.最佳紙條寬度為 3 公分，太寬或太窄都會影響穩定性。3.軸的長度約 5.5 公分時最適合，太長會讓陀螺不穩定。4.紙陀螺的造型與旋轉力有關，上凹型最好；改變軸的造型（如頂端挖凹槽）可以提升旋轉效果。5.水泥地最適合旋轉，因為它比較平滑且阻力較小。

除了科學實驗，我們還研發了五種創新玩法，讓紙陀螺變得更加有趣。這次的研究讓我們學到很多關於科學探究、團隊合作與創意發想的技巧，也讓我們更有信心動手做陀螺，甚至挑戰戰鬥陀螺的設計！

壹、研究動機：

為什麼陀螺為什麼會轉個不停？這是我們一直很感興趣的問題。上課老師說：「陀螺的旋轉涉及到角動量守恆和轉動慣量。當陀螺旋轉時，角動量要保持方向不變，所以它能保持平衡，直到摩擦力或空氣阻力讓它停下來。」他又說，陀螺能持續旋轉的關鍵在於物理學中的角動量守恆定律和陀螺效應（進動），其運動內容，包括下列三項：

1.角動量守恆：當陀螺高速旋轉時，其旋轉軸方向會因角動量守恆而保持穩定，抵抗外力干擾（如重力）。

2.陀螺效應：若陀螺傾斜，重力會產生力矩，但陀螺會以「進動」方式繞垂直軸緩慢轉動，而非直接倒下，從而延長旋轉時間。

3.最終因為陀螺與接觸面的摩擦力和能量消耗，也就是因它與地面摩擦力和空氣阻力消耗了能量，陀螺才會由運動而逐漸停止。

我們聽老師一再解釋，好像懂又好像仍不明白，於是我們在老師指導下，應用美勞課學會製作的「紙陀螺」來研究這一個深奧的問題。本研究與課程的關係：國小自然科學課本康軒版三上第二單元「生活中的力」。

貳、研究目的與問題：

我們主要是研究陀螺運動的秘密，可惜的是對陀螺運動中的很多名詞還不太了解，但是我們又想要知道陀螺的轉動和那些因素有關係，因此我們討論出下列的問題，並進行研究。

一、紙陀螺的構造和功能有哪些？

（一）陀螺為什麼能轉動？

（二）紙陀螺有哪些構造？各有什麼功能？

二、紙陀螺的旋轉與紙條的長度有關係嗎？

三、紙陀螺的旋轉與紙條的寬有關係嗎？

四、紙陀螺的旋轉與軸的長短有關係嗎？

五、紙陀螺的旋轉與紙陀螺的造型有關係嗎？

六、紙陀螺的旋轉與軸的造型有關係嗎？

七、紙陀螺的創意玩法有哪些？

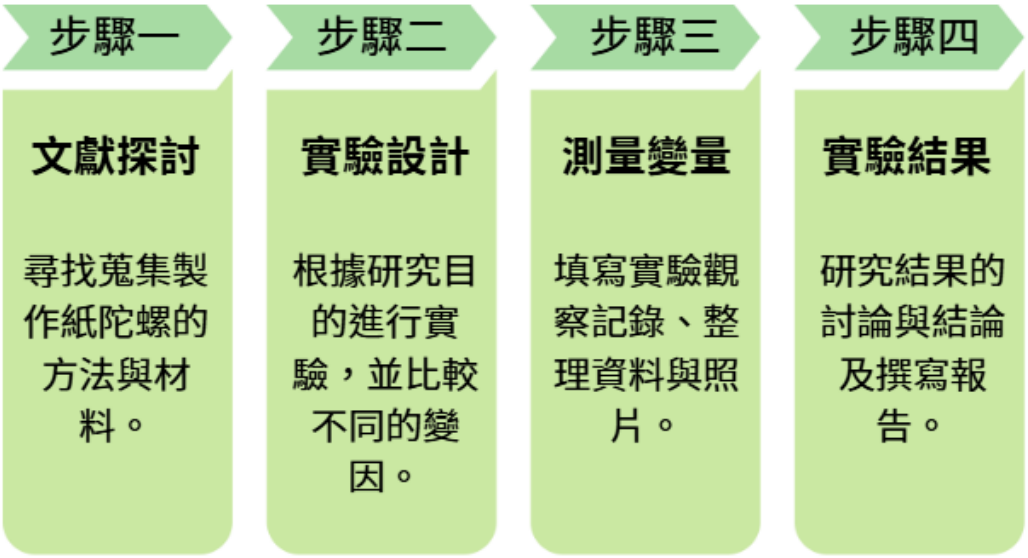
參、研究設備及器材

瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠、碼表、實驗紀錄表、筆記型電腦、相機。

肆、研究過程:

一、研究流程

圖 1 研究流程圖



二、文獻探討

（一）陀螺遊戲的起源

陀螺遊戲的歷史悠久，起源可追溯至古代多個文明：

1.中國：

A.最早記載見於《帝京景物略》(明代)，稱「抽陀螺」為「冰嬉」，用木製或石製陀螺在冰上玩耍，與冬季民俗相關。

B.考古發現更早的「陶製陀螺」(山西出土，距今約 4,000 年)，推測為儀式或遊戲用途。

2.其他地區：

A.古羅馬、希臘有類似旋轉玩具；日本「獨楽（こま）」由中國傳入，發展成競技文化。

B.歐洲中世紀出現木製陀螺，19 世紀工業化後普及為兒童玩具。

（二）陀螺旋轉與物理學的關係

陀螺的運動需掌握物理原理（如重心調整、材質摩擦係數）；推動這一項活動的探討，有利於教育與科研應用（如航天器姿態控制）。另外從民俗娛樂到科學論證，陀螺既是傳統文化載體，也成為跨世代、跨領域的科研項目。因此，陀螺的運轉依賴物理定律，也是一項古老的遊戲，又根源於古代勞動與民俗，並隨技術與文化演進發展成為體現科學、歷史與文化精髓的有意義的活動。

（三）地球的歲差和進動也叫做陀螺運動

歲差是地球自轉軸方向的緩慢變化，週期大約 26000 年，而進動指的就是這類的現象，或者更廣泛的旋轉體軸的變化。

陀螺的進動現象，就是當陀螺傾斜時，它的旋轉軸會繞垂直軸緩慢轉動，而非直接倒下。所以科學家將地球的進動和陀螺的轉動聯繫起來，成為深入淺出的一個例子。

三、研究結果

研究一 紙陀螺的構造和功能有哪些?

一、陀螺為什麼能轉動？

經由文獻探討，我們知道陀螺是一種很古老的玩具，它可以繞著中心軸旋轉，並且只靠著底部的一個小支點來平衡。早在很久以前，古人就已經會玩陀螺了，這是一種非常有趣的旋轉玩具！

而陀螺的旋轉是來自陀螺儀原理的科學概念。當陀螺瞬間轉動，就會開始旋轉。剛開始它會晃來晃去，但很快就穩定下來，直立在地面上轉動。過一陣子，因為它與地面的摩擦力和空氣的阻力，旋轉會逐漸放慢，最後搖搖晃晃倒下來。不過，陀螺旋轉時，它就能保持運動一段時間，背後其實包含了幾個重

要的物理概念！

1. 角動量的作用

當我們讓紙陀螺旋轉時，它的角動量會讓它保持旋轉。角動量的意思就是：「只要物體開始旋轉，它就會維持旋轉的狀態，除非有外力來減慢它。」這就是為什麼紙陀螺一旦轉起來，就能持續旋轉一段時間，而不會立刻停止。

2. 慣性的影響

慣性是指物體會保持原本的運動狀態，除非有其他外力來改變它。當我們施力讓陀螺旋轉後，它會因為慣性而繼續轉動，直到摩擦力或空氣的阻力讓它停下來。這也是為什麼如果用力較大，陀螺可以轉得更久。

3. 離心力與向心力平衡

離心力是當陀螺旋轉時，以軸為中心，讓軸心周圍包裹中心軸的紙片產生離心力向外擴張，及一股向著軸心運動的向心力，兩力平衡，使陀螺保持穩定的旋轉。另外陀螺的重心低，決定了陀螺旋轉沒多久後就能直立旋轉，而重心剛好在軸心上，陀螺的旋轉會更穩定，不容易倒下。

4. 摩擦力與空氣阻力的影響

雖然理論上陀螺可以一直旋轉，但現實中，摩擦力（軸心與地面的接觸）和空氣阻力會讓它慢慢減速，最後停止旋轉。所以，選擇光滑的地面、設計平衡的陀螺，可以減少這些阻力，讓陀螺轉得更久！

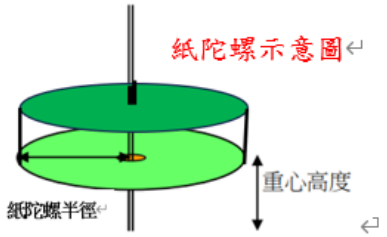
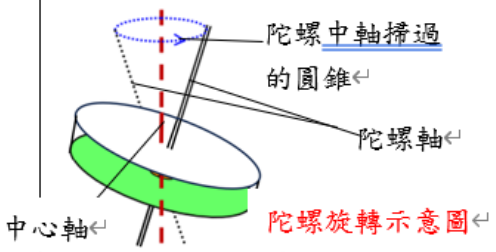
5. 小結

紙陀螺之所以能旋轉，是因為角動量、慣性、離心力和平衡的作用。如果想讓紙陀螺轉得更久，我們可以增加旋轉的力量、調整重心位置，以及選擇較平滑的地面來減少摩擦力。這些小技巧都能讓我們做出更厲害的紙陀螺！

資料來源：吉娃斯科學小教室。陀螺的質量、重量、慣性的關係。

https://www.youtube.com/watch?v=Y08ncHNNu2c

二、紙陀螺的構造和功能

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>紙陀螺各部分功能：
1.軸，是紙陀螺旋轉時的中心軸
2.對紙陀螺來說，軸可分為上軸、下軸
3.上軸長下軸短，紙陀螺的重心較低
4.軸心包裹的瓦楞紙，可產生平衡作用
5.從軸心到邊緣的長度是紙陀螺的半徑</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>陀螺旋轉時，中心軸不會一直保持垂直，若旋轉速度夠快時，中心軸會接近垂直地面而旋轉。陀螺若速度變慢，軸會傾斜繞著中心的鉛直線旋轉，這時陀螺的中軸掃過的形狀就像是個圓錐。</td>
</tr>
</table>

紙陀螺，是由一條紙條（通常是瓦楞紙或其他硬紙），繞著筷子的軸心，捲成圓形，形成陀螺的主要結構。完成後筷子後，筷子就是中心軸，它的功能在提供旋轉時的旋轉中心。若紙條較長，完成的紙陀螺半徑會較長，則旋轉時平衡較佳，旋轉時間可能較長。通常使用竹筷子、牙籤或小木棒作為紙陀螺的中心軸。作為旋轉的支點，讓陀螺以它與旋轉的接觸面點轉動，再直立轉起來。

研究二 紙陀螺的旋轉力與紙條的長度有關係嗎?

一、實驗名稱：不同長度的紙條製作出來的陀螺，旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:紙條的長度變化

(2) 控制變因：紙條的寬度 2.5 cm、陀螺的軸心 5.5 cm

(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

四、實驗記錄:

表 1 陀螺旋轉時間記錄表-實驗二

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
10cm	0.52	0.37	0.88	1.72	1.28	1.59	1.75	2.19	1.58	1.44	1.91	1.28	1.44	1.59	2.07	1.59	0.63	1.57	0.78	1.13	1.44
20cm	3.50	3.16	3.72	3.13	3.07	3.16	3.88	3.50	3.28	3.97	3.31	4.07	3.72	2.72	3.88	3.50	0.97	2.69	3.09	3.19	3.28
30cm	5.03	7.53	7.85	5.59	6.94	5.09	6.88	4.53	6.91	4.03	4.00	4.88	3.59	2.41	1.94	3.88	3.88	4.97	3.09	4.97	4.85
40cm	4.97	5.69	5.82	5.25	5.91	6.53	3.34	6.91	5.69	6.13	6.00	6.07	6.85	5.41	6.13	5.25	5.37	5.47	5.66	4.47	5.65
50cm	5.28	5.03	5.66	5.00	4.25	6.26	5.00	7.19	6.49	7.16	6.19	4.78	7.09	6.13	7.41	5.75	6.34	7.13	6.41	6.57	6.05

說明:先以不同長度的紙條製作成陀螺，每種陀螺旋轉 20 次並記錄下來。

觀察記錄: 在紙的寬度為 2.5 公分，軸為 5.5 公分時，陀螺旋轉的時間會因為紙的長度而改變。

表 2 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

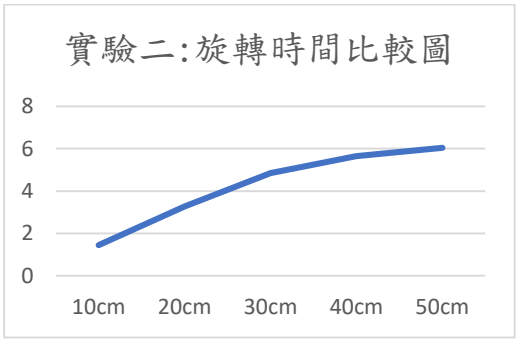


圖 2 實驗示意圖

表 3 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

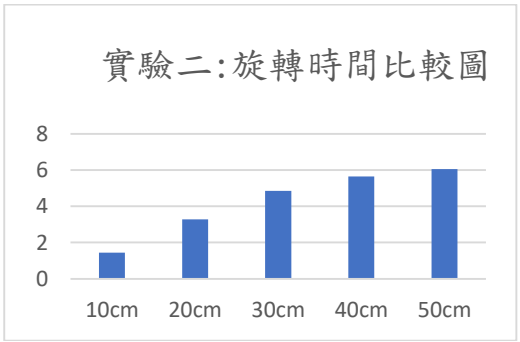
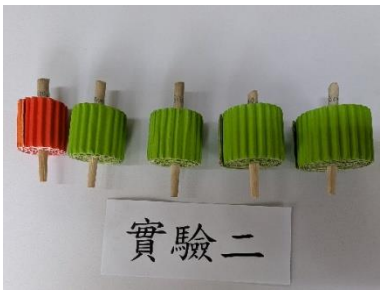


圖 3 實驗示意圖



五、實驗結果:

隨著紙的長度變化，陀螺旋轉的時間也會跟著變化。在我們的實驗中，如果紙的長度為 50 公分，旋轉的時間最長。

圖 4 實驗操作圖

研究二之二 紙陀螺的旋轉力與紙條的長度有關係嗎?

一、實驗名稱：不同長度的紙條製作出來的陀螺，旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:紙條的長度變化

(2) 控制變因：紙條的寬度 3.5 cm、陀螺的軸心 5.5 cm

(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

四、實驗記錄:

表 4 陀螺旋轉時間記錄表-實驗二之二

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
10cm	0.52	0.82	1.02	0.75	0.85	0.85	0.52	0.66	1.19	0.94	0.94	0.59	1.00	0.74	0.72	0.78	0.82	0.82	1.00	0.88	0.77
20cm	1.82	1.72	1.72	1.22	2.25	2.09	1.25	1.69	1.28	2.37	2.82	1.88	1.94	2.00	2.22	1.63	2.16	1.91	2.00	2.47	1.92
30cm	3.82	3.69	4.03	2.00	2.28	3.16	3.03	3.57	3.16	2.63	2.91	3.85	3.72	4.44	4.09	3.50	2.91	3.82	3.91	4.37	3.44
40cm	4.38	2.16	5.57	4.22	4.82	2.53	5.41	3.59	3.44	4.16	4.97	4.22	3.91	6.37	3.66	4.16	4.28	4.85	5.59	5.31	4.38
50cm	6.41	7.22	6.09	6.75	7.00	7.28	8.41	8.37	6.82	6.09	8.22	6.91	6.22	6.19	7.13	6.25	7.59	7.66	6.00	7.31	7

說明: 這一次我們把紙的寬度設定為 3.5 公分，在紙的寬度改變下，再做一次實驗。結果一樣是長度為 50 公分的陀螺旋轉最久。

表 5 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

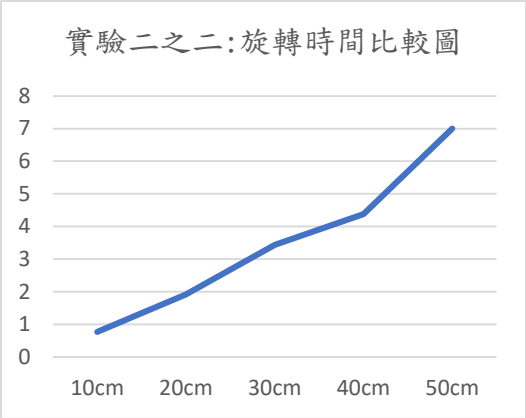


表 6 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

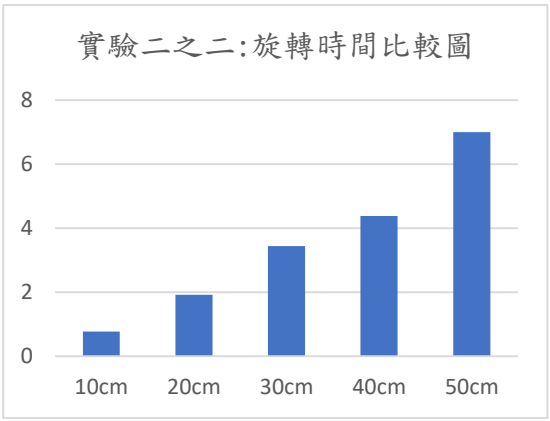
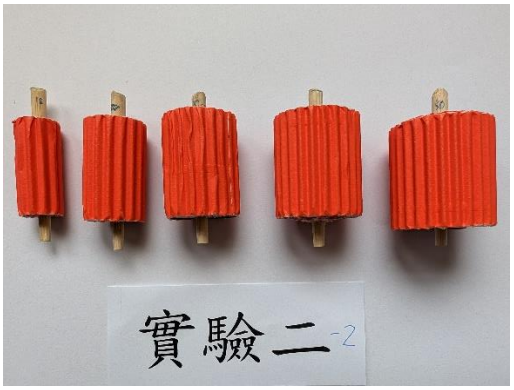


圖 6 實驗示意圖

圖 7 實驗示意圖



五、實驗結果:

在我們的實驗中，如果紙的寬度為 3.5 公分，紙的長度為 50 公分。陀螺旋轉的時間最長。

研究三 紙陀螺的旋轉力與紙條的寬度有關係嗎?

一、實驗名稱：不同寬度的紙條製作出來的陀螺，旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:紙條的寬度變化

(2) 控制變因：紙條的長度 50cm、陀螺的軸心 5.5 cm

(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

四、實驗記錄:

表 7 陀螺旋轉時間記錄表-實驗三

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
1.5cm	4.94	6.6	4.63	6.63	5.25	6.50	5.34	6.34	5.19	5.37	6.13	5.91	6.03	6.91	6.47	6.07	5.03	6.31	7.75	7.19	6.03
2cm	6.09	5.72	6.66	6.50	5.07	6.09	5.66	6.97	5.09	5.31	5.75	7.85	5.41	6.88	5.85	5.36	6.51	7	7.19	6.66	6.18
2.5cm	6.69	7.50	5.67	6.15	4.97	6.07	5.88	5.78	6.85	6	5.19	6.37	8.88	6.34	6.28	6.22	7.19	7.16	6.37	7.75	6.18
3cm	7.57	7.47	7.77	8.50	8.37	10.25	8.07	8.47	9	8.88	8.50	9.91	8.85	8.28	7.34	8.94	8.44	7.41	8.19	9.63	8.49
3.5cm	4.69	5.85	4.53	5.94	5.63	4.41	5.47	5.07	5.03	4.16	5.16	4.72	4.22	4.25	6.07	4.25	4.63	5.03	5.94	4.85	5

說明: 根據實驗二的結果，我們把紙長度固定為 50 公分，陀螺軸長為 5.5 公分。陀螺的旋轉結果會因為紙的寬度而改變。

表 8 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

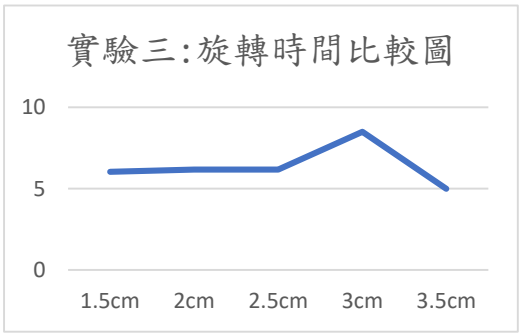


表 9 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

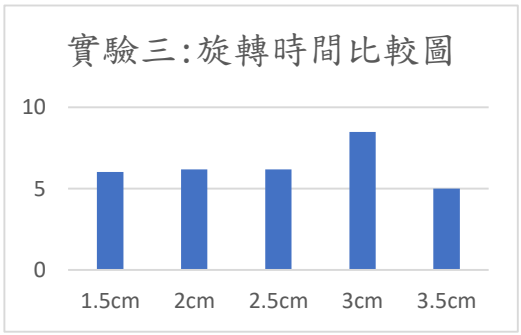


圖 8 實驗示意圖

圖 9 實驗示意圖

五、實驗結果:

隨著紙的寬度變化，陀螺旋轉的時間也會跟著變化。在我們的實驗中，如果紙的寬度為 3 公分時，旋轉的時間最長。

研究四 紙陀螺的旋轉力與軸的長短有關係嗎?

一、實驗名稱：不同長度的竹筷子製作出來的陀螺，旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:竹筷子的長度變化

(2) 控制變因：紙條的寬度 3.5 cm、紙條長度 50cm

(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

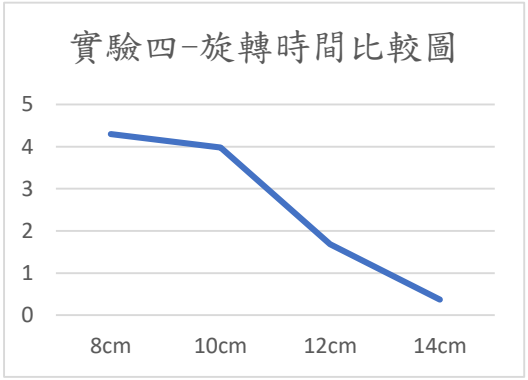
四、實驗記錄:

表 10 陀螺旋轉時間記錄表-實驗四

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
8cm	3.00	4.09	3.47	4.09	3.37	5.52	5.64	4.40	1.97	3.28	3.47	4.72	4.47	6.31	6.07	4.00	4.44	3.72	4.47	4.88	4.3
10cm	3.25	3.69	3.07	3.03	3.53	3.28	3.00	3.09	3.85	2.65	3.50	4.25	3.72	5.50	4.94	1.79	4.28	4.66	3.44	4.13	3.98
12cm	2.07	1.37	2.31	1.34	1.31	1.63	1.97	1.34	1.66	1.44	1.16	2.78	1.37	2.37	1.41	2.53	1.78	1.28	1.31	1.03	1.68
14cm	0.34	0.37	0.72	0.47	0.34	0.41	0.37	0.34	0.50	0.49	0.31	0.41	0.34	0.37	0.25	0.59	0.31	0.31	0.31	0.69	0.37

說明: 我們將紙條寬設定為 3.5 公分，長度為 50 公分時，旋轉時間會因為陀螺軸的長度而改變。

陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)



陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

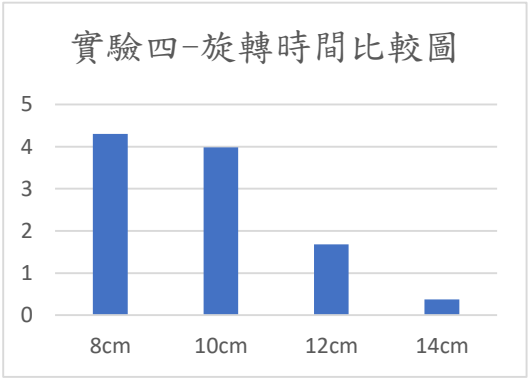


圖 10 實驗示意圖

圖 11 實驗示意圖

五、實驗結果:

陀螺軸越長，旋轉時間越短。根據所有的實驗結果，軸的長度在 5.5 公分時可以旋轉最久。

圖 12 實驗操作圖

圖 13 實驗操作圖

研究五 紙陀螺的旋轉力與的造型有關係嗎?

一、實驗名稱：將紙陀螺改變造型後（水平、上凹、上凸），進行比較

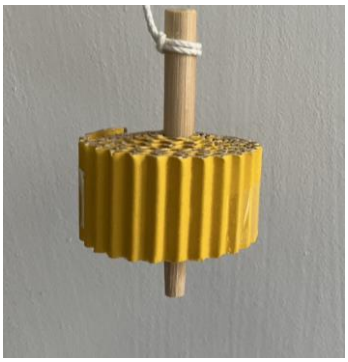
二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:陀螺的造型變化

(2) 控制變因：紙條的寬度 3.5 cm、陀螺的軸心 5.5 cm

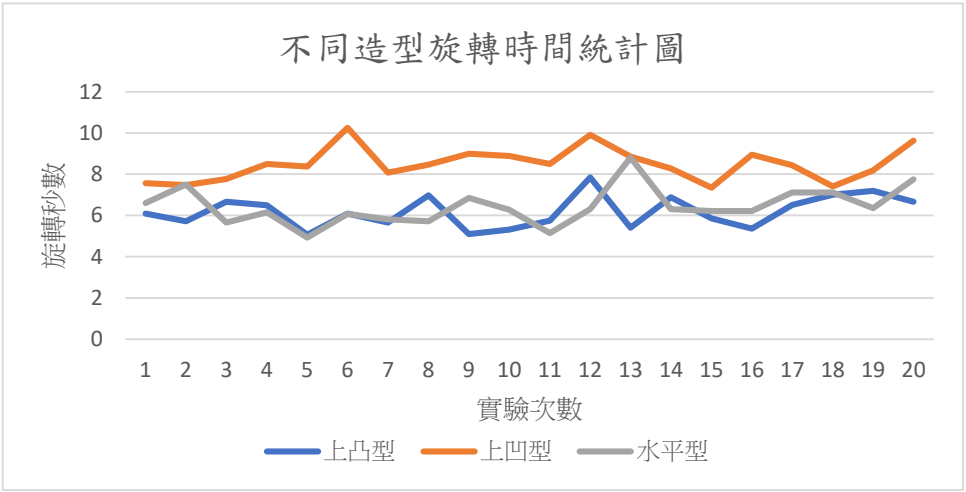
(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

		
水平造型	上凹造型	上凸造型

四、實驗記錄:

表 11 陀螺旋轉時間記

次數 / 造型	應變的變因：陀螺的旋轉時間																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均
水平狀	6.09	5.72	6.66	6.50	5.07	6.09	5.66	6.97	5.09	5.31	5.75	7.85	5.41	6.88	5.85	5.36	6.51	7	7.19	6.66	6.18
上凹狀	7.57	7.47	7.77	8.50	8.37	10.25	8.07	8.47	9.00	8.88	8.50	9.91	8.85	8.28	7.34	8.94	8.44	7.41	8.19	9.63	8.49
上凸狀	6.60	7.50	5.66	6.15	4.92	6.07	5.81	5.72	6.85	6.28	5.14	6.31	8.81	6.31	6.22	6.21	7.11	7.12	6.36	7.75	6.16



實驗結果我們發現:

1.根據實驗的結果，我們把紙長度固定為 50 公分，陀螺軸長為 5.5 公分。陀螺的旋轉結果會因為造型不同而改變。

2.隨著紙陀螺的造型變化，陀螺旋轉的時間也會跟著變化。在我們的實驗中，如果紙陀螺的造型為上凹狀時，旋轉的時間最長。

研究六 紙陀螺的旋轉力與軸的造型有關係嗎?

一、實驗名稱：將陀螺的軸改變造型後，陀螺旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(4) 操縱變因:陀螺軸的造型變化

(5) 控制變因：紙條的寬度 3.5 cm、陀螺的軸心 5.5 cm

(6) 應變變因：陀螺的旋轉時間

四、實驗記錄:

表 13 陀螺旋轉時間記錄表-實驗五

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
造型一	0.72	1.69	0.85	2.25	0.97	1.19	0.91	0.78	0.88	1.37	1.03	1.37	0.69	0.69	0.63	1.19	1.19	0.69	1.00	0.82	1.05
造型二	0.53	0.57	1.22	1.34	1.24	1.03	1.47	1.37	1.00	2.47	1.41	1.57	1.69	1.28	1.69	3.34	1.28	1.53	1.69	1.49	1.4
造型三	6.85	6.09	5.47	5.37	5.19	5.75	4.00	6.82	4.31	4.57	6.59	6.91	6.85	6.91	5.44	7.00	8.82	5.47	5.97	7.72	6.1

說明:

我們總共做了三種造型:造型一是在軸頂加裝一根木棍、造型二是在軸底加裝一根木棍、造型三是在軸頂端挖凹槽。這三種造型陀螺都會因為軸的造型變化而影響陀螺的旋轉時間。

表 13 陀螺旋轉時間比較(單位:秒)

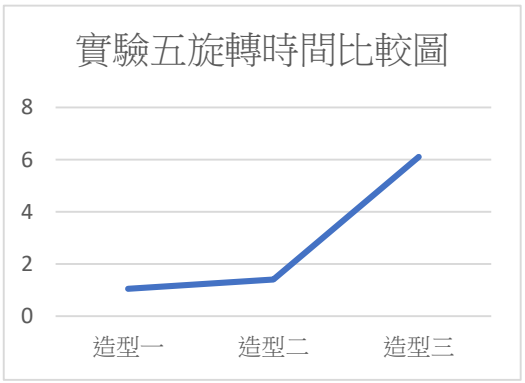


表 14 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

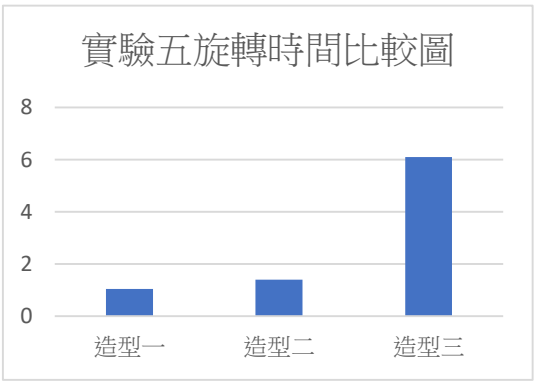
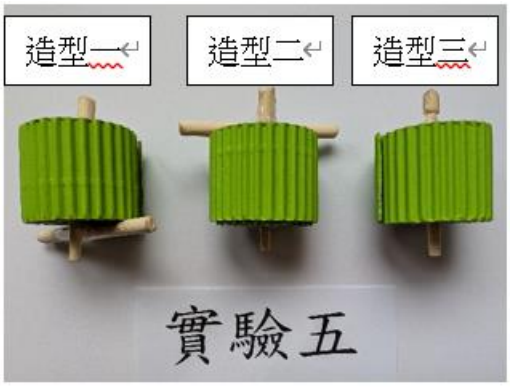


圖 14 實驗示意圖



五、實驗結果:

在這三種造型當中。我們發現造型三，軸頂端挖凹槽可以旋轉最久，因為比較好施力。其他兩個造型會因為重心不穩，導致旋轉時間很短。

研究七 紙陀螺的旋轉力與地板的材質有關係嗎?

一、實驗名稱：不同質地的地面，旋轉力的比較

二、實驗材料：瓦楞紙、美工刀、竹筷子(一小段)、雙面膠

三、實驗設計：

(1) 操縱變因:不同質地的地面，陀螺旋轉力的比較

(2) 控制變因：紙條的寬度 3 cm、陀螺的軸心 5.5 cm

(3) 應變變因：陀螺的旋轉時間

四、實驗記錄:

表 15 陀螺旋轉時間記錄表-實驗六

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均(秒)
水泥地	7.63	6.44	5.41	4.94	5.78	8.28	8.25	7.82	7.31	8.78	7.72	7.22	6.88	8.41	7.03	6.63	7.44	9.07	8.09	7.16	7.36
PU跑道	1.53	1.50	1.16	1.53	2.14	2.57	1.44	1.22	2.47	3.31	2.37	1.09	2.37	3.37	2.72	1.28	1.97	1.65	3.00	1.66	2.02
籃球場	4.03	8.57	5.85	8.16	7.16	6.66	5.41	4.28	5.50	6.19	8.09	7.25	5.69	6.22	6.20	7.22	7.19	6.03	8.41	1.78	6.54

說明: 根據前面的實驗，如果陀螺的紙寬為 3 公分，軸為 5.5 公分時可以轉的最久。因此我們用這種參數的陀螺來測試不同材質的地板對旋轉時間的影響。結果發現，陀螺在水泥地板可以旋轉最久。

表 16 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

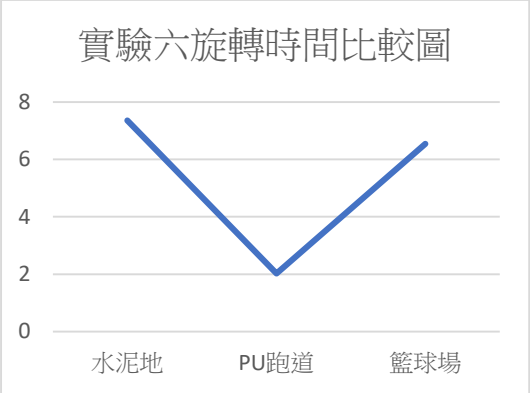


表 17 陀螺旋轉時間比較圖(單位:秒)

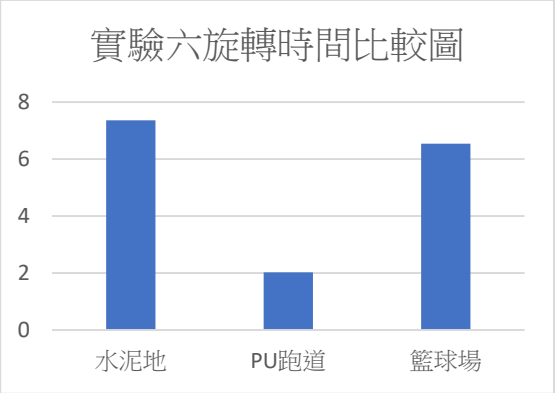


圖 15 實驗操作圖-水泥地	圖 16 實驗操作圖-水泥地
圖 17 實驗操作圖-PU 跑道	圖 18 實驗操作圖-PU 跑道
圖 19 實驗操作圖-籃球場	圖 20 實驗操作圖-籃球場

五、實驗結果:

我們將陀螺分別在 1.水泥地 2.跑道 3.籃球場進行測驗，首先，水泥地的材質較平滑而且陀螺沒有受到干擾，所以可以轉得最久；其次，跑道上凹凸不平，陀螺受到很多干擾，所以旋轉時間很短；最後，籃球場雖然平坦，但是材質比較粗糙，所以旋轉時間比水泥地還要短。

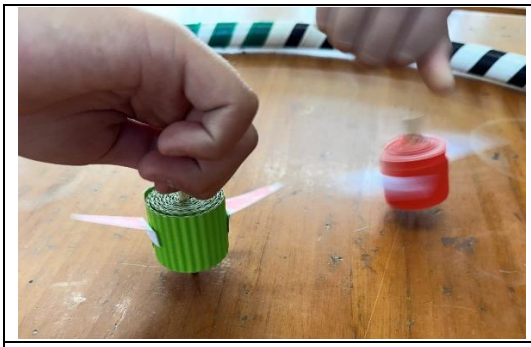
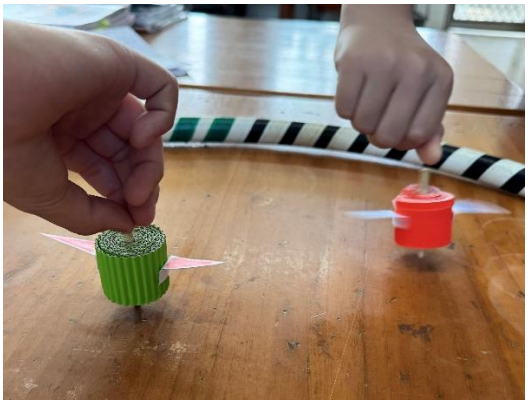
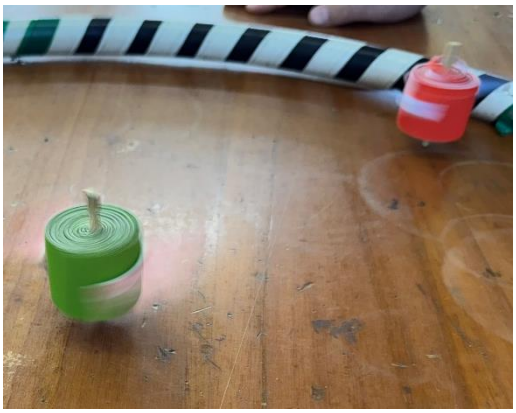
研究八 紙陀螺的創意玩法有哪些?

我們以陀螺的玩法為基礎，針對遊戲規則的改變或是融入其他遊戲(如:陀螺與佔格子和)，進而衍伸出新的創意玩法。

陀螺的創意玩法:

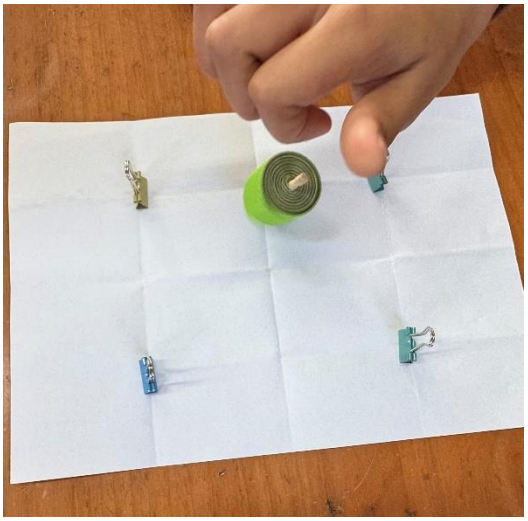
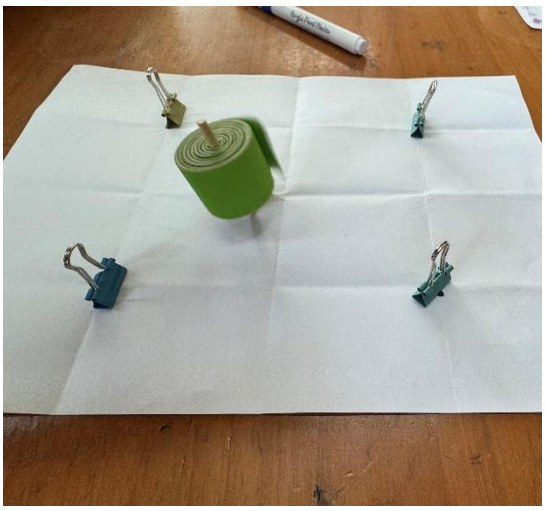
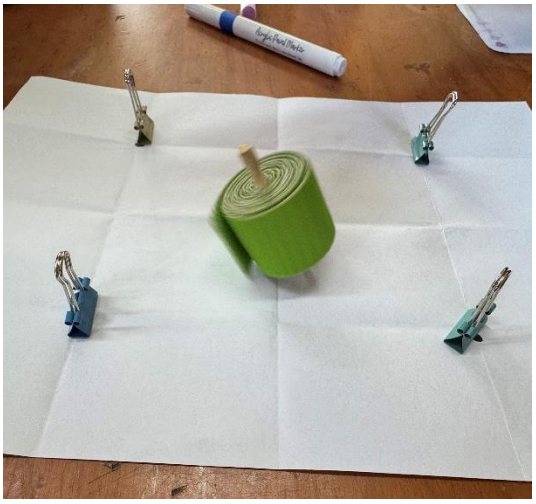
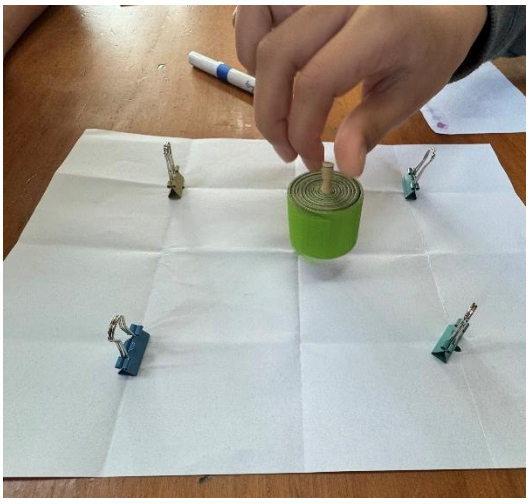
1. 戰鬥陀螺生存賽

玩法:在陀螺旁邊加上紙製的刀刃，讓陀螺彼此對戰，看誰能存活最久。

	
陀螺旁邊加上紙製的刀刃	陀螺旁邊的刀刃旋轉時可攻擊對方
	
陀螺旁刀刃會把對方逼到呼拉圈邊	陀螺被打到邊邊的人就算輸了

2. 小心龐然大物

玩法：在場地內放置多個障礙物，陀螺旋轉時如果不碰觸障礙物並自然停止，即可獲得分數。

	
在場地內放置多個燕尾夾當障礙物	陀螺旋轉時必須躲過障礙物不能碰到
	
如果不小心碰觸障礙物就算輸了遊戲	失敗後繼續轉動陀螺展開第二場比賽

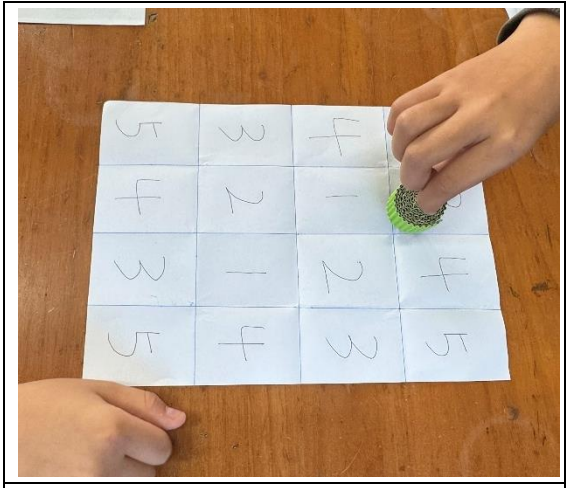
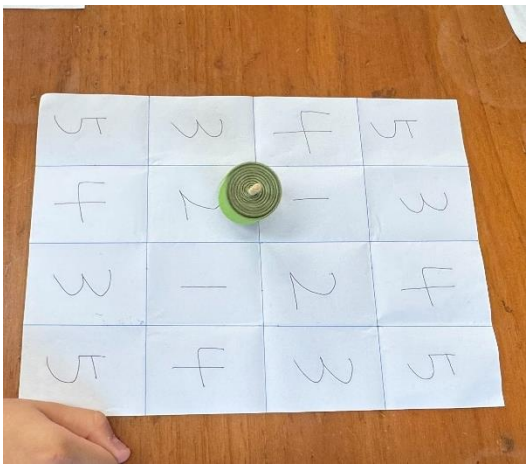
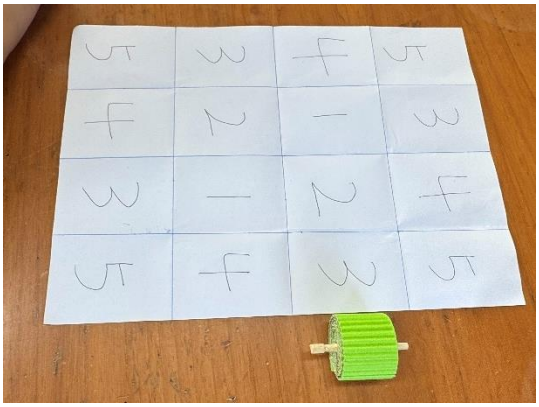
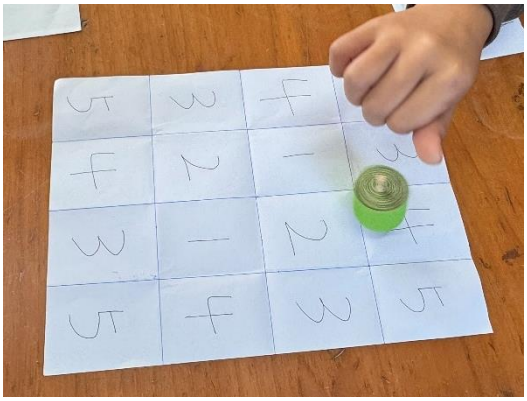
3. 逗陣來賽跑

玩法：利用厚紙板或其他可以當作軌道的器材，製作軌道，讓陀螺沿著傾斜軌道轉動，看誰的陀螺能最快到達終點。

讓陀螺從起跑線按傾斜軌道轉動	陀螺沿著傾斜軌道轉動直奔終點
也可以利用竹子塑膠等材料當作軌道	看誰的陀螺能最快到達終點就是勝利

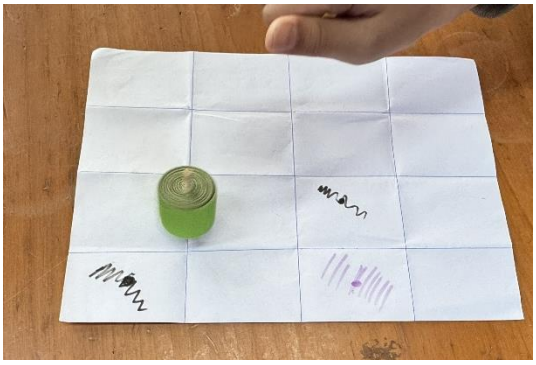
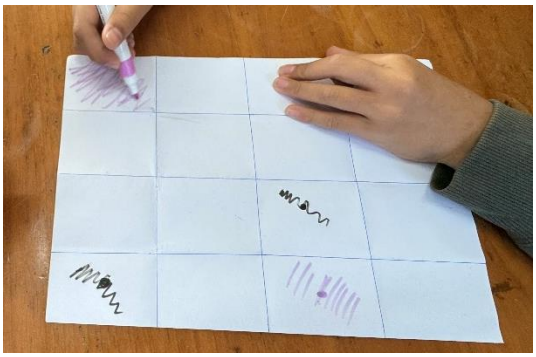
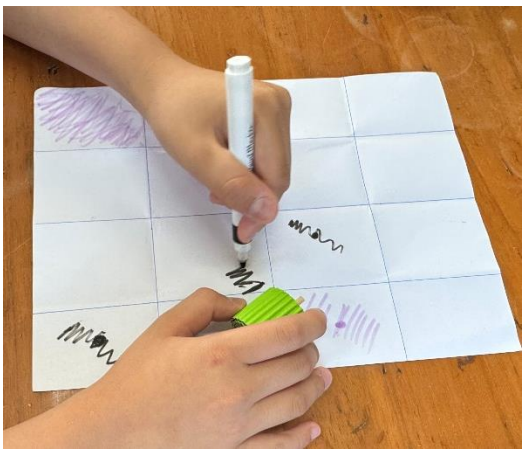
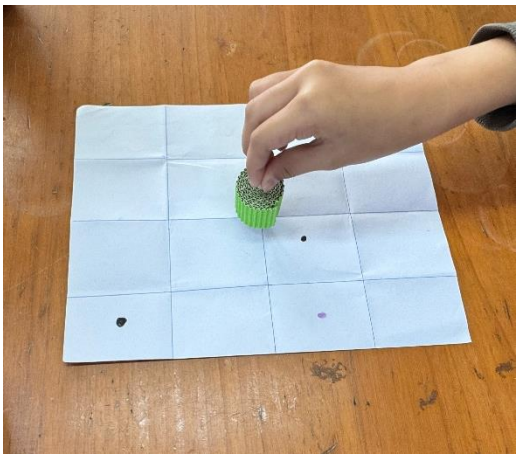
4. 陀螺神射手

玩法:設定不同分數的得分區，旋轉陀螺，看看最終停在哪個區域來計分。

	
在比賽紙上設定不同分數的得分區	旋轉陀螺讓它在比賽區內轉動
	
看看誰停在區域外面，就算出局	看看最終停在哪個區域來計分

5. 佔地為王

玩法: 在一張畫滿格子的紙上進行遊戲，每組用不同顏色，讓陀螺旋轉後停留的位置決定哪一格歸屬哪一隊，最後比拼誰佔領的格子最多！

	
在一張畫滿格子的紙上進行遊戲	陀螺旋轉後停留的位置就歸屬哪一隊
	
佔領格子後就在格子上寫自己的隊名	最後比拼誰佔領的格子最多就是贏家

伍、討論:

一、陀螺是一種很古老的玩具，它可以繞著中心軸旋轉，並且只靠著底部的一個小點來平衡。早在很久以前，古人就已經會玩陀螺了，這是一種非常有趣的旋轉玩具！

二、陀螺的旋轉靠的是一種叫做陀螺儀原理的科學概念。當我們用細線纏繞在陀螺的中間部分，然後快速拉開時，陀螺就會開始旋轉。一開始，陀螺可能會晃來晃去，但很快就會穩定下來，直立在地面上。隨著時間過去，因為摩擦力和空氣的阻力，陀螺的旋轉會變慢，最後搖晃一下，然後倒下來。

三、進動（precession）是自轉物體之自轉軸又繞著另一軸旋轉的現象，又可稱作旋進。在天文學上，又稱為「歲差現象」。常見的例子為陀螺的運動。當陀螺自轉軸的軸線不再呈鉛直時，即自轉軸與對稱軸不重合不平行時，會發現自轉軸會沿著鉛直線作旋轉，此即「旋進」現象。另外的例子是地球的自轉。

四、最近我們班的同學都迷上了戰鬥陀螺，特別是當陀螺發射後，在競技場內激烈碰撞的瞬間，讓我們感到既緊張又興奮！但我們發現，並不是每個陀螺都能轉得很久，這讓我們產生了好奇心：「為什麼有些陀螺能旋轉得更久？」上網查詢資料後，我們發現摩擦力、重心與平衡都是影響旋轉時間的關鍵因素。為了尋找能旋轉最久的陀螺，我們決定展開一系列實驗。

五、我們上網蒐集資料時，發現紙陀螺是最簡單、傳統的陀螺形式，不僅製作過程簡單，材料也非常容易取得。只需要瓦楞紙、竹筷子、剪刀和雙面膠，連我們小朋友也能自己動手 DIY。

六、這次實驗的目標是找出旋轉最久的紙陀螺。我們透過改變紙條的長度、寬度以及軸的長度，製作出多種不同樣式的紙陀螺，並仔細測試它們的旋轉時間。在研究過程中，我們學會了如何進行科學實驗，例如：控制變因（保持不變）、操縱變因（改變的條件）與應變變因（測量的結果）。剛開始面對這些新名詞時，我們有些頭昏眼花，但經過反覆操作與學習，現在我們已經能夠自信的教其他人進行科學探究。

七、除了實驗本身，我們還參考了許多資料來設計不同樣式的紙陀螺。透過不斷的試驗、失敗與改進，我們逐漸掌握了陀螺的結構與旋轉原理，成功讓紙陀螺轉得越來越久。這時候我們才真正理解：為什麼有些陀螺能夠長時間旋轉？這些知識讓我們更有信心，希望未來能親手改造戰鬥陀螺，挑戰更強的對手，成為真正的陀螺高手！

八、在研究過程中，我們學會了合作與團隊精神，並經歷了許多腦力激盪的時刻。有的同學發揮豐富的想像力，設計出新奇的陀螺造型；有的同學則展現耐心，幫助進度較慢的夥伴。最終，我們還共同發想並開發了五種不同的紙陀螺創意玩法，這不僅讓我們感到開心，更帶來了滿滿的成就感！這次的研究，不僅讓我們學到了科學知識，也讓我們體驗了創造與合作的樂趣。我們期待未來能繼續挑戰更多有趣的科學實驗，讓學習變得更好玩、更有意義！

陸、結論:

一、在科學上，旋轉是一種重要的運動方式。根據物理原理，如果沒有外力干擾（比如摩擦力），陀螺應該可以永遠不停地旋轉。但現實生活中，陀螺和地面接觸時會產生摩擦力，還會受到空氣阻力的影響，所以它會越轉越慢，最後停下來。我們可以試試怎樣讓陀螺轉得更久，比如選擇更光滑的地面，減少摩擦力，或者設計更平衡的陀螺，讓它更穩定。

二、當陀螺旋轉時，它的重心會集中在軸心的底部。如果重心剛好落在陀螺與地面接觸的點上，陀螺就能保持直立，不會倒下。旋轉的時候，陀螺的離心力會讓它維持平衡，這就是為什麼它可以一直站著轉動。但如果旋轉的力量變小了，離心力就不夠強，陀螺就會開始搖晃，最後倒下來。

三、當陀螺旋轉時，它不只會繞著自己的軸心轉，還會像一個圓錐一樣，做一點點公轉的動作。這是一種叫做動平衡的現象，因為陀螺在旋轉時，來自不同方向的力量達到了平衡，所以它可以短暫保持穩定。但是，當陀螺受到空氣阻力、地面摩擦力或是重心不穩的影響，它的旋轉速度就會變慢，最後開始左右搖晃，然後倒下來。

四、其實方法很簡單！只要準備好瓦楞紙、竹筷子、剪刀和雙面膠，就能輕鬆打造專屬的紙陀螺。製作步驟如下：1. 剪裁陀螺本體：先用剪刀裁切一段

瓦楞紙，作為陀螺的主要結構。2.製作軸心：取一段約 5.5 公分長的竹筷子，作為陀螺的軸心。3.固定組裝：使用雙面膠將竹筷子與瓦楞紙牢固黏貼，確保陀螺的穩定性。如果想讓紙陀螺旋轉得更久，調整陀螺的重心與平衡度是關鍵！只要掌握這些技巧，就能製作出更耐旋轉的紙陀螺。

五、紙條的長度與寬度如何影響旋轉效果？根據實驗結果，紙陀螺的紙條長度與寬度會直接影響旋轉時間：紙條越長，旋轉時間越長，最佳長度約 50 公分。最佳紙條寬度為 3 公分，太窄或太寬都會影響旋轉的穩定性。這些發現讓我們了解到紙陀螺的結構比例對旋轉效果至關重要！。

六、軸心的長度與造型如何影響旋轉力？除了紙條的大小，陀螺的軸心長度與造型也會影響旋轉時間：軸的長度適中（約 5.5 公分）時，旋轉時間最長，太長則會讓陀螺失去平衡。軸心的造型也會影響旋轉效果，例如在頂端挖凹槽可以幫助施力，使陀螺旋轉得更久。這些調整雖然細微，但能顯著提升陀螺的表現，讓我們的紙陀螺更加耐轉！

七、地面材質如何影響紙陀螺的旋轉時間？根據實驗結果，不同材質的地面會影響陀螺的旋轉效果：水泥地最適合旋轉，因為表面平滑、沒有障礙物，能讓陀螺穩定旋轉最久。操場的 PU 跑道最不適合，因為地板凹凸不平且較粗糙，會增加摩擦力，使陀螺很快停止旋轉。這項發現告訴我們，選擇合適的場地也能提升陀螺的旋轉表現！。

八、紙陀螺有哪一些創新的玩法？我們不僅研究了紙陀螺的旋轉技巧，還發想了五種全新的創意玩法，讓遊戲變得更加有趣！這五種玩法是：戰鬥陀螺生存賽、小心龐然大物、逗陣來賽跑、陀螺神射手、佔地為王。這些創意玩法讓紙陀螺不僅是科學實驗的一部分，也成為一項充滿趣味與競技性的遊戲！

九、經過了這一次的科學研究，針對紙陀螺來說，我們知道，怎樣才能讓陀螺轉得更久？

(1) 選擇光滑的地面（例如磁磚或木地板），減少摩擦力。

(2) 增加旋轉的力量，比如用力發射陀螺，讓它轉得更快。

(3) 設計平衡的陀螺，確保它的重心不會偏移。

柒、參考資料

1.維基百科-陀螺- https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%99%80%E8%9E%BA

2.維基百科-角動力
https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%99%80%E8%9E%BA%E5%84%80?utm_source=chatgpt.com

3.紙陀螺的運轉 - Gemini 的科學天地
https://class.tn.edu.tw/modules/tad_web/page.php?PageID=6047&WebID=718&utm_source=chatgpt.com

4.活動名稱：陀螺轉轉轉 – NPTU-
https://escience.nptu.edu.tw/var/file/47/1047/img/3654/194966028.pdf?utm_source=chatgpt.com

5.動手做科學 親口說科學-轉什麼指尖陀螺－我自己做
https://pic.tasker.com.tw/file/1/17/3233780/15216090261439089 09.pdf?utm_source=chatgpt.com

6.YOUTUBE 影片【親子育樂】無限紙戰鬥陀螺/了解氣流/帶著孩子一起動手做/科學遊戲- https://www.youtube.com/watch?v=RXTiPrWcqws

7.新北市淡水區竹圍國民小學，陳乃恩等 6 人。百發百中-以力學分析影響陀螺擲準因素與改良。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。

8.許瑞榮。一起來打戰鬥陀螺 ─陀螺(儀)的原理與應用。成功大學物理系，應用物理與實驗課程講義。

9.呂昊人、邱楹煖。不約而同----對稱陀螺與非對稱陀螺。嘉義縣新港鄉新港國民小學，中華民國第四十六屆中小學科學展覽會 作品說明書。

10.陀螺，抓住摩擦力與轉速。屏東縣第 61 屆國中小學科學 展覽會 作品說明書。

11.陀螺的質量、重量、慣性的關係。YOUTUBE 影片。吉娃斯科學小教室。教學小組編製