



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：與時俱進

關 鍵 詞：樂高 陀螺 齒輪

編 號：A121



附件 8：作品說明書封面

(本封面由報名系統自動產生。貴校已上網報名，故免填寫、免上傳)

嘉義縣第 65 屆國民中小學科學展覽會
作品說明書（封面）

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱： 與時俱進

關鍵詞： 樂高 陀螺 齒輪 （最多三個）

編號：（系統自動產生）

作品說明書內文

與時俱進

摘要

生長在這個資訊和科技快速成長時代，我們理所當然要跟著社會脈動的脚步前進，因為只有透過不斷的學習，發揮創意巧思，勇於自我挑戰，才能讓自己不被時代所淘汰，成為時代的佼佼者。因此，我們屏棄了一般市面上的陀螺以及學長之前科展參賽的紙陀螺，改以樂高陀螺作為本研究的研究對象，在進行相關實驗後，我們有以下發現：

- 1.當橡皮筋轉動 3 圈時，可以提供較大的力，讓樂高陀螺轉動平均時間明顯較久。
- 2.不管帶動陀螺為 40 齒或 24 齒時，40 齒的樂高陀螺轉動平均時間較久。
- 3.無論轉動樂高陀螺齒數為 40 齒或 24 齒，帶動陀螺的齒數對轉動陀螺的轉動時間影響不大。同時也發現當橡皮筋的轉動圈數為 2 圈時，40 齒*40 齒的組合樂高陀螺比 24 齒 *40 齒的組合樂高陀螺轉動時間有明顯差異。

壹、研究動機

我們在去年的科展做了有關「積木弓箭」的實驗，評審給予我們自製發射器可減少實驗誤差的建議，加上老師跟我們分享學長之前做的紙陀螺作品，我們覺得不管是用拉條或是按壓的方式都會讓紙陀螺本身破損，且又會製造出更多塑膠垃圾，這大大違背我們環保愛地球的理念，經過一番思考後，今年我們決定用學校購買的樂高積木來仿作陀螺發射器，進行改裝，製作出獨一無二的「樂高陀螺」。

貳、研究目的

我們參考「全能機器人」說明書中的戰鬥陀螺作法，然後進行改裝，期盼樂高陀螺能夠轉動出比紙陀螺更久的時間。因此，本實驗有以下幾個研究目的：

1. 從三款不同樂高陀螺尋找可以進行改裝的陀螺類型。
2. 探討橡皮筋轉動圈數與樂高陀螺轉動時間的關係。
3. 探討相同齒數的帶動陀螺與不同齒數樂高陀螺轉動時間的關係。
4. 探討相同齒數的樂高陀螺轉動的時間與不同齒數帶動陀螺的關係。

參、研究設備及器材

本研究的研究器材分為發射器本體和陀螺兩部分：

- 1.發射器本體：5 倍十字棒、10 倍十字棒各 2 支、24 齒齒輪 2 個、40 齒齒輪 1 個、橡皮筋 1 條、7 孔梁 2 個、5 孔梁與 9 孔梁各 1 個、1*2 帶孔磚 1 個、1*3 帶孔磚 1 個、1*4 帶孔磚 7 個、1*6 帶孔磚 3 個、1*8 帶孔磚 4 個、1*12 帶孔磚 3 個、1*16 帶孔磚 4 個、2*4 板 4 個、(黑色)銷 4 個、(灰色)光銷 2 個、軸套 7 個、180 度連接件 2 個、碼表
- 2.陀螺：24 齒齒輪、40 齒齒輪各 2 個

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一)樂高積木

1. 樂高的由來與發展

樂高集團始於奧爾·科克·克里斯提安森的工作坊，他是位來自丹麥比隆的木匠，於 1932 年開始製作木製玩具，由五彩的塑膠積木、齒輪、迷你人型和各種不同其他零件，可組成各種模型物件。1934 年，他的公司取名為「樂高」，源自丹麥短語「leg godt」，意味著「玩得好」。1947 年，樂高開始往生產塑膠玩具方面拓展。奧爾·科克·克里斯提安森和兒子得到一些英國公司 Kiddicraft 製作的膠製積木，這些積木是由兒童心理學家 Hilary Harry Fisher Page 設計和擁有專利的。1949 年，他們開始生產類似的玩具，獨特之處就是它們能緊密的扣在一起。

2.樂高積木種類

樂高積木按照單位元件由大到小可分為四個系列：baby、quatro、duplo 和標準 lego，後者的大小是前者的一半（能夠互相砌疊），分別對應於 1-18 個月，2-3 歲，2-6 歲和 4 歲以上的四個年齡段的兒童。

3.樂高積木特性

樂高積木特性有：(1)樂高積木設計精美且富變化性，色彩多變。(2)擁有廣大的成年玩家。

(二)樂高陀螺轉動原理

- 1.轉動慣量：物體抗拒轉動狀態變化的能力。當樂高陀螺的轉動慣量越大，樂高陀螺轉得越久。影響樂高陀螺轉動慣量大小的因素有(1)外面的配重(2)質量(3)配重到軸心的半徑。
- 2.彈力：指發生彈性形變的物體由於要恢復原狀，對它接觸的物體產生的力。但如果形變過大，即超過了彈性限度則不再產生彈力。彈力產生時，發生彈性形變的物體為施力物體，和它接觸的物體為受力物體。平時所指的彈力一般是壓力、支持力、拉力和推力。**本研究所利用的力是橡皮筋的彈力。**

二、解釋名詞

(一)齒輪：是輪緣上有齒能連續咬合傳遞運動和動力的機械零件，齒輪依靠齒的齧合傳遞扭矩。齒輪通過與其它齒狀機械零件（如另一齒輪、齒條、蝸桿）傳動，傳動方式是齧合傳動，可實現改變轉速與扭矩、改變運動方向和改變運動形式等功能。

1. 優點：(1)傳動效率高。(2)傳動比準確。(3)功率範圍大。
2. 特性：
 - (1)齒輪輪齒相互扣住時，齒輪會帶動另一個齒輪轉動來傳送動力。將兩個齒輪分開，也可以應用鏈條、履帶、皮帶來帶動兩邊的齒輪而傳送動力。
 - (2)當兩個齒輪為外齧合齒輪組時，轉動的方向會相反；為內齧合齒輪組時，轉動的方向會相同。
 - (3)當兩個大小不同齒輪傳遞旋轉運動時，小齒輪旋轉速度較快。雖然較大的齒輪轉動較慢，它發生轉動的作用力會按比例更大。

3. 用途：齒輪機構在工業產品中廣泛應用，其設計與製造水準會直接影響到工業產品的品質。

(二)輪軸：由輪和軸組成，能繞共同軸線旋轉的機械。外環叫輪，內環叫軸。輪軸兩個環是同心圓。

1. 特性：當施力作用在輪上，則輪軸為省力槓桿；施力作用在軸上則輪軸為費力槓桿。

2. 應用：

- (1) 以輪代軸：如扳手、削鉛筆機的把手、螺絲起子、水龍頭開關、汽車方向盤、石磨、門把(非喇叭鎖門把)等。
- (2) 以軸帶輪：如竹蜻蜓、腳踏車、擀麵棍、電風扇等。等。

三、實驗說明

(一)研究前

我們去年的科展作品有獲得不錯的成績，也知道學長他們在摺紙陀螺及轉動摩擦的過程，易造成紙張易破損，而且紙陀螺轉動的時間實在是不長，不能滿足我們的需求，加上我們一致認為用紙真的太浪費，又要讓人砍太多樹來製作紙張，增加紙張成本。基於以上理由，我們放棄一般市面的陀螺和紙陀螺，想做出結合環保與樂高材質的陀螺，於是選擇在書中 2 款不同的陀螺製作(如圖 1)，加上我們暑假參加科學營隊時，主任教我們的 1 款陀螺，從中挑選了我們覺得最能進行實驗的樂高陀螺組。



圖 1 不同樂高陀螺發射器圖

(二)研究中

我們在實驗前做了事先預測，我們各持不同看法，有人認為由小齒輪帶動會比較好，理由是小齒輪轉得快但不持久；也有主張由大齒輪帶動比較好，能讓小陀螺轉比較多圈，時間持久。

一開始，我們先仿作書中的陀螺發射器，但發現橡皮筋在轉緊後，手放開時會卡住，影響陀螺的轉動，因此我們決定改良發射器，接著我們發現按壓彈跳板時，陀螺會碰到

發射器，因此進行改裝彈跳板，經過多次修正改良，終於屬於我們獨一無二的樂高陀螺組問世了。

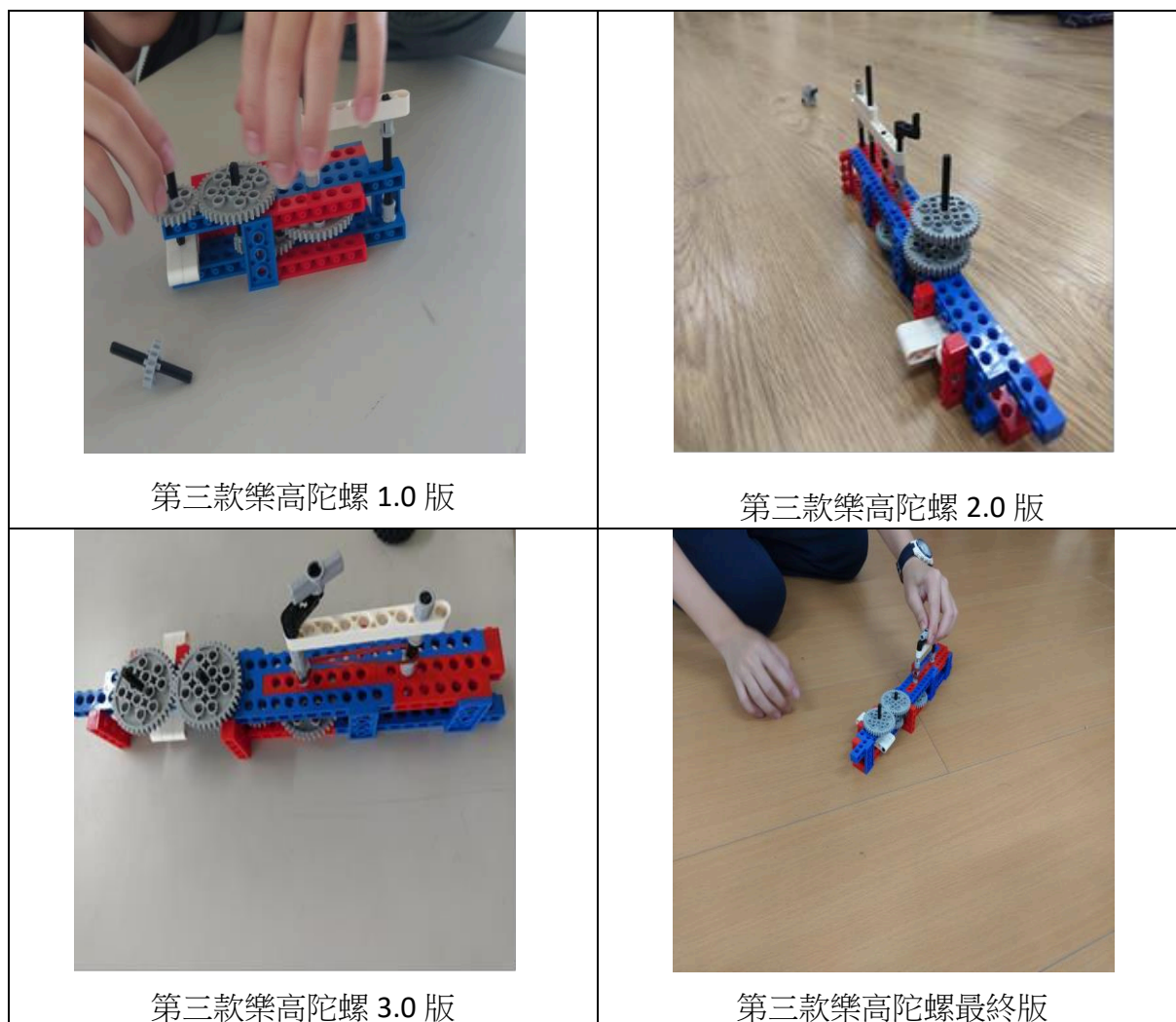


圖 2 樂高陀螺發射器改造過程圖

接下來，我們開始進行我們的樂高陀螺實驗。在實驗一，我們分別將齒數 40 齒和 24 齒齒輪作搭配組合(如圖 3)，並將橡皮筋轉動不同的圈數，然後輕輕按壓發射器，紀錄樂高陀螺轉動時間。在實驗二，我們進一步探討齒數 40 齒和 24 齒的帶動陀螺對另一個樂高陀螺的轉動時間的影響。在實驗三，我們繼續探討當轉動的樂高陀螺齒數固定時，帶動陀螺的齒數是不是對樂高陀螺轉動的時間有影響。

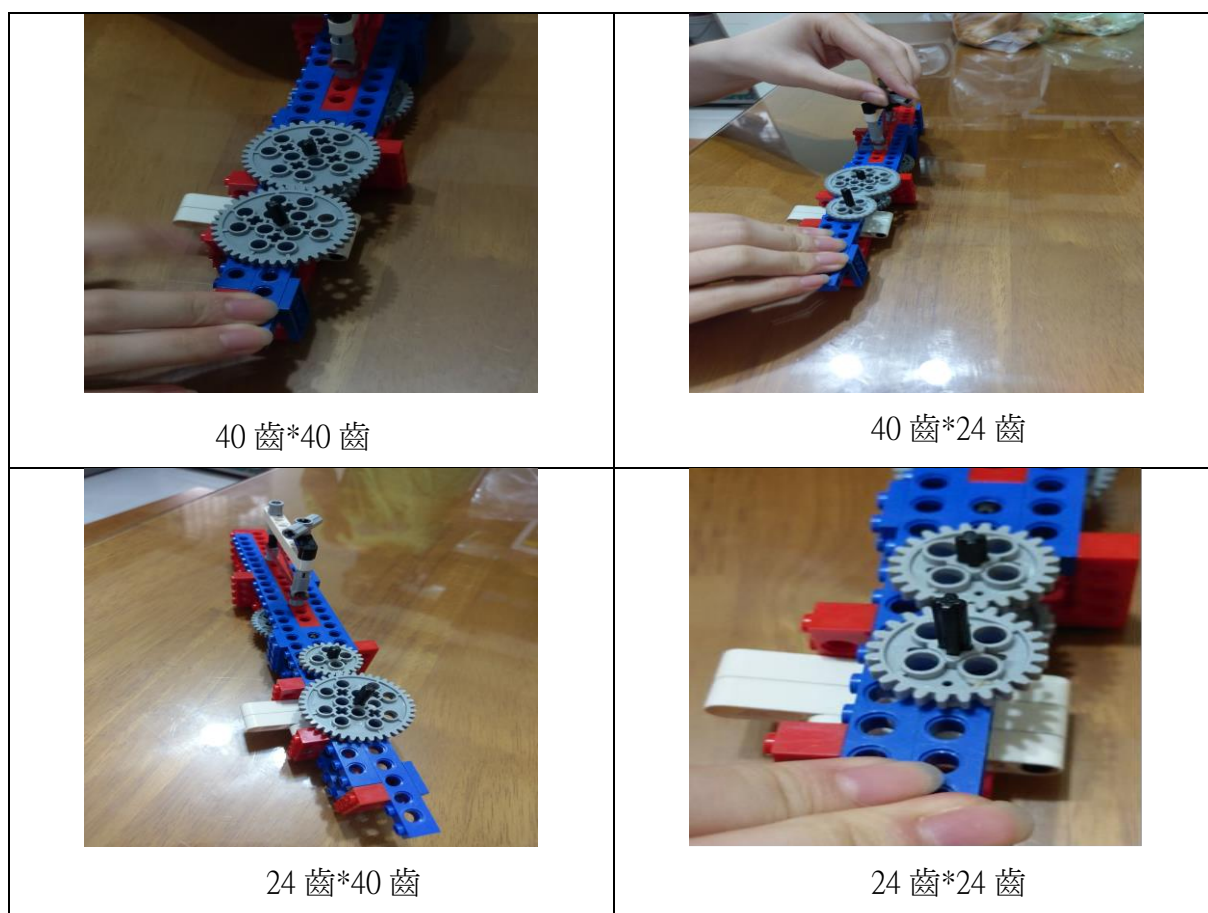


圖 3 40 齒齒輪與 24 齒齒輪的搭配組合圖

伍、研究結果

一、實驗一：橡皮筋轉動圈數與陀螺轉動時間

我們將橡皮筋分別轉動 1~3 圈，分別將陀螺轉動時間紀錄下來，連續紀錄 5 次，並畫成長條圖與摺線圖。

表 1 橡皮筋轉動一圈時，陀螺轉動時間記錄表 (單位：秒)

陀螺種類 一圈	40 齒*40 齒	40 齒*24 齒	24 齒*40 齒	24 齒*24 齒	轉動時間 總平均
第一次	6.6	4.6	5.6	3.7	
第二次	7.7	4.1	6.8	3.4	
第三次	8.8	4.2	6.6	3.4	
第四次	5.8	3.9	7.7	1.3	
第五次	7.8	3.6	9.1	3.9	
轉動平均時間	7.3	4.1	7.2	3.1	5.4

表 2 橡皮筋轉動二圈時，陀螺轉動時間記錄表 (單位：秒)

陀螺種類 二圈	40 齒*40 齒	40 齒*24 齒	24 齒*40 齒	24 齒*24 齒	轉動時間 總平均
第一次	11.7	4.5	5.6	4.3	
第二次	12.5	5.9	10.8	5.6	
第三次	11.5	5.2	7.6	4.4	
第四次	17.5	3.6	6.9	4.4	
第五次	9.2	4.5	14.2	4.7	
轉動平均時間	12.5	4.7	9.0	4.7	7.7

表 3 橡皮筋轉動三圈時，陀螺轉動時間記錄表 (單位：秒)

陀螺種類 三圈	40 齒*40 齒	40 齒*24 齒	24 齒*40 齒	24 齒*24 齒	轉動時間總 平均
第一次	14.4	5.1	13.8	5.5	
第二次	15.6	6.7	14.9	5.9	
第三次	13.5	6.7	15.4	4.3	
第四次	16.1	5.6	14.8	5.6	
第五次	14.2	7.7	12.3	6.8	
轉動平均時間	14.8	6.4	14.2	5.6	10.3

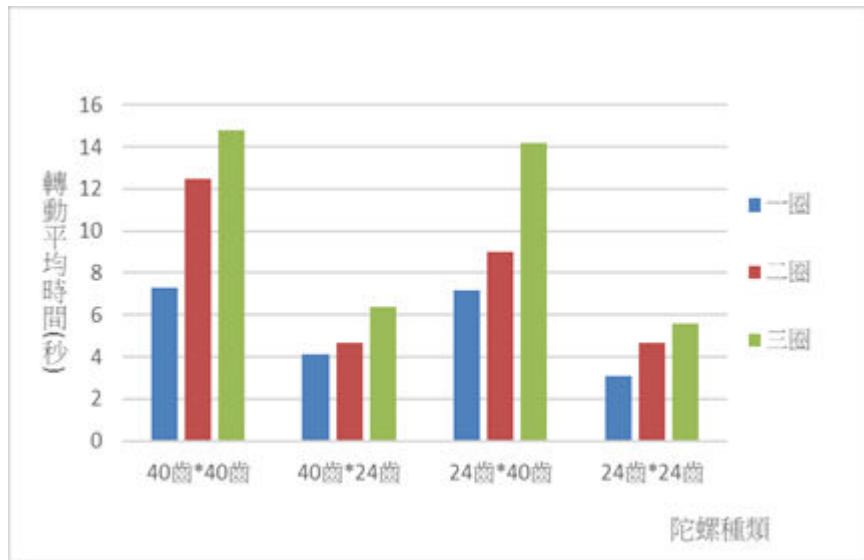


圖 4 不同種類的樂高陀螺在橡皮筋轉動不同圈數下的轉動時間

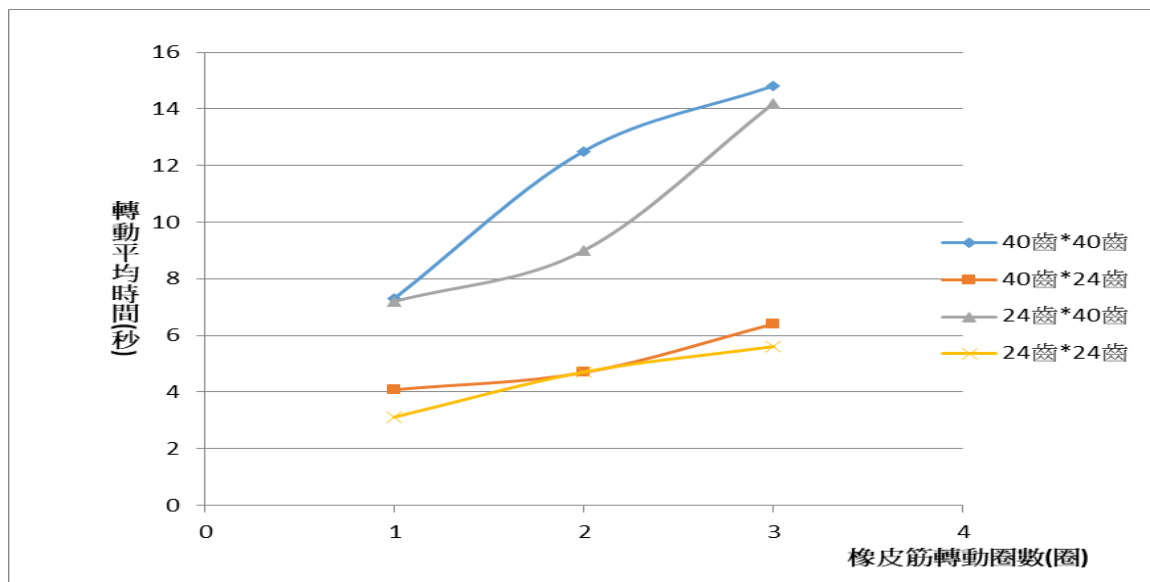


圖 5 橡皮筋轉動不同圈數時陀螺轉動時間圖

結論：我們可以發現當橡皮筋轉動 3 圈時，會有較大的力產生，讓樂高陀螺轉動平均時間較久。

二、實驗二：不同齒數的帶動齒輪與樂高陀螺轉動時間

表 4 不同齒數帶動陀螺時，樂高陀螺轉動時間記錄表 (單位：秒)

帶動陀螺齒數	40 齒		帶動陀螺齒數	24 齒	
陀螺齒數	40 齒	24 齒	陀螺齒數	40 齒	24 齒
一圈	7.3	4.1	一圈	7.2	3.1
二圈	12.5	4.7	二圈	9.0	4.7
三圈	14.8	5.6	三圈	14.8	5.6
平均	11.5	4.8	平均	10.3	4.5

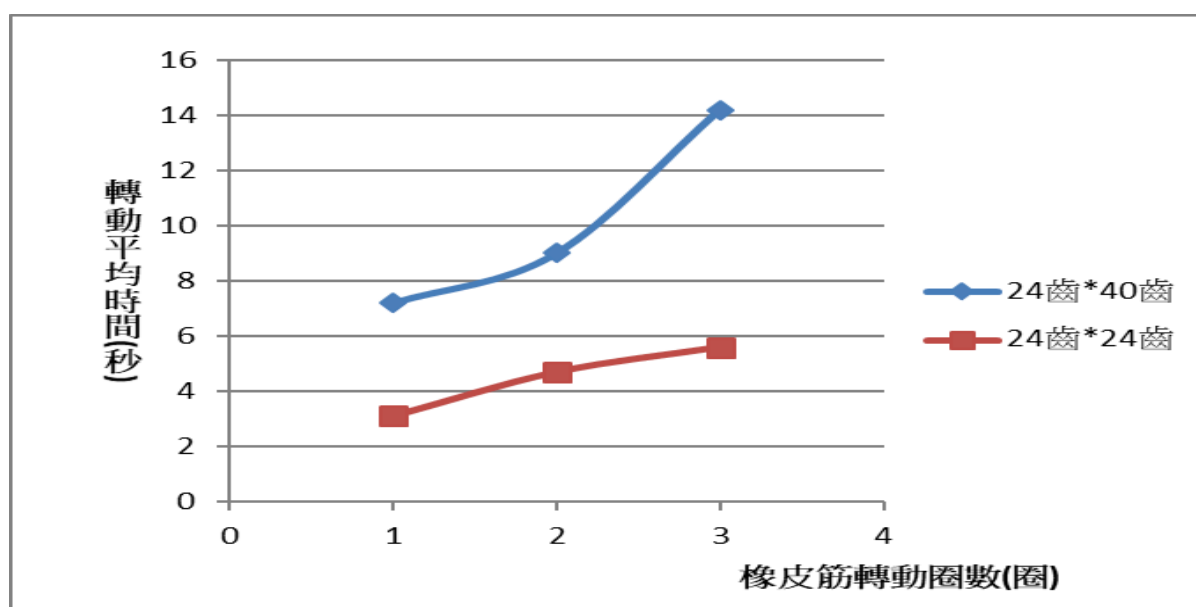


圖 6 帶動陀螺為 24 齒時，不同齒數的轉動陀螺轉動時間關係圖

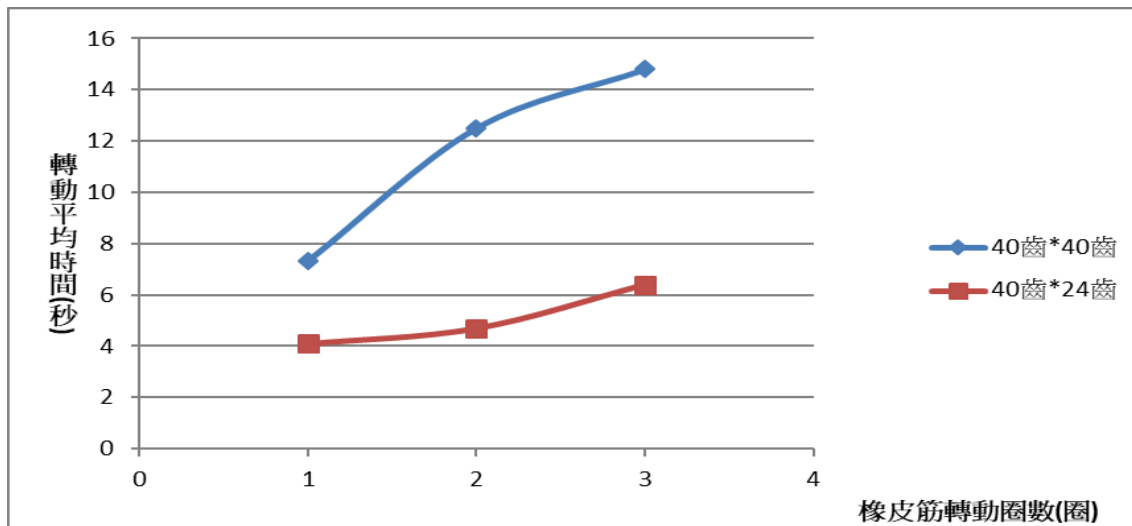


圖 7 帶動陀螺為 40 齒時，不同齒數的轉動陀螺轉動時間關係圖

結論：由圖 6 和圖 7，我們可以明顯看出不管帶動陀螺齒數為 40 齒或 24 齒時，40 齒的樂高陀螺轉動平均時間較久。

三、實驗三：不同齒數的轉動陀螺與陀螺轉動時間

表 4 不同齒數轉動陀螺帶動時，陀螺轉動時間記錄表 (單位：秒)

轉動陀螺齒數	40 齒		轉動陀螺齒數	24 齒	
帶動陀螺齒數	40 齒	24 齒	帶動陀螺齒數	40 齒	24 齒
一圈	7.3	7.2	一圈	4.1	3.1
二圈	12.5	9.0	二圈	4.7	4.7
三圈	14.8	14.8	三圈	5.6	5.6
平均	11.5	10.3	平均	4.8	4.5
總平均	10.9		總平均	4.7	

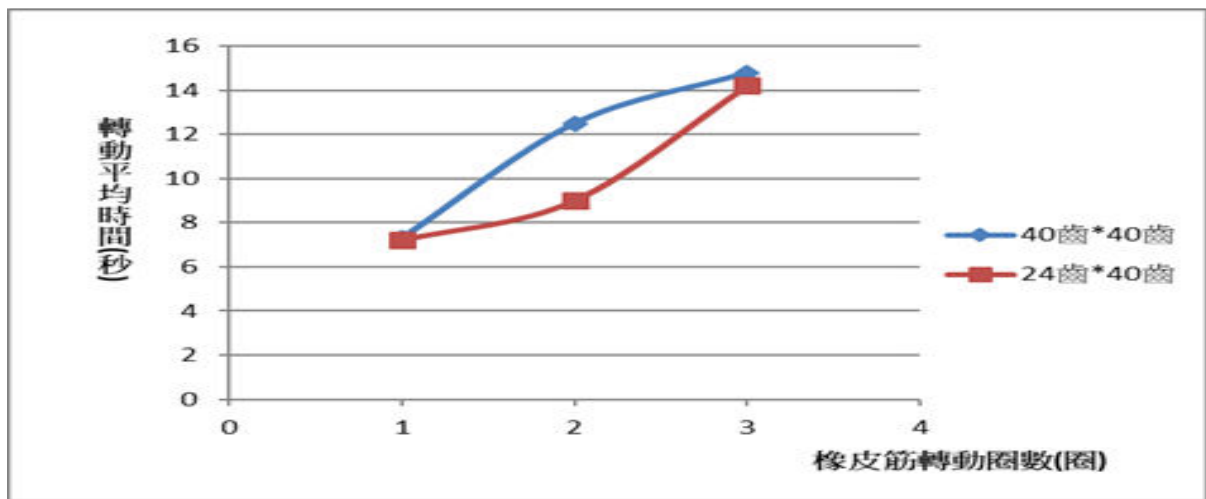


圖 8 轉動陀螺為 40 齒時，不同齒數帶動陀螺轉動時間關係圖

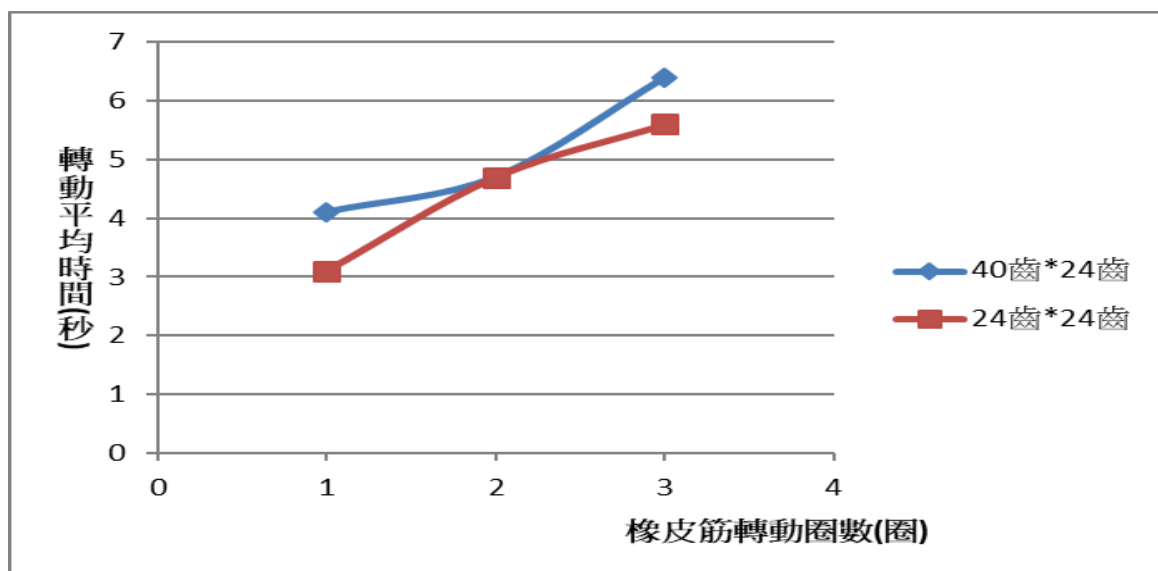


圖 9 轉動陀螺為 24 齒時，齒數不同帶動陀螺轉動時間關係圖

結論：從表 4、圖 8 和圖 9 中，我們發現無論轉動陀螺齒數為 40 齒或 24 齒，帶動陀螺的齒數對轉動陀螺的轉動時間影響不大，同時也發現當橡皮筋的轉動圈數為 2 圈時，40 齒*40 齒的組合陀螺比 24 齒*40 齒的組合陀螺轉動時間有明顯差異。

陸、討論

一、在零件中，雖然有提供多款齒數的齒輪，但是因為孔磚的距離是固定的，12 齒的齒輪根本無法與其他齒輪相互咬合，且 16 齒的齒輪也無法和 40 齒齒輪咬合，因此我們決

定將 12 齒與 16 齒齒輪不列入實驗對象，如果可以製作出更多的齒輪組合，相信我們的研究會更具可看性。另外，我們也發現原本教具盒中的橡皮筋較細，轉動圈數極限是 2.5 圈，承受不了多次實驗，在實驗過程中斷裂了，讓我們只能將它更換為一般較常見的紅色橡皮筋，轉動圈數可達 3 圈，這 0.5 圈的差距是不是也影響到樂高陀螺轉動的時間呢？有待進一步的實驗證明。

二、在實驗過程中，因為不同齒數齒輪的咬合會造成樂高陀螺擺放的位置改變，我們並不清楚當樂高陀螺彈跳起點位置不一樣的時候，是不是對陀螺的轉動時間有影響？而且從我們的實驗結果似乎也無法看出其中的差異性？如果可以更精確的掌握樂高陀螺的彈跳起點位置，相信研究結果會更具可信度。

柒、結論

對於這次的研究結果，我們感到十分滿意，因為我們終於突破自我，找到可以轉動 10 秒以上的陀螺，另一方面，我們也感到相當可惜的是，我們改裝樂高陀螺的過程時間耽誤太多，導致我們的實驗操作顯得過於簡單，不過還是非常感謝老師讓我們運用自然課所學的知識來完成這次研究，發揮改裝能力，完成實驗。

每次的實驗總能讓我們學會更多的知識，也挖掘到陀螺不只是一種玩具，裡面更包含了無窮科學理論，同時也希望有更多愛好陀螺的研究者可以跟我們一樣仿作不同類型的陀螺來驗證。

捌、參考文獻資料及其他

一、康軒出版社。國小康軒版自然與生活科技課本第八冊第一單元簡單機械。

二、Batbunny。蝙蝠兔全能機器人兒童益智拼裝百變積木玩具 STEM STEAM。

三、LEGO。樂高維基百科。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/LEGO>](<https://zh.wikipedia.org/wiki/LEGO>)

四、陳正哲、黃士庭、林治璿。(2020 年)。與「時間」比賽。嘉義縣第 60 屆國民中小學科學展覽作品。