

活動名稱：指尖上的科學~指尖陀螺五部曲

校名：陽明國中【攤位編號：B124】

指導老師：柯瑞龍、謝甫宜、陳宏清、翁郁凰

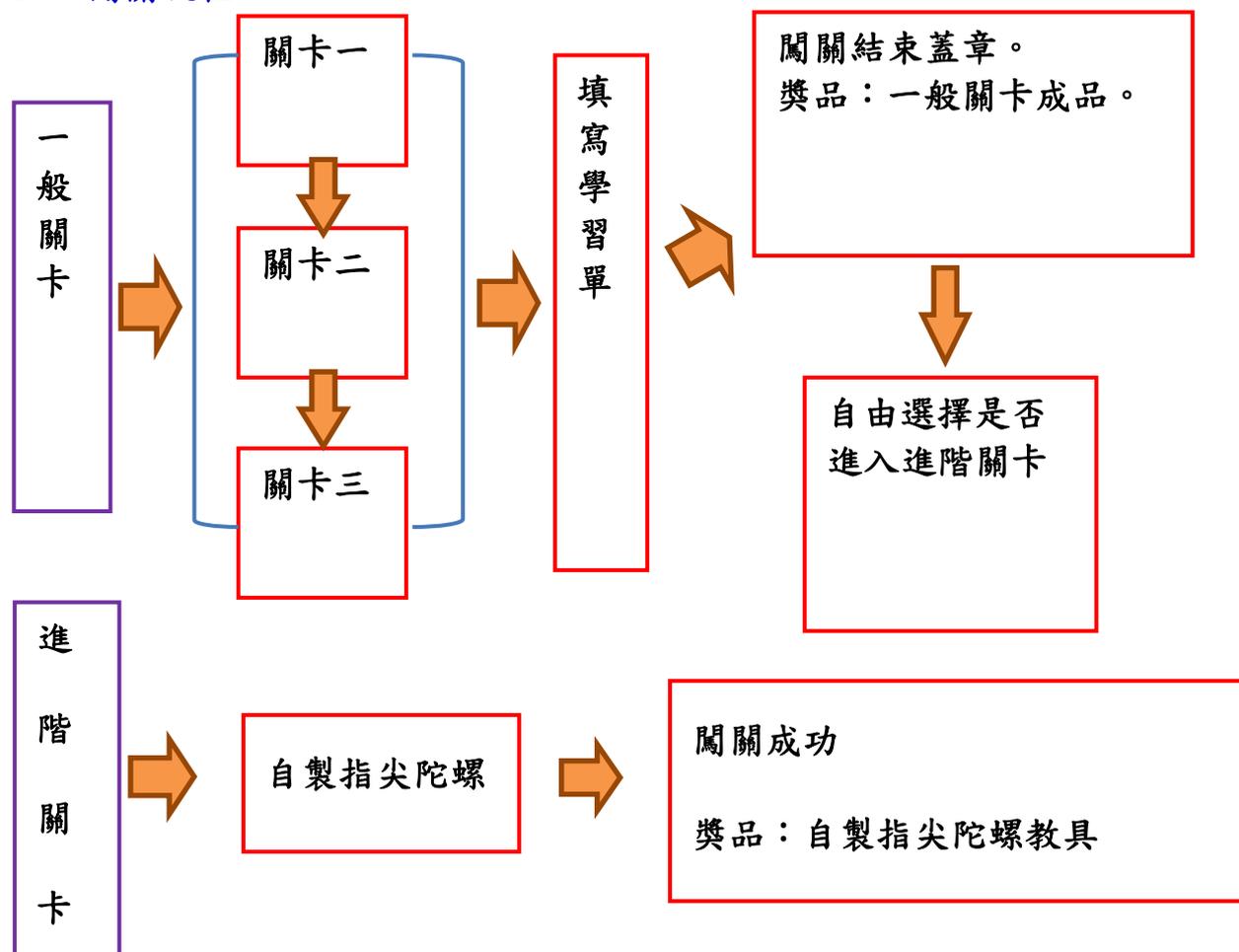
科學家族
Science

一、活動對象：本市學生及一般民眾

二、流程編排：

上午	活動內容	下午	活動內容
8：30~9：00	攤位準備	12：00~13：00	中午休息
9：00~9：10	Show time	13：00~14：00	自由闖關
9：10~10：20	自由闖關	14：00~14：10	Show time
10：20~10：30	Show time	14：10~15：20	自由闖關
10：30~11：40	自由闖關	15：20~15：30	Show time
10：40~11：50	Show time	15：30~16：00	自由闖關
11：50~12：00	自由闖關	16：00~	撤場

三、闖關流程



四、關卡內容

關卡一：指尖陀螺旋轉木馬

- 1.旨趣：我們常看到呈現連續動作的動畫效果，應如何以指尖陀螺製作？如何用於教學呢？
- 2.活動器材：指尖陀螺、圖卡設計、強力磁鐵9顆、剪刀與雙面膠帶。

3.活動流程

步驟 1.取 A3 影印紙製作六張連續動畫圖片，如下圖 1 所示。註：由學生自由發揮繪製連續動畫的六張圖片。

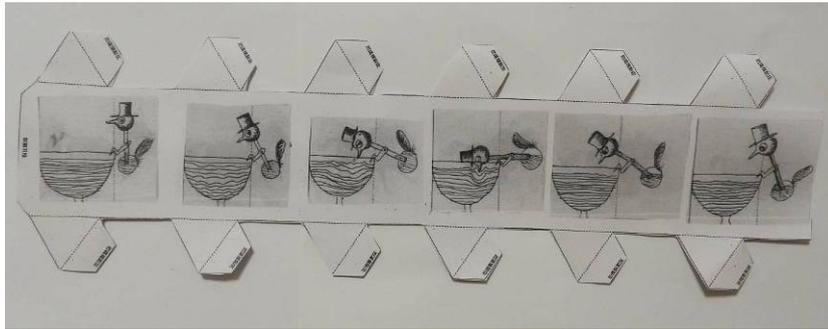


圖 1.取 A3 影印紙製作六張連續動畫圖片

步驟 2.最後尾端再貼雙面膠帶與撕下雙面膠帶準備黏貼成「圈狀」，如圖 2 至圖 4 所示。



圖 2.尾端貼雙面膠帶



圖 3.黏貼緊密



圖 4.正面圖卡黏貼完成的形狀

步驟 4.將圖卡底部貼膠帶並黏貼在光碟片上！

步驟 5.以強力磁鐵吸附指尖陀螺三個葉片，再連同貼有圖卡的光碟一起夾緊，使圖卡、光碟片與指尖陀螺能緊密結合，如圖 5 與圖 6 所示！

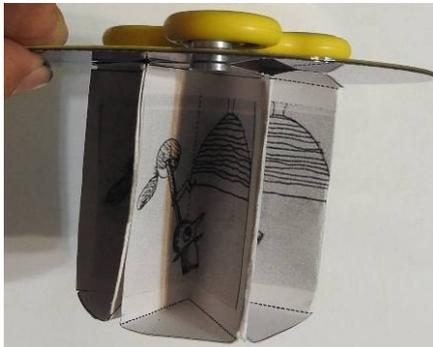


圖 5.以前後強磁吸附光碟夾緊

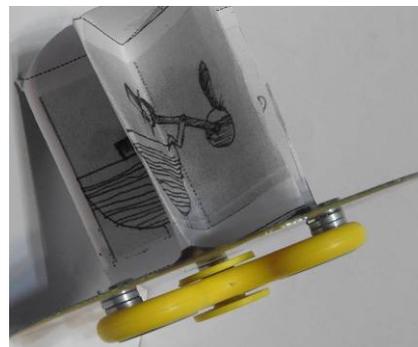


圖 6.調整與對準指尖陀螺的中心位置

步驟 6.抓住圖卡上端用力旋轉，光碟片與指尖陀螺也隨之旋轉，觀察圖卡是否呈現連續動畫的效果，如圖 7 與圖 8 所示。

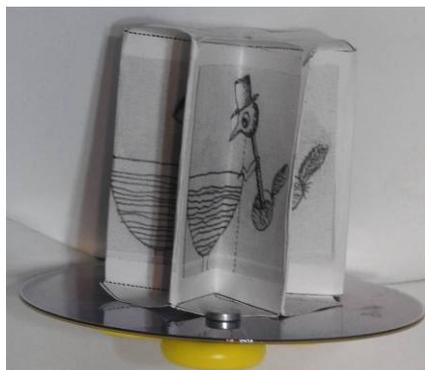


圖 7.以手指抓住圖卡上端旋轉

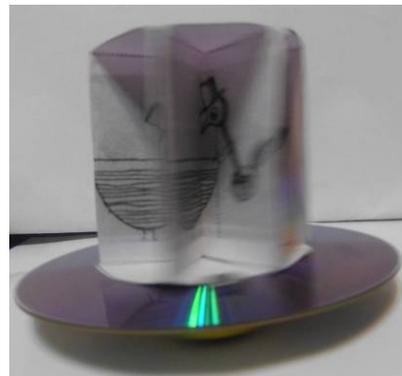


圖 8.觀察連續動畫的成效

4.原理探討

本活動採用以手指抓住圖卡上端旋轉，透過指尖陀螺能順暢轉動的軸承，提供光碟片與圖卡能持續轉動，涉及以下4項核心概念的教學運用：

- 1.視覺暫留現象：繪製6張可因轉動而呈現連續動畫的圖卡，當達到每秒12張以上的轉速時，本活動採用「喝水鳥」點頭喝水的圖片，從分解成6個點頭喝水的動作，變成了連續圖像了！
- 2.圓周運動：當光碟片上的每一點與圖卡一起轉動時，運動方向都在改變，繞著指尖陀螺的軸心且沿著「切線方向」而轉動。

關卡二：指尖陀螺費納奇鏡

- 1.旨趣：運用指尖陀螺旋轉產生圓周運動的原理，製作費納奇鏡的動畫效果。
- 2.活動器材：鐵製配重的指尖陀螺2個、動畫圖卡、光碟片、強力磁鐵9顆、雙面膠帶。
- 3.活動流程

步驟1.繪製動畫圖卡，如圖3所示；剪下圖卡再緊密黏貼於光碟片上；

- (1)動畫圖卡因快速轉動而產生連續動畫；
- (2)相鄰的每一張圖卡之圖案的動作不宜相差太大。

步驟2.指尖陀螺各葉片上各吸附3顆強力磁鐵，以下簡稱強磁，如圖4所示。

- (1)採用強磁的目的為托高圖卡與指尖陀螺軸承之間的距離、減少摩擦力、也避免指尖陀螺快速旋轉而甩出。
- (2)採用強磁而不用膠水或雙面膠帶黏貼圖卡，則是方便更換圖卡。
- (3)強磁之間的吸附力甚強，應避免小朋友操作時夾傷。

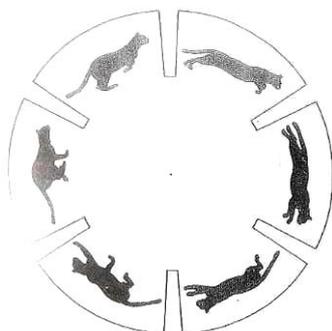


圖3.連續動畫的圖卡



圖4.指尖陀螺葉片各吸附3顆強磁

步驟3.以另外各一顆強磁夾住光碟片吸附在指尖陀螺各對應吸附有強磁之各葉片上，如圖5與圖6所示；



圖5.強磁吸附夾住光碟片

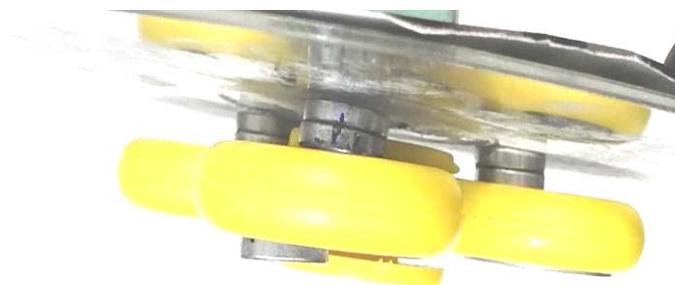


圖6.吸附強磁的指尖陀螺作為底座並夾住光碟

步驟6.以「順時鐘方向」快速轉動黏貼圖卡與光碟片的指尖陀螺，再手持另一顆指尖陀螺使之「逆時鐘方向」旋轉，眼睛透過手持旋轉的指尖陀螺間距來觀察圖卡的圖樣變化，如圖7與圖8所示。



圖 7.以旋轉指尖陀螺觀察圖卡



圖 8.同向轉動觀察是否具有動漫成效

4.原理探討

「費納奇鏡」屬於一項演示「視覺暫留」的經典科普活動。教師或家長如作為探究實作活動，筆者提供以下 2 項操縱變因的實驗處理方式，可增進學生覺知影響視覺暫留現象的主要成因並進一步量化與探索：

1.承載圖卡之指尖陀螺的轉速：

(1)因為本活動以手指撥動指尖陀螺轉動以觀察圖卡的連續變化情形，此轉速雖然不至於太快，卻不易觀察圖卡的動畫效果。透過另外手持轉動中的指尖陀螺葉片之間的縫隙，如同播放卡通的「影格」使得一張張圖卡逐項出現，以產生動畫的視覺暫留成效。

(2)如上述實驗步驟 6 的說明(3)，我們亦可藉由相機或手機照相與錄影觀察便能清楚看到動畫般的成效！因為相機或手機的照相功能需要短時間抓取外界的影像拍攝照片，提供眼睛所見物體之運動「變慢」，亦即一張張圖卡的畫面能逐次呈現出來。

2.用以觀察與轉動圖卡的兩個指尖陀螺之間的相對運動：

轉動圖卡的指尖陀螺與手持用以觀察圖卡的指尖陀螺，兩者之間轉動的相對運動影響觀察視覺暫留的成效。因此，觀察者可以試著調整兩者各自的轉速，理解並探索在某一特定的轉速範圍中，能清晰地辨識圖卡產生的動漫效果。

關卡三：指尖陀螺電磁感應

1.旨趣：利用指尖陀螺帶動磁鐵轉動產生電磁感應，使得鋁箔杯也能隨之起舞！

2.活動器材：鐵製配重的指尖陀螺 1 個、強力磁鐵 9 顆、鋁箔或錫箔盒、乒乓球。

3.活動流程

步驟 1.鋁箔盒(或錫箔盒)包裹住乒乓球並施壓讓鋁箔盒凹陷，以製作半球狀且底部光滑的鋁箔杯，如圖 1 所示；

(1)試著讓鋁箔盒因受壓而凹陷成圓弧狀；

(2)鋁箔盒與乒乓球以指尖陀螺葉片尖端來壓鋁箔外皮，使原本褶皺外皮光滑圓潤。

(3)鋁箔杯外皮愈光滑圓潤，則稍後在指尖陀螺軸承上轉動時，所受摩擦力愈小，產生渦流時之電阻也愈小，鋁箔杯之轉速也會愈快。

步驟 2.以強力磁鐵各 3 顆吸附指尖陀螺葉片上，並將步驟 1 中所製成的鋁箔杯置於指尖陀螺軸承上，如圖 2 所示。



圖 1. 鋁箔盒包裹乒乓球並施壓

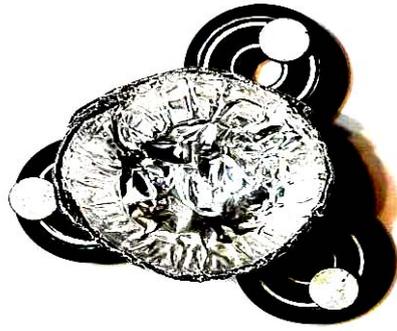


圖 2. 將鋁箔杯置於指尖陀螺軸承上

步驟 3. 快速旋轉指尖陀螺，觀察底部為圓弧狀的鋁箔杯運動情形。

- (1) 指尖陀螺旋轉時，先按住鋁箔杯再轉動指尖陀螺，可使鋁箔杯轉動穩定而不會左右搖擺或旋出，如圖 3 所示。
- (2) 指尖陀螺平順地轉動後，觀察鋁箔杯隨著指尖陀螺一起轉動的情形，如圖 4 所示。



圖 3. 先按住鋁杯再轉動指尖陀螺



圖 4. 觀察鋁箔杯與指尖陀螺一起轉動情形

步驟 4. 以不同數量的強力磁鐵控制磁場強弱，觀察鋁箔盒轉速是否改變。

4. 原理探討

本活動以指尖陀螺帶動強力磁鐵之轉動，造成強磁之磁力線通過鋁箔杯磁通量的改變形成「電磁感應」並產生「渦流」，跟著帶動鋁箔杯也隨著吸附在指尖陀螺葉片上的強磁而轉動，如圖 5 所示。

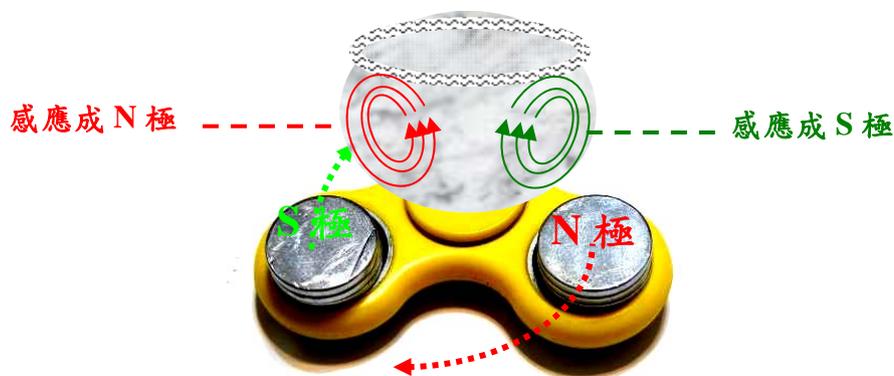


圖 5. 鋁箔杯的電磁感應

根據圖 5 鋁箔杯的電磁感應，以法拉第定律與楞次定律解釋如下：

- 1.圖中右下角磁鐵 N 極離開時，磁通量瞬間變小，靠近磁鐵 N 極的鋁箔杯則被感應成 S 極而產生順時鐘的渦流，視為被 N 極所吸引而順時鐘轉動。
- 2.圖中左下角磁鐵 S 極離開時，磁通量瞬間變小，靠近磁鐵 S 極的鋁箔杯則被感應成 N 極而產生逆時鐘渦流，視為被 S 極所吸引而順時鐘轉動。
- 3.指尖陀螺轉速愈快，強磁轉動愈快，對於鋁箔杯之磁通量變化也愈大。因此，鋁箔杯轉速也隨之愈快。

關卡學習單

關卡一

- () 1.「指尖陀螺旋轉木馬」主要是利用下列哪一項原理而產生動漫效果？
(A)光的反射 (B)視覺暫留 (C)後像原理 (D)光的折射。
- () 2.「指尖陀螺旋轉木馬」呈現以下何種運動狀態？
(A)圓周運動 (B)等速度運動 (C)等加速度運動 (D)靜止狀態。

關卡二

- () 3.「指尖陀螺費納奇鏡」主要是利用下列哪一項原理而產生動漫效果？
(A)光的反射 (B)視覺暫留 (C)後像原理 (D)光的折射。

關卡三

- () 4.「指尖陀螺電磁感應」主要與下列哪一項原理有關？
(A)圓周運動 (B)電流熱效應 (C)牛頓運動定律 (D)法拉第定律。
- () 5.「指尖陀螺電磁感應」中的磁鐵愈接近鋁箔杯，會發生何種現象？
(A)轉速愈慢 (B)轉速愈快 (C)靜止不動 (D)向上彈開。

以上皆答對者可挑戰進階關卡，成功者有更精美的獎品喔！

進階關卡

將指尖陀螺以快乾膠黏著在放置 CD 盒或布丁盒的支架上，再將可呈現連續動畫的圖卡以強力磁鐵吸附在圖卡的正面，如圖 1 與圖 2 所示。上述裝置面對平面鏡，撥動指尖陀螺快速轉動後，眼睛靠近並從費納奇鏡每張圖卡之間的縫隙觀察平面鏡，如此便能清楚地觀察每一張圖卡產生動漫的成效，如圖 3 所示！



圖 1.圖卡黏著支架



圖 2.以強磁吸附陀螺



圖 3.從縫隙觀察平面鏡圖卡

五、定時展演活動(Show Time)

Show Time 1：指尖陀螺磁剎車

以鋁合金製的指尖陀螺放置於吸附強磁之鐵製紙尖陀螺的軸承上。當底下鐵製的指尖陀

螺快速轉動時，亦可使鋁合金製的指尖陀螺旋轉；反之，先撥動鋁合金製指尖陀螺快速旋轉時，則因鐵製紙尖陀螺所吸附強磁的作用，快速地使鋁合金製指尖陀螺轉速變慢、直到停止！如圖 1 與圖 2 所示。

此實驗操作說明鋁合金製指尖陀螺的旋轉因著底下強磁對其產生電磁感應(吸附作用與渦流)，即汽車或機車、電梯等日常生活中所運用的「磁刹車的原理」。



圖 1.磁刹車原理



圖 2.鋁罐底蓋的旋轉

核心概念學習：電磁感應、楞次定律、法拉第定律、磁刹車

Show Time 2：指尖陀螺儀

以快乾膠將指尖陀螺黏貼於光碟片，快速旋轉指尖陀螺時，再將光碟片立在光滑的桌面上，觀察光碟片是否能在桌面上起舞？並且觀察光碟片的轉動方向，如圖 3 至圖 5 所示。

根據轉動慣量原理：當物體快速轉動時會產生一力矩使得物體本身維持平衡，而物體也因轉動繞著轉軸產生垂直方向的轉動力矩。



圖 3.指尖陀螺黏在光碟片上



圖 4.快速旋轉指尖陀螺



圖 5.觀察光碟片轉動方向

核心概念學習：力矩、轉動慣量、圓周運動