

# OPTIC 2024 光電教具創作競賽 – 說明手冊

團隊名稱： 你是電你是光你是唯一的神話

教具名稱： 幻影輪盤

目標對象（年齡層）： 12~20 歲

操作時間預估： 8 ~ 20 分鐘

## 教具目標簡述

頻閃效應是一種視覺現象，當物體以特定速度旋轉並配合閃爍的光源時，觀察者會看到物體呈現近乎靜止或緩慢運動的效果。透過我們的教具，學生將會對頻閃效應背後的物理現象產生濃厚的興趣，包含光的特性和人眼的視覺處理方式，能夠主動探索物體的運動、光和時間之間的關係，通過實際操作，培養學生實驗精神和探討事物背後原理的能力

## 背景知識

### 1. 頻閃效應

頻閃效應是一種特殊的視覺現象，發生在移動中的物體遇到周期性閃爍的光源時，特別是在光源的閃爍頻率與物體的運動頻率接近的情況下。

當光源快速閃爍時，我們的眼睛無法連續捕捉到物體的位置變化，於是大腦將不同時刻看到的畫面連結起來。如果閃爍頻率與物體運動頻率非常接近，這種連接可能會產生錯覺，讓我們感覺到物體靜止或緩慢移動，甚至可能會顯示出與實際運動方向相反的運動軌跡。

在工廠或使用螢光燈照明的地方，有時物體的運動看起來會怪異或顫抖，由於螢光燈通過交流電驅動，閃爍速度可能接近物體的運動頻率，就會產生此現象。

在攝影或錄影中，使用特定快門速度拍攝旋轉物體（例如風扇葉片）時，有時物體看起來會靜止或逆向旋轉，這也是頻閃效應的表現。

### 2. 頻率與週期

頻率(Frequency)指的是每秒內發生的重複事件次數，常用單位是赫茲 (Hz)，1 赫茲等於每秒發生一次的事件。例如：50 Hz 的交流電表示每秒改變方向 50 次、震動器每秒震動 10 次，則頻率為 10Hz。而週期 (Period)是指完成一次循環或振動所需的時間。週期與頻率為反比關係。

### 3. 角頻率

角頻率 (angular frequency) 是描述週期性運動的一個物理量，表示物體每秒內轉過的角度。它通常用來描述圓周運動或振動系統中的頻率，並且與線性頻率相關。

角頻率的符號通常是 $\omega$ ，單位是弧度每秒 (rad/s)。在等速率圓周運動中，角頻率表示每秒旋轉的弧度數，而不是完整的轉數，角頻率 $\omega$ 與線性頻率 $f$ 之間的關係為： $\omega = 2\pi f$

### 4. 視覺暫留

視覺暫留是一種生理現象，指的是當光刺激結束後，光的影像會在視網膜上停留短暫的時間，這大約是 1/25 秒。這一現象解釋了為何我們能看到平滑連續的影像，即使它們實際上是由一系列快速變換的靜態畫面構成的。

## 教具內容

我們的教具硬體由以下組件組成：

1. 無刷馬達：用於驅動轉盤旋轉，能以高轉速運行
2. 無刷馬達驅動板：用於控制馬達的旋轉，以佔空比調整轉速，確保轉盤平穩運行
3. 開發板(ESP32)：主要負責調整馬達轉速和頻閃光源的閃爍頻率以及網頁控制
4. 頻閃光源（帶輸入）：提供可調頻率的穩定閃爍光，實現頻閃效果
5. 電源供應器：為整個系統提供穩定的電源，確保所有組件正常運行
6. 轉盤：承載圖形的平面，隨著馬達的轉動展示視覺效果，並能展示不同圖案以增加趣味性

軟體與附件包含：

1. sample\_pattern.pdf：包含多種預設紙片圖樣供清晰明顯地展示效果
2. DiskGenerator.exe：可自定義圖片與 GIF 動畫，生成趣味的圓盤圖案

以上內容與原代碼可於 <https://github.com/iscodeminister/Phantom-Roulette> 取得

## 教具使用流程

### 1. 教具安裝

- (1) 將馬達及頻閃光源的電源接妥，並啟動電源供應。
- (2) 將隨附檔案之紙片圖樣或者自訂之轉盤圖案列印並固定於轉盤之上。
- (3) 使用電腦或手機，連接至教具提供的 Wi-Fi(Phantom Roulette)，開啟網頁瀏覽器並連接至 192.168.4.1，即可連接上操作網頁。

### 2. 馬達與頻閃頻率參數調整

- (1) 在網頁中可輸入數值來調整馬達轉速，或者於電腦使用鍵盤的上下方向鍵快速微調。
- (2) 網頁中設有按鈕能以 $\pm 0.001\%$ 或 $\pm 0.01\%$ 來調整馬達轉速，或直接在欄位中輸入數值。  
※此數值為佔空比亦即相對於最高轉速之比例，最高轉速會依馬達負載與電壓改變。
- (3) 頻閃光源的閃爍頻率調整方式與馬達相同，可輸入自訂倍率，按下乘除調整按鈕可以快速調整頻率，方便觀察頻閃變化。

### 3. 頻閃效應觀察

- (1) 透過調整馬達轉速與頻閃頻率，學生可以觀察頻閃效應的變化。例如在特定的轉速和頻率下，螺旋槳圖片會呈現靜止狀態。增加馬達轉速，葉片會順時針旋轉，降低轉速則逆時針旋轉。
- (2) 使用頻閃頻率的乘除調整按鈕，觀察閃爍頻率加倍之影響。

### 4. 評估標準

- (1) 學生能否正確解釋頻閃效應的原理。
- (2) 學生是否能獨立操作教具並觀察到預期效果。
- (3) 學生能否提出創新的應用想法或改進建議，並將頻閃效應應用於現實場景中。

### 5. 額外內容

- (1) 將喜歡的圖片或動態圖檔以附帶的程式開啟，並可調整各個圖片的大小及位置。
- (2) 客製化完成後，匯出轉盤的 PDF 檔案，將檔案列印並剪貼至轉盤上。
- (3) 學生可進行創意設計比賽，設計自己的轉盤圖案，並解釋其原理。

## 教具硬體經費估算表

| 項目 | 名稱        | 數量 | 單價   |
|----|-----------|----|------|
| 1  | 無刷馬達      | 1  | 150  |
| 2  | 無刷馬達驅動板   | 1  | 250  |
| 3  | ESP32 開發版 | 1  | 150  |
| 4  | 頻閃燈(帶輸入)  | 1  | 1000 |
| 5  | 轉盤材料(如木板) | 1  | 50   |
| 6  | 連接線材與零件   | 1  | 100  |
| 7  | 電源供應器     | 1  | 200  |
| 總價 |           |    | 1900 |

## 安全注意事項

1. 頻閃可能會引發癲癇患者不適
2. 使用時需有成人監督
3. 更換紙片時請記得使馬達完全靜止
4. 馬達轉動時應避免將頭、手等身體部位接近轉盤
5. 注意電源安全，避免觸電風險

## 參考資料(References)

- [1]. Finlay, D.J.; Dodwell, P.C. & Caelli, T.M. (1984). "The wagon-wheel effect". *Perception*.
- [2]. Purves D, Paydarfar JA, Andrews TJ. The wagon-wheel illusion in movies and reality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- [3]. 朱浩偉. (Director). (2016). *Now You See Me 2* [Film]. Summit Entertainment.