

# 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

大專/社會組

文章題目：怎麼影片錄到一半，畫面中的吊扇突然開始朝反方向旋轉？從頻閃效應看「數位訊號」的取樣與重建！

摘要：頻閃現象是訊號處理與通訊系統中，十分重要的基本概念，它闡述了「取樣頻率必須高於訊號頻率的兩倍才能完整還原訊號」之定理。然而，現有實驗多需專業設備才能實施，限制了其推廣性。因此，我簡化了實驗流程，僅須拿起手機並拍攝旋轉中的陀螺，並觀察「陀螺旋轉速度」與「每秒拍攝幀數」這兩種變因如何影響影像結果，小朋友即可初步認識頻閃效應的由來，無須昂貴儀器也能直觀理解科學原理。

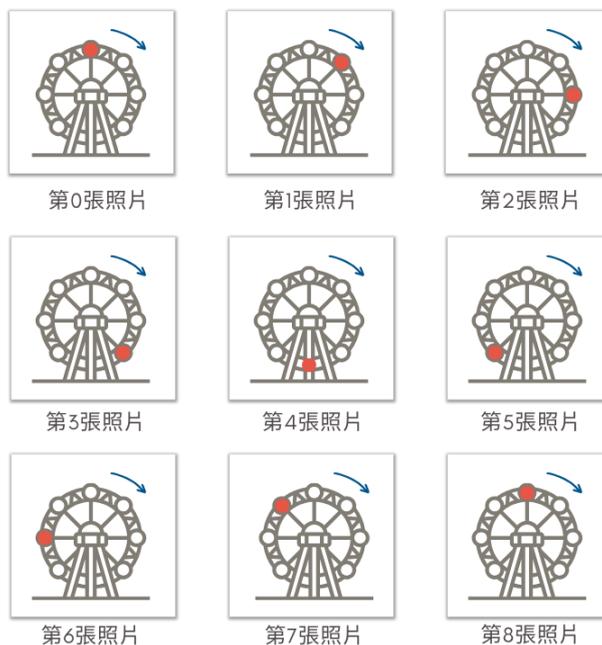


文章內容：(限 500 字~1,500 字)

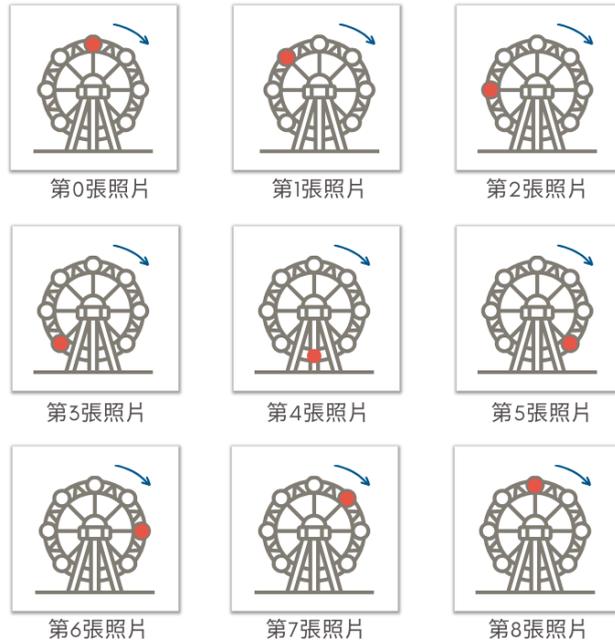
生活中，你是否也曾經拿起手機，拍攝旋轉中的電風扇或陀螺，結果發現它們的旋轉方向或速度，與肉眼所見完全不同？這並不是幻覺，而是來自於「頻閃效應」的巧妙錯覺。為了進一步探索這個現象，我們以摩天輪為例來思考：什麼情況下，摩天輪會在畫面中「順轉」？什麼時候又會「逆轉」？其實答案就在旋轉速度與拍攝速度的比較。

假設摩天輪等速、順時針旋轉一周需要八秒，當我們——

(1) 每隔 1 秒拍攝一次時：



(2) 每隔 7 秒拍攝一次時：



以相同方式考慮更多例子後，我們可以歸納出以下結論：

1. 當拍攝速度（影格速率）比旋轉速度快，且拍攝間隔時間  $<$  一半的旋轉週期時，畫面中的旋轉方向會與真實世界相同。
2. 當拍攝速度比旋轉速度快，但拍攝間隔時間  $>$  一半的旋轉週期時，畫面中的旋轉方向會與真實世界相反。
3. 當拍攝間隔時間恰好是旋轉週期的整數倍時，物體則會在畫面中看起來「靜止不動」。
4. 當拍攝速度低於旋轉速度時，則需要進一步考慮取餘數與相對位置，才能判斷影像中的旋轉效果。

回到一開始的提問：「為什麼影片中的風扇或陀螺，旋轉方向會跟肉眼所見相反？」其實，關鍵就在於比較拍攝速度（FPS）與旋轉速度之間的關係。

以我們實際測量為例，假設陀螺最快能在 0.05 秒內完成一圈旋轉，而使用 24 FPS 拍攝時，代表相機每隔  $1/24$  秒（也就是約 0.042 秒）會記錄一次畫面。由於 0.042 秒已經超過了陀螺一半旋轉週期（0.025 秒），套用剛才的結論，是不是就能理解為什麼當陀螺旋轉速度越來越快，畫面中的它反而開始「逆向旋轉」了？

不過，當我們改用 60 FPS 進行拍攝時，情況又變得不一樣了。此時，相機每張影格之間的時間僅剩下 0.017 秒。若想在這麼短的時間內拍出陀螺「逆轉」的畫面，代表陀螺必須在 0.034 秒內完成一圈旋轉，比起我們一開始觀察到的 0.05 秒還要快上許多，這可不是一件簡單的任務！

但換個角度思考，這是否亦代表，只要拍攝頻率比旋轉頻率快兩倍以上，所記錄下來的畫面，就一定能夠忠實還原真實世界的模樣？其實，這正是數位通訊與訊號處理極為重要

的核心概念——奈奎斯特頻率 ( Nyquist Frequency ) 。

日常生活中，數位訊號無所不在。我們的聲音、影像，甚至各式各樣的感測訊號，原本都是連續的「類比訊號」，但是當我們需要用手機講電話、錄音、拍攝影片，甚至透過 Wi-Fi 傳輸資料時，都必須先將這些連續的類比訊號「取樣」，轉換成可以儲存與傳輸的數位訊號。這時，如何確保取樣後的訊號，能在另一端還原出與原本幾乎一致的內容，就成了極為關鍵的課題。

訊號處理領域的大師便推導出了奈奎斯特取樣定理 ( Nyquist Theorem )，告訴我們：「若要完整且正確地重建原始訊號，取樣頻率至少必須是訊號最高頻率的兩倍。」——聽起來是不是很耳熟呢？沒錯，這正好與我們剛剛觀察旋轉與拍攝的關係如出一轍。生活中，這個原理的應用無所不在，從音樂錄製、影片製作，到手機、Wi-Fi、藍牙、甚至醫療影像，取樣與重建的背後，其實都遵循相同的科學法則默默運作。

#### 參考資料

Alan V. Oppenheim. (2010). Discrete-time signal processing (3rd ed).

註：

1. 未使用本競賽官網提供「科學文章表單」格式投稿，**將不予審查**。
2. 字數沒按照本競賽官網規定之限 500 字~1,500 字，**將不予審查**。  
PS.摘要、參考資料與圖表說明文字不計入。
3. 建議格式如下：
  - 中文字型：微軟正黑體；英文、阿拉伯數字字型：Times New Roman
  - 字體：12pt 為原則，若有需要，圖、表及附錄內的文字、數字得略小於 12pt，不得低於 10pt
  - 字體行距，以固定行高 20 點為原則
  - 表標題的排列方式為向表上方置中、對齊該表。圖標題的排列方式為向圖下方置中、對齊該圖