

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

■國中組 □普高組 □技高組 成果報告格式

題目名稱：不再 DOWN 的啄木鳥-探究科學玩具啄木鳥上升之因素與原理

一、摘要

本研究在探究常見啄木鳥科學玩具不再向下，而是向上爬升的因素與原理。啄木鳥科學玩具向上運動的原理應與「摩擦力」造成的「摩擦自鎖」現象、「力矩」與振動馬達的「動能」轉變能啄木鳥懸臂的「彈力位能」，再轉變成啄木鳥「重力位能」有關。

在製作啄木鳥的過程中，我們使用了鋼絲結構、曬衣夾結構和自造啄木鳥三種方式。鋼絲結構難以控制施力和螺距，效果不佳；曬衣夾結構改善了不易控制螺距的問題，但仍有孔徑不易改變與無法提供足夠的施力支撐等問題；自造啄木鳥利用雷射切割精確控制結構，能有效的改善鋼絲結構與曬衣夾結構的問題。以市售的振動馬達與振動喇叭搭配自造啄木鳥，能穩定控制振動的頻率與振幅，是最穩定的啄木鳥科學玩具。

二、探究題目與動機

常見的啄木鳥科學玩具，運用生活中可取得的鐵絲與鐵桿便能製作。在去年學校的獨立研究課程中，我們接觸到了這項科學玩具。而在一次的實驗當中，發現原先應該要緩慢下降的啄木鳥竟然在以手指施力的狀況下上升了！這令我們感到十分驚訝，也感到非常的困惑。上網查找卻無法發現有關此現象的文獻。起初我們試著用鐵絲來還原當初會上升的啄木鳥，但是每次的纏繞形狀都不盡相同，無法有效的控制變因。因此，我們經過多次的修正改良，試著找出啄木鳥上升的原理以及可以穩定上升的啄木鳥。

三、探究目的與假設

- 一、探討啄木鳥科學玩具上升的原理
- 二、製作可以穩定控制變因的啄木鳥科學玩具

四、探究方法與驗證步驟

一、啄木鳥科學玩具介紹

(一) 啄木鳥科學玩具介紹與原理

我們透過使用振動喇叭來做為啄木鳥的動力，根據翰林自然科學課本第三冊的主題-波動與聲音，我們可以知道聲波是靠振動產生，我們將振動喇叭置於懸臂自由末端，透過振動

懸臂產生啄木鳥上升動力。其中我們在探究向上爬的啄木鳥過程中，應用到的原理我們分作以下幾點探討：

1. 摩擦力（Friction）：

不管是一般抖動向下的啄木鳥，或像我們這種能抖動向上爬的啄木鳥，都需要有停留在桿子上的時間，而能夠克服重力停滯在桿子上靠的就是摩擦力。實驗中，我們主要需要考慮的是靜摩擦力，因啄木鳥玩具在桿子上產生的靜摩擦力是要能抵抗它本身的重力，這樣啄木鳥玩具才不會像自由落體往下掉。

2. 摩擦自鎖（Frictional Self-locking）：

摩擦自鎖是指物體在受到外力時，由於摩擦力的作用，使其無法滑動或移動，即使外力停止施加，物體仍然保持靜止的狀態。我們啄木鳥玩具能夠停留在垂直桿子上而不下滑，也就是一種摩擦自鎖的現象。

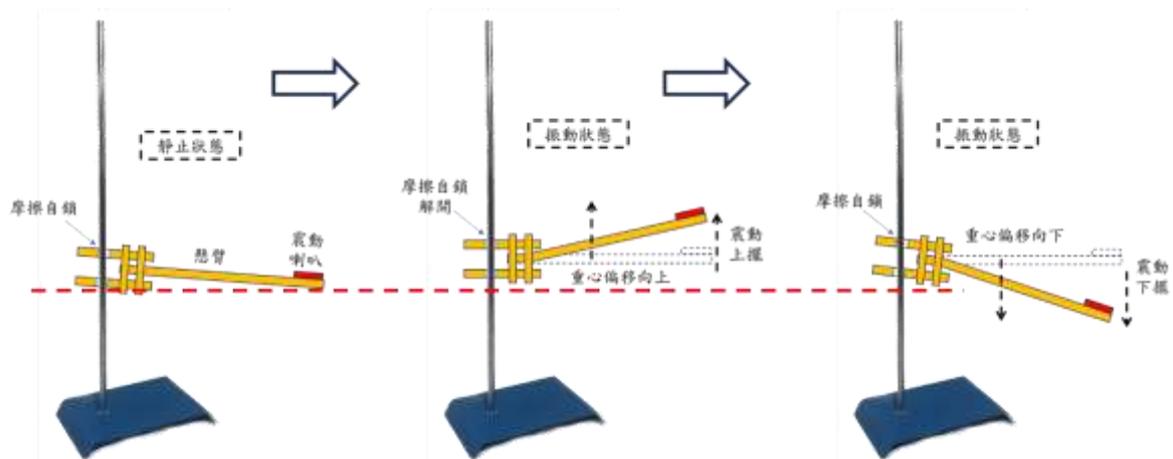


圖 4-1 啄木鳥解開摩擦自鎖後振動上升示意圖

3. 力矩（Moment）：

力矩是指讓物體產生轉動的能力。力矩的大小取決於力與垂直力臂，具有方向性。在啄木鳥玩具中，桿子懸掛出去部件的重力，對在桿子上的機構作力矩，力矩會造成轉動，但因為啄木鳥機構是套在固定桿上，無法旋轉，因此頂在固定桿上的啄木鳥機構會讓桿件產生一反作用力，因啄木鳥機構頂在桿件上的力成為摩擦力的正向力，讓啄木鳥機構因為摩擦力而不會直接下滑。

4. 波動與振動頻率（Wave motion、Vibration frequency）：

波是一種能量傳遞，振動可以造成波動，需靠介質傳遞的波叫做機械波，依振動方式又分為橫波（高低波）跟縱波（疏密波），振動頻率則是指一秒可以振動幾次，也就是一秒可以產生幾個波。在我們設計的第三代啄木鳥，我們將振動喇叭口朝上掛在懸臂自由端，造成對懸臂的上下振動，產生橫波（高低波）。懸臂傳遞振動造成的橫波到桿子處，造成摩擦自鎖可以暫時解開。在解鎖期間，懸臂擺動造成的重心偏移有機會讓啄木鳥往上升。

5. 位能（Potential energy）：

我們啄木鳥的在振動喇叭的振動下造成懸臂上下擺動，造成懸臂不停的形變與回復的彈力位能。而彈力位能在擺動期間造成重心偏移向上時轉換成動能爬升，條件是要在剛好摩擦自鎖解開的時候爬升，接著摩擦自鎖再度將啄木鳥固定，因此彈力位能也就順利轉換成重力位能。摩擦力決定移動時間點，振動頻率則影響時間差。

(二) 製作可以穩定控制變因的啄木鳥科學玩具探究歷程

1. 鋼絲啄木鳥

我們延續一年級獨立研究課程時的啄木鳥構造和製作方法。在學校的自造中心利用 3D 列印製作模具，控制螺距，孔徑大小。

困難點:

- (1) 無法固定施力大小
- (2) 使用模具，仍無法讓鋼絲維持固定的螺距與孔徑大小。(因為從模具取出時，會有變形的狀況。)

2. 曬衣夾啄木鳥

為改變此一窘境，我們參考了【動手玩科學】抖抖啄木鳥的構造，改變啄木鳥的造型。我們使用曬衣夾與塑膠尺簡化啄木鳥的構造，用曬衣夾的兩個孔洞取代螺旋，解決了固定螺距與孔徑大小的問題。在施力方面，我們使用

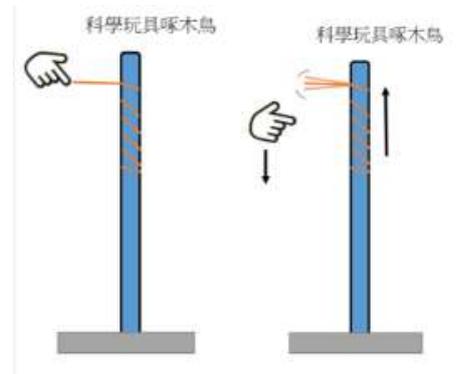


圖 4-2 鐵絲啄木鳥上升方式

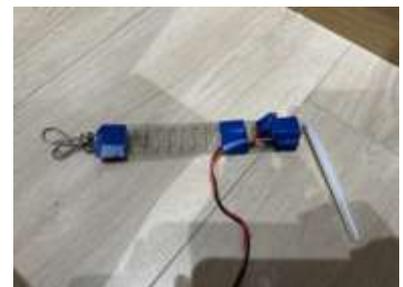


圖 4-3 曬衣夾啄木鳥

馬達加上熱熔膠條，利用不對稱的偏心軸產生振動，進一步帶動啄木鳥上升。並且以 PWM 脈衝調速器來控制輸入的電壓，控制馬達的轉速，達到控制振動強弱的目的。

困難點:

- (1) 曬衣夾的孔徑與孔距皆為固定大小，無法變更。
- (2) 曬衣夾無法提供足夠的施力支撐。
- (3) 在馬達的高速轉動下，熱熔膠條會融化，影響馬達振動的狀況，造成數據偏差。
- (4) 以 PWM 脈衝調速器控制電壓，當輸入電壓過低時，馬達無法運轉，並且我們無法了解輸入電壓與馬達轉速及振動的關係，導致數據無法量化。

3. 自造啄木鳥：

為了改進曬衣夾啄木鳥不容易進行變因控制的問題，我們設計出結構與曬衣夾啄木鳥相似的自造啄木鳥結構。我們利用學校自造中心機具製作以雷射切割自造啄木鳥，可以精準地控制自造啄木鳥的孔徑與懸臂長度，做出自造啄木鳥。

在施力的部分，為了精準控制施力大小，我們以市售的振動馬達與振動喇叭取代自製的偏振馬達施力機制，振動馬達與振動喇叭的應用說明如下：

- (1) 以振動馬達提供外力：我們在自造啄木鳥上安裝市售的振動馬達，並遙控訊號控制馬達，如圖 1-2-5。在這個方法中可以看到，啄木鳥迅速上升，達到我們想要做一隻可以穩定上升的啄木鳥科學玩具的研究目的。但此方法仍無法解決我們希望能控制馬達轉速與振動大小的目的。不過以市售的振動馬達搭配遙控器的自造啄木鳥科學玩具，在操作上相當有趣，有開發成市售商品的潛力!!



圖 4-4 搭配市售振動馬達與遙控裝置的自造啄木鳥

- (2) 以藍芽驅動振動喇叭提供外力：振動喇叭可以透過振動使接觸的物體發生聲響，這讓我們想到可以利用「手機物理實作 phyphox」APP 裡聲學的音調產生器來控制振

動的頻率。因此，我們在自造啄木鳥上安裝藍芽晶片連結振動喇叭，再以 iPad 運用藍芽，操作「手機物理實作」APP，控制振動的頻率與振幅大小。這樣的實驗裝置，可以讓我們針對想要討論的變因進行準確的控制。

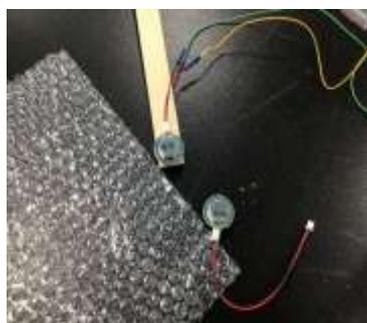


圖 4-5 搭配市售振動喇叭的自造啄木鳥



圖 4-6 實驗裝置圖

五、結論與生活應用

(一) 結論：

在本次探究實驗中，我們發現啄木鳥科學玩具向上運動的原理應與「摩擦力」造成的「摩擦自鎖」現象、「力矩」與震動馬達的動能轉變能啄木鳥懸臂的彈力位能，再轉變成啄木鳥「重力位能」有關。

在我們為了精確控制啄木鳥科學玩具，我們作了以下不同的設計並進行改良，歷代啄木鳥的優缺點敘述如下：

1. 鋼絲啄木鳥：製作最為簡便，但鋼絲結構難以控制施力和螺距。
2. 曬衣夾啄木鳥：改善了鋼絲啄木鳥不易控制螺距的問題，但因為曬衣夾孔徑不易改變與無法提供足夠的施力支撐。
3. 自造啄木鳥：利用雷射切割精確控制結構，未來可以改變結構(如孔徑、孔距、懸臂長)進行影響啄木鳥上升因素的探討。透過結合利用市售的振動馬達搭配遙控裝飾，能穩定控制運動；若是以藍牙驅動的振動喇叭，則能以 Phyphox APP 控制振動頻率與振幅，是最能穩定控制的啄木鳥。

(二) 生活應用：

我們也發現，向上運動的啄木鳥科學玩具可以有以下的用途：

1. 科學教育的教材教具：以往我們在獨立研究課程製作的啄木鳥，僅能以鐵絲繞螺旋

的方式，透過控制螺旋的鬆緊度、懸臂長度來探討這些變因對於啄木鳥往下滑落的速度的影響。我們的自造啄木鳥，除了能進行原本研究的下滑速度探究（孔徑與懸臂長對速度的影響），加入振動喇叭後，還能探討音源振動頻率與震幅的關係，未來也可加入更多變因，讓啄木鳥科學玩具更具趣味性，是一個非常有趣的教材。

2. 啟發工程設計的靈感：在這次的啄木鳥實驗中，我們發現啄木鳥可以沿著鐵桿垂直向上爬升，這啟發了我們對未來工程機械設計的想法。例如，在電力器材檢修時，通常需要使用雲梯車來搭載人員，未來或許可以利用類似啄木鳥的裝備來實現垂直上下，無需雲梯車。此外，在狹小空間內進行垂直移動與運送，或許也能借鑒啄木鳥的運動方式與結構。雖然這些應用還需要進一步研究，但透過這次實驗，我們看到了更多潛在的可能性。

參考資料

一、「小行星樂樂 TV」頻道。【動手玩科學】抖抖啄木鳥。

<https://www.youtube.com/watch?v=i8dmFOta3Cg>

二、王栢村（2019）。《振動噪音科譜專欄》「自然頻率」和「共振頻率」有差別嗎？。震動噪音產學技術聯盟。<https://aitanh.blogspot.com/2019/09/blog-post.html>。

三、吳宜恩、王立心、侯喻文（2019）。啄木鳥玩具大挑戰。嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會國中組物理科。

四、國民中學自然科學（二上）（2023）。第 3 章 波動與聲音 翰林出版社。

五、國民中學自然科學（二下）（2023）。第 6 章 摩擦力 翰林出版社。

六、國民中學自然科學（三上）（2023）。第 2 章 力與運動 翰林出版社。

七、國民中學自然科學（三上）（2023）。第 3 章 功與能 翰林出版社。

八、陳沛哲、陳韻如、涂喻涵、蔡晉源、許菁芸、侯云婷（1995）。啄木鳥跳跳緩降機。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會國小組生活與應用科學科。