

配合自然科學領域

材料玩科學：

衣架狂想曲

前言

衣架是日常生活中經常使用到的用品，通常做為晾曬、收納或懸掛衣物之用，有許多不同形狀、材質的衣架，而一般家庭常見的衣架是利用具有彎曲性、可定型的金屬材質彎曲製成，金屬外層包覆有 PVC 塑料，稱為「套塑衣架」。衣架特有的形狀與結構設計，能有效支撐並拉伸衣物，幫助保持衣物的整潔平整，避免出現皺褶或捲曲。

衣架，台語稱「衫仔弓（sann-á-king）」、「衫弓仔（sann-king-á）」或「衫仔架（sann-á-kè）」，英語原文為 hanger 或 coat hanger，意思是能將衣物懸掛的物體。1869 年美國康涅狄格省北英格蘭的 O. A. North 發明一個類似掛衣鉤的物件並獲得專利，可以算是最簡單的鐵線衣架，如圖 1；1903 年，美國 Timberlake Wire and Novelty 公司員工 Albert J. Parkhouse 將一條鐵線扭曲而發明現代衣架，形狀像是人的肩膀，晾曬或掛入衣櫃，成為首個真正關於鐵線衣架的專利，如圖 2。

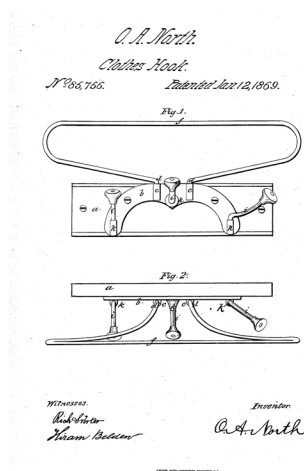


圖 1 O. A. North 發明的掛衣鉤

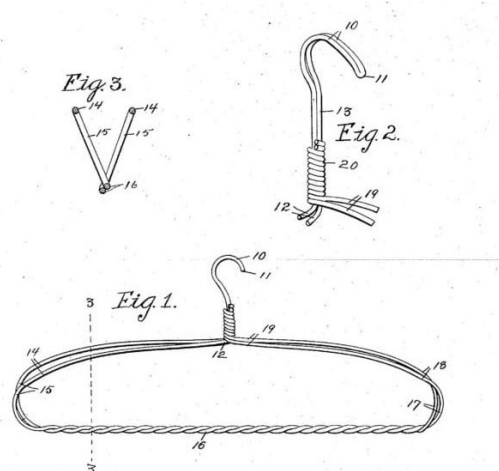
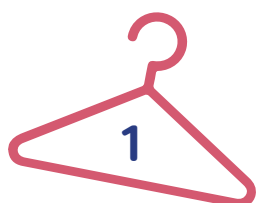


圖 2 Albert J. Parkhouse 發明的鐵線衣架

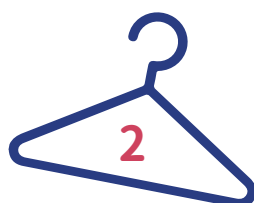
由於衣架價格便宜且容易取得，能透過簡單的施力加工而改變其形狀，因此網路上有不少將衣架改造成其他功能的影片，此一主題所設計的實驗便是以「衣架」作為主要材料，利用衣架的形狀、結構和材料改造成不同結構，進行各種科學原理的實驗探究。

【備註】此一材料玩科學的實驗主題除了作者自己的設計外，部分內容參考自謝迺岳老師的創意設計，在此對謝老師的指導表示感謝之意。



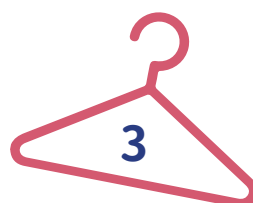
**衣架
聽診器**

P.4



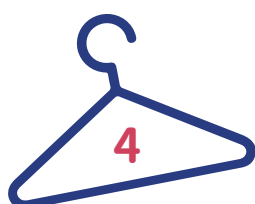
**衣架
天平**

P.10



**衣架
共振擺**

P.18



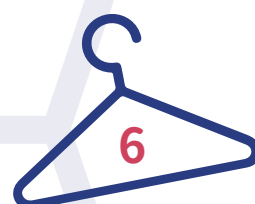
**衣架
十字弓**

P.24



**衣架
懸崖勒馬**

P.30



**衣架
跳蛛**

P.34

掃描 QRcode
觀看實驗操作影片



Contents

花架聽診器

(Ear Gongs)

高中配合章節

選修物理 CH1 波與聲音

技高配合章節

物理 A 5-2 聲音的發生與傳播
物理 B 9-4 聲波
物理 B 乙 9-3 聲波

科學 發展史

聽診器是一種醫學儀器，用以聆聽身體內的聲音，例如：心臟、呼吸及腸胃等等。

「聽診」這種看診方法早在千年前就已出現。古希臘的醫學之父希波克拉底斯（Hippocrates）就曾對病人使用過聽診法，不過當時還沒有任何器具輔助，而是直接將耳朵直接貼在患者胸口上、傾聽患者心肺的聲音。這種方法有技術限制且不衛生。然而，從古希臘時代一直到近代一千多年，這種聽診方法毫無進展。



圖1 以耳朵直接傾聽患者心肺的聲音

18 世紀一名維也納醫生利奧波德·奧恩布魯格（Leopold Auenbrugger）想到一種方法叫「叩診法」（percussion），因為人體的胸腔就像一個酒桶，只要敲敲它，就能產生共鳴，並以此判斷胸腔內到底有沒有液體。

1816 年，奧恩布魯格醫生的學生—雷奈克醫生（法語：René-Théophile-Hyacinthe Laennec）使用一根長長的捲紙管發明了第一個聽診器。當時一名年輕女子因為心臟問題前來看診，不過因為女子體態較為豐腴，雷奈克嘗試了間接聽診、叩診，都無法診斷女子到底得了什麼病。有一天他看到公園裡的一個小孩用大頭針刮著木條的一側，另外一側的小孩便可以清楚地聽到刮木頭的聲音，於是他便將紙捲成筒狀傾聽患者的心臟，突然發現胸腔的聲音比直接聽診更加清晰！不只是心臟跳動的聲音，甚至在胸腔內產生的所有聲響，都可以藉此方法聽清楚。



圖 2 使用筒狀紙捲來傾聽患者胸腔的聲音

之後，他設計出一個長 25 公分、直徑 3 公分的空心木圓柱，取名為「聽診器」（stethoscope）。後來聽診器逐漸改良成為現今常見的雙耳聽診器，雷奈克因聽診器的發明使得診斷出許多不同胸腔疾病，而被世人譽為「**胸腔醫學之父**」。

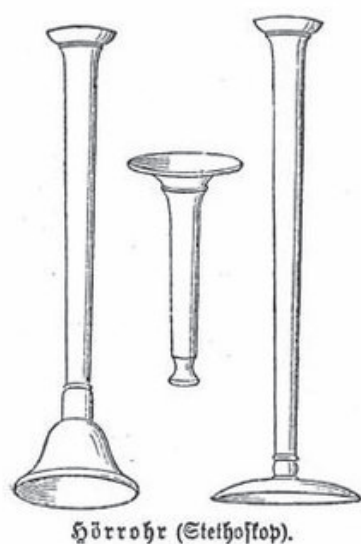


圖 3 早期的聽診器



圖 4 現代的聽診器

衣架天平

(mass balance)

高中配合章節

選修物理 I CH4 力與牛頓運動定律

技高配合章節

物理 B 4-2 牛頓運動定律

物理 B 乙 4-2 牛頓運動定律與平衡

實驗 原理

1. 力矩：

力矩 (torque) 被用來衡量一個力對一個特定點 (轉軸或者稱為支點) 所造成的轉動效應，其量值定義為力量值 $F \times$ 力臂 d ($\tau = Fd$)。

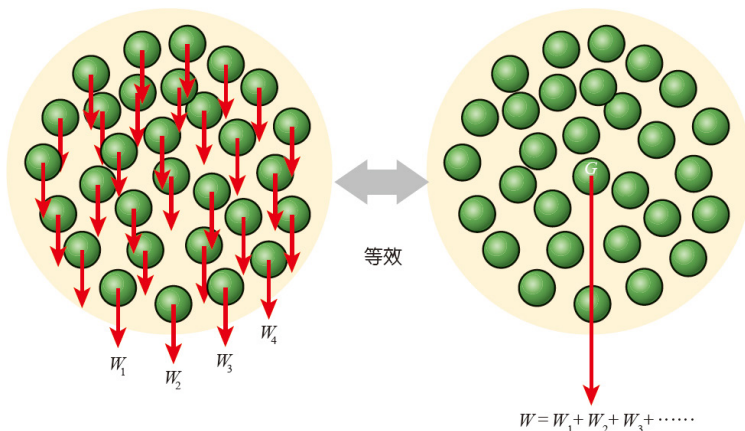
其中，力臂 d 定義為力的作用線到轉軸的垂直距離。力矩 是一種向量，其 SI 單位為牛頓·公尺 ($\text{N} \cdot \text{m}$)

2. 靜力平衡：

若一物體所受合力等於零 ($\sum \vec{F} = 0$)，物體移動狀態不變，我們稱此物體「移動平衡」；若所受合力矩等於零 ($\sum \vec{\tau} = 0$)，物體轉動狀態不變，此物體「轉動平衡」。若物體不移動也不轉動，我們稱此物體「靜力平衡」

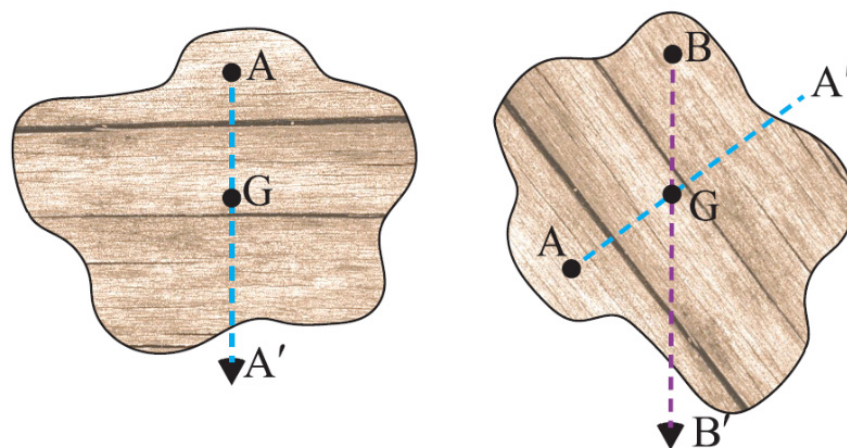
3. 重心：

物體可視為由多個質點所組成，組成物體的各質點所受重力的合力，即物體的「總重量」。一物體「總重量」的作用點，稱為該物體的重心 (center of gravity，代號 C.G. 或 G)。



4. 懸掛法：若物體的質量分布不均勻，或者形狀不規則，則可用此法來求重心位置。

- (1) 將細繩繫於物體任意位置上（A 點），則物體靜止平衡時，重心 G 在細繩過 A 點的延長線上。
- (2) 再將細繩繫於另一點（B 點），重心 G 亦會在細繩過 B 點的延長線上。
- (3) 由 (1)、(2) 兩步驟，可得重心在二次懸線延長的交點處。



實驗材料

材料包提供

套塑衣架
細棉線
螺帽
大迴紋針

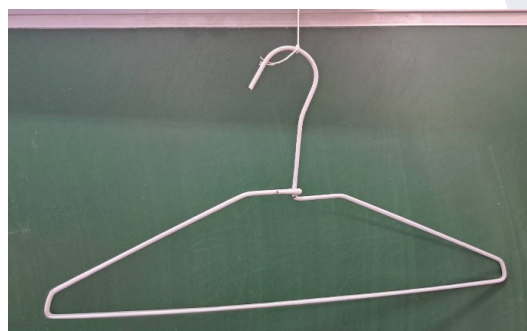
須自備器材

膠帶
奇異筆
剪刀

實驗步驟

【實驗 1】衣架的重心位置 利用懸吊法測量衣架的重心位置。

1. 取一段棉線 A 綁住衣架掛鉤，將衣架懸吊於某固定點，待衣架整體靜止後，此時棉線 A 的延伸線必定通過衣架的重心。



擺共振架

(Resonance pendulum)

高中配合章節

選修物理III CH1 波與聲音

技高配合章節

物理 A 5-2 聲音的發生與傳播

物理 B 9-4 聲波

物理 B 乙 9-3 聲波

實驗 原理

1. 單擺的週期：
擺是一種實驗儀器，最基本的擺由一條繩和一個錘組成。若繩和鉛直線有夾角 θ ，繩長為 L ，根據伽利略發現在小角度 ($\theta < 10^\circ$) 的單擺實驗中，在繩子質量不計的情形下，小角度單擺的擺錘來回擺盪過程近似簡諧運動，週期為 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，單擺的週期與擺錘質量、擺繩材質、擺角大小均無關，只與擺長、重力場強度有關。
2. 自然頻率：
當一個系統在沒有外力或是阻尼的情形下，會傾向於振盪的頻率，稱為該系統的「自然頻率」。每個物體都有其自然頻率，當外部振動等於或接近物體自然頻率時，能量便會疊加產生使得振動幅度增加。
3. 共振 (resonance)：
物理學上的「共振」指的是，若兩個或多個物體的振動頻率接近時，當一個物體開始振動，其他原本靜止狀態的物體會跟著一起做同步的振動。若多個物體原先的振動為不同步，則經過一段時間後，所有物體會趨於同步。

當共振發生時，自然頻率接近的系統之間透過介質彼此傳遞能量，促使不同的個體調整其運動與能量，使彼此的節奏與步調一致。

如果對某物體施加外力，外力的「**激振頻率**」(excitation frequency) 與物體本身的自然振動頻率相同，也會使物體的振動量越來越大，產生「共振」現象。例如旁人施力可以讓鞦韆越盪越高。除了盪鞦韆，共振現象的應用在日常生活相當普遍，例如：想吃樹上的水果，可以搖晃果樹，當搖晃的施力週期與果樹的自然振動週期吻合時，果樹就會越搖越劇烈，而使水果掉下來；軍隊在吊橋上行走時，如果步伐節奏統一並且與吊橋的自然振動週期相同，吊橋會越晃越大，甚至發生斷橋危險。

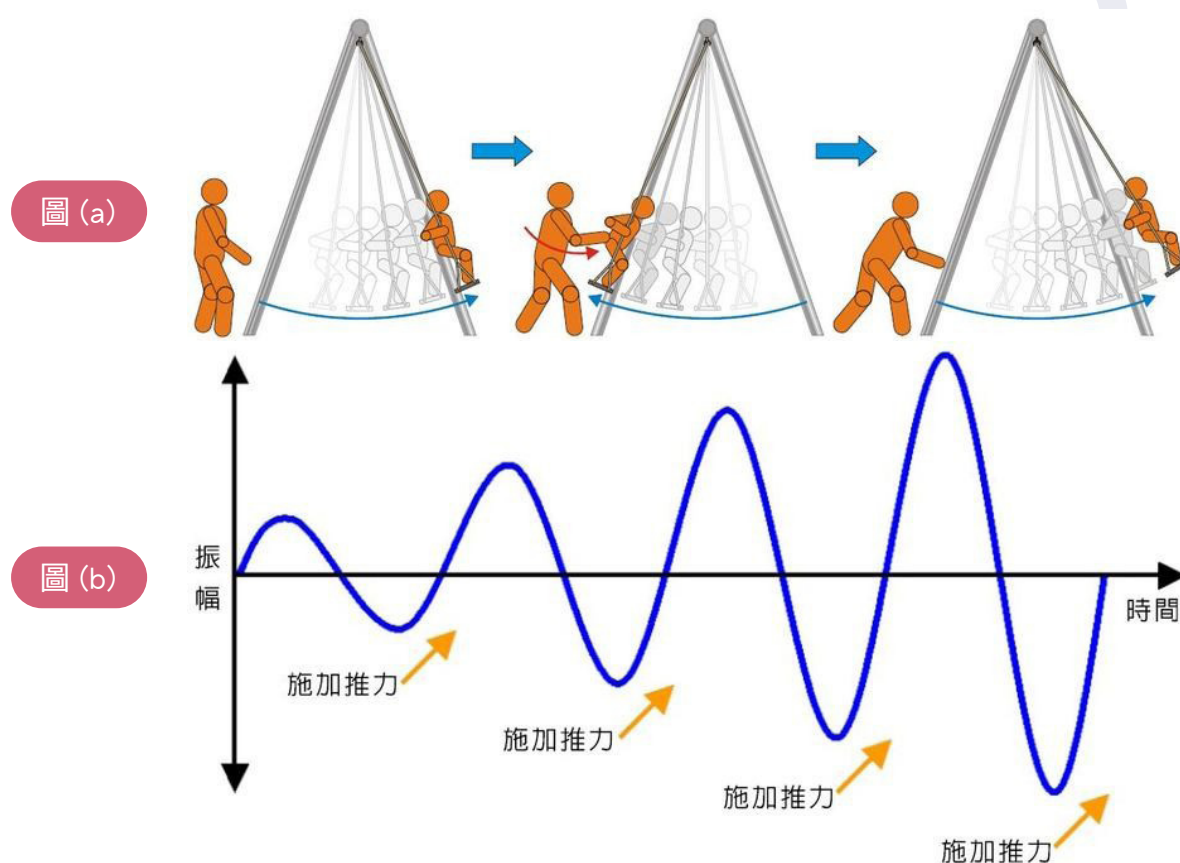


圖 1 (a) 每隔 3 秒施加一次推力，推力與鞦韆會形成共振
(b) 推力與鞦韆形成共振，鞦韆的振幅越來越大



實驗材料

材料包提供

套塑衣架
細棉線
螺帽

須自備器材

剪刀

花架十字弓

(Crossbow)

高中配合章節

選修物理 II CH1 力、運動與平衡
物理 (全) CH5 能量

技高配合章節

物理 A 2-2 力的作用
物理 B 5-2 力學能
物理 B 乙 5-2 力學能

文獻 探討

十字弓，又稱「弩」、「弩弓」、「窩弓」，是一種從弓演化而成的射擊兵器。十字弓在使用時可以先拉弦固定後，再進行瞄準射擊，所以對使用者的體能和技术要求都比較低，如圖 1，但箭矢裝填時間比弓長很多，卻比弓的射程更遠、殺傷力更強，而且命中率更高，在中國古代和中世紀歐洲是一種威力強的遠距離殺傷武器，威力甚至能穿透盔甲。



圖 1 古代士兵在戰爭中使用十字弓

傳統的十字弓主要由弓、弩臂和弩機三部分組成，如右頁圖 2。

- 弩臂：形狀類似一把槍，前端有個「容弓孔」，用來將弓固定於前端，讓使用者托持十字弓，調整發射的方向。
- 溝形矢道：弩臂上方有一個放置箭簇的溝槽，使發射的弩箭能沿著溝槽直線前進，增加弩箭的準確度。
- 弩機：位於弩臂後方，結構包括牙（勾弦）、望山（準心）、懸刀（扳機）、機塞、和樞軸五個部分。弩機匣內有掛弦的鉤，稱為「牙」；牙的下面連接有扳機。可以將弩弦固定於「牙」，待瞄準後再按下懸刀（扳機）釋放弩箭，增加射擊準確度。

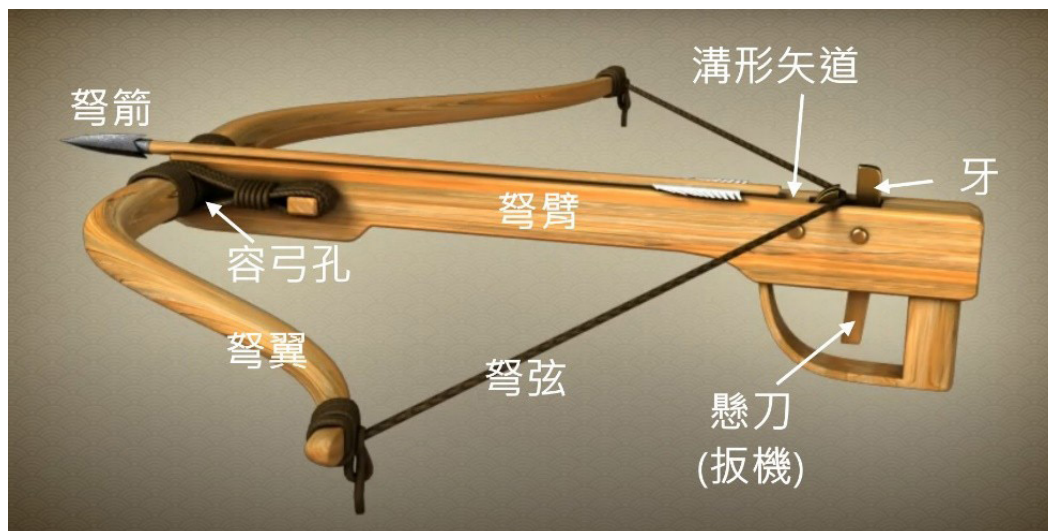


圖 2 十字弓的結構

實驗原理

本實驗利用衣架形狀類似十字弓，將衣架凹折變形後，裝上橡皮筋作為弩弦，利用橡皮筋拉長後的彈力作用於弩箭上，使弩箭射出，以簡單材料製作的科學教具，提升學習興趣。弩弦是由橡皮筋連結而成，而橡皮筋具有延展性，但橡皮筋的彈力常數並非定值，因此先以理想化的彈簧定性分析弩弦與弩箭飛行過程的運動物理量，再由實驗進行數據收集，討論橡皮筋作為弩弦的性質。

1. 彈力：

(1) 理想彈簧的連結方式包含串聯和並聯，若有 n 條彈簧連結，彈力常數為 k_1 、 k_2 、 k_3 ……，則連結後的等效彈力常數為

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{串聯 } k_s = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}} \\ \text{並聯 } k_p = k_1 + k_2 + k_3 + \dots = \sum_{i=1}^n k_i \end{array} \right.$$

由公式可知，彈簧串聯後的彈力常數會變小，並聯後彈力常數會變大。

花架跳蛛

(Salticidae)

高中配合章節

選修物理IV CH2 電流的磁效應

技高配合章節

物理 A 3-4 生活中的電流磁效應及其應用
物理 B 13-3 載流導線在磁場中所受的力及其應用
物理 B 乙 13-3 載流導線在磁場中所受的力及其應用

實驗 原理

1. 振動馬達 (vibration motor)，又稱為「偏心馬達」：

電動機 (electric motor) 俗稱馬達，是一種將電能轉換成力學能驅動其他裝置的設備。通入電流的線圈在磁場中受磁力作用而發生偏轉，磁力的方向可用右手（開掌）定則判斷，如圖 1。

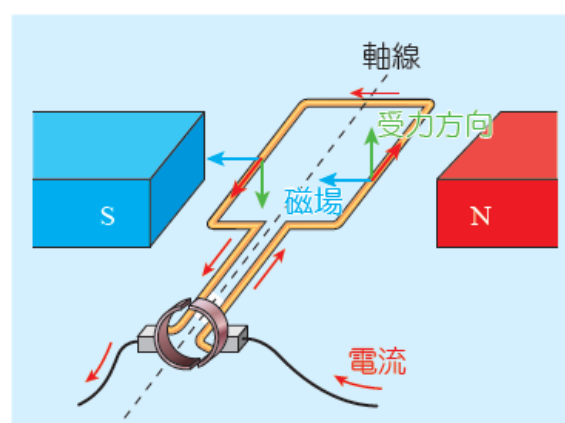


圖 1 電動機原理示意圖

若我們將手機設定為振動模式，當手機接收到來電時，手機會產生振動，因為手機內部裝有振動馬達，其原理主要是在馬達的轉軸裝上「偏心輪」，當馬達轉動的時候，偏心輪因為重心不在轉動中心上，使得馬達處於不斷的失去平衡狀態，偏心轉子會產生一個離心力，這個離心力使得馬達發生微小位移從而產生震動，此種馬達稱為「振動馬達」或「偏心馬達」。

目前市面上最常見的振動馬達分為三種：轉子馬達（ERM），線性馬達（LRA）和壓電馬（Piezo）。常見的應用為手機、電動牙刷、醫療器材、遊戲機、風扇、玩具、按摩器等。

轉子馬達可以將馬達的「轉動」轉換為「振動」，效果類似電風扇若有一個扇葉斷裂，則電風扇轉動時會因為扇葉的不平衡而不斷地抖動，如圖 2。

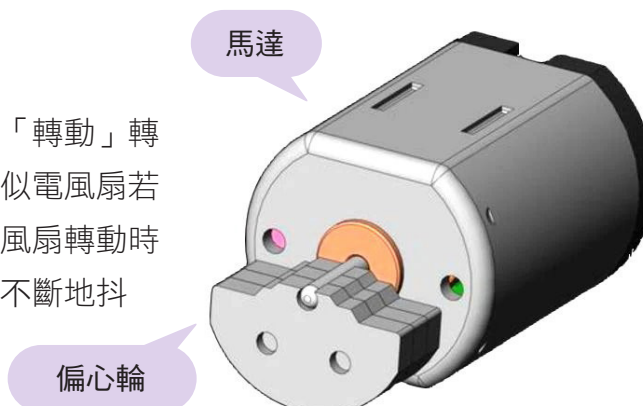


圖 2 轉子馬達示意圖

2. 衣架跳蛛的運動分析：

若將振動馬達與其他機械結構連結，還能將「振動」轉換「移動」。將「振動」轉換為「前後運動」或「轉動」的科學實驗相當多，例如：「動力橡皮筋」、「懸浮轉子」、「聽話螺旋槳」、「吸管風車」、「反轉魔石」等。

本實驗是將馬達轉軸接上一個「偏心軸」的裝置，再將整組馬達與衣架連接，衣架需凹折成所需形狀，類似長腳的蜘蛛，再加上振動馬達啟動後產生的振動效果，使得整組裝置產生振動，類似一種跳動前進的蜘蛛——跳蛛，故將此裝置稱為「衣架跳蛛」。

- (1) 若從衣架跳蛛的側面觀察，當振動馬達產生振動時，衣架對桌面產生斜向的作用力 F ，桌面對衣架產生的反作用力 F 就會具有垂直向上的分力 F_1 和水平方向的分力 F_2 ， F_1 使衣架跳蛛向上跳動， F_2 使衣架跳蛛水平方向移動，如圖 3。

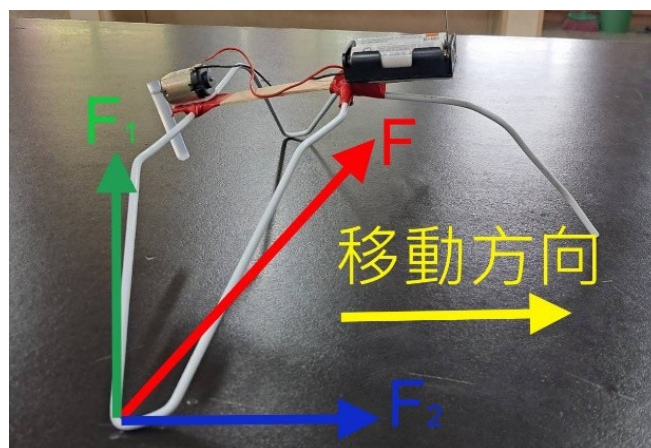


圖 3 由側面觀察衣架跳蛛



筆記頁

.....