

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：摩擦吧! 民俗技藝

一、摘要：

此作品探討民俗技藝「扯鈴」的力學，扯鈴有不少動作皆涉及到力學相關知識，且會因為招式的變換而運用到不同的物理原理。我們所探討的所有動作都會運用到「摩擦力」這項力學，並藉由實驗及電腦軟體「Adobe Premiere」進行假設與分析。

二、探究題目與動機：

從小就開始專研扯鈴，在國中階段結交了熱愛攝影的朋友，而他也被扯鈴的魅力深深吸引。到了高中時期，我們一起完成了許多與扯鈴相關的影片，並在過程中發現了扯鈴在物理上有現象可以討論，更在課堂中接觸到有關力量分解與分析的運用，因此渴望嘗試運用高中所教的物理知識來探討扯鈴之中的力學；究竟是怎麼樣的物理原理，作為了這項名俗技藝的基石，驅動了種種華麗的招式而令力量與美學完美結合。透過假設與設計驗證實驗，我們想要找出「運用在扯鈴之中的物理原理」並「分析其中的力量美學」。

探討主題為在扯鈴過程中的「摩擦力」，摩擦力是我們日常生活中一定會見到的物理現象，很多運動過程都無法避免掉摩擦力的探討，例如說：走路時因摩擦力方向向前使人向前移動、賣場常見的運輸帶、腳踏車車輪的運用...等等，一切都與我們的生活息息相關。

三、探究目的與假設

（一） 目的與發想：

在玩扯鈴的過程中，我們發現「定軸」(軸心固定的扯鈴)會因繩子的摩擦力大小不同而產生不一樣的結果。在過程中發現運用「摩擦力較大的繩子」時，扯鈴的轉速會有較大的提升，而對於不會讓扯鈴轉動的新手而言，是較為便利的。若使用摩擦力較小的繩子，扯鈴的轉速提升則並不會如此顯著。這也使得表演者會依據自身習慣與不同的花式動作，扯鈴種類不同而選擇不同的繩子來做花式演出。

（二） 假設：

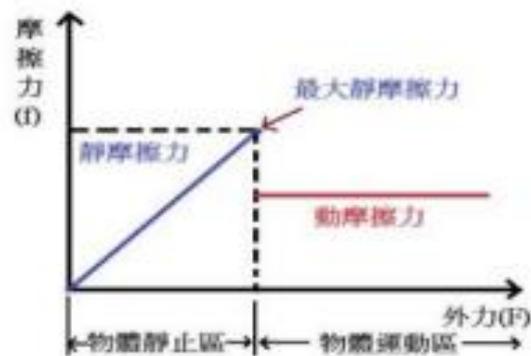
說明：使用兩條摩擦力不同的繩子來做此實驗，由摩擦力較大的強韌線（紅色），與摩擦力較小的尼龍繩（白色），來模擬此次實驗。

1. 假設摩擦力越大，扯鈴的轉速越快
2. 假設摩擦力越小，扯鈴的轉速越慢
3. 假設摩擦力越大，扯鈴的轉速越慢
4. 假設摩擦力越小，扯鈴的轉速越快

(三) 討論假設的成立性

1 摩擦力

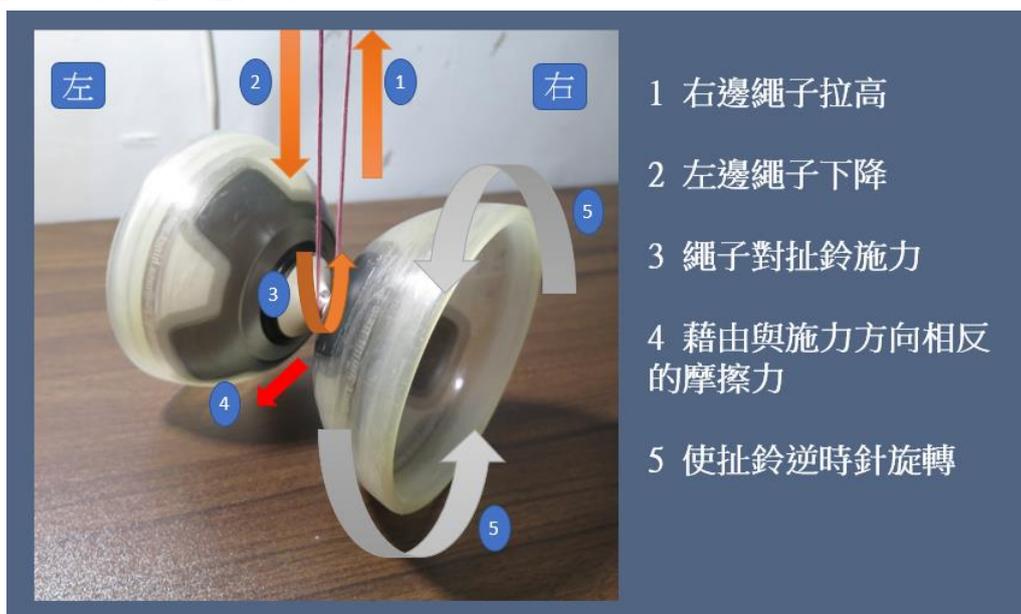
「兩個物體在接觸面上會產生阻止相對運動的作用力，這種作用力稱為摩擦力」。然而對於接觸面運動的物體，摩擦力必與接觸面運動方向相反，但並非是指會與物體運動方向相反。摩擦力可為物體運動中的阻力，但在生活中又有許多藉由摩擦力而使物體往前的例子，例如走路時對地面施力而摩擦力使我們向前，（2018-01-30 由易講堂）指出「因為人是向前走的，但是人的腳是向後蹬地，摩擦力阻止物體（腳）相對地面向後運動的趨勢」。又或是路上常見的自行車也是運用到此類概念。而摩擦力，又可分為靜摩擦力與動摩擦力，當物體超越了最大靜摩擦力後，將變成動摩擦力。



外力與摩擦力關係圖

(如上圖為網路資源 = 最大靜摩擦力與動摩擦力之關係)

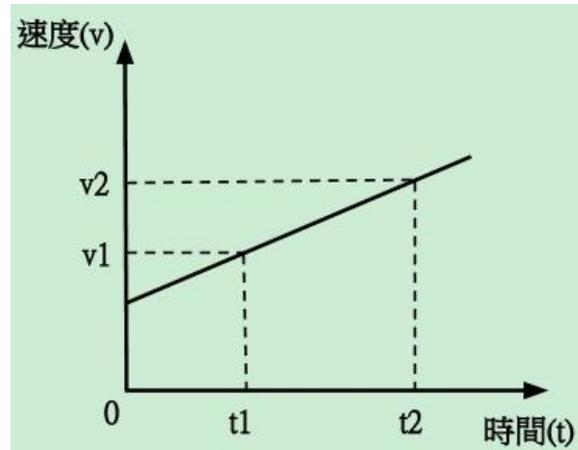
摩擦力依照 $F = N * \mu_k$ (摩擦係數) 的公式，我們得知摩擦係數越大，對於扯鈴轉速的提升有很大的幫助，因為受到的力也較大的原因。繩子施予扯鈴的力，以圖片的方式講解，為加速扯鈴時繩子施予扯鈴的力。



(如上圖分析：為創造者製作)

2 重力加速度

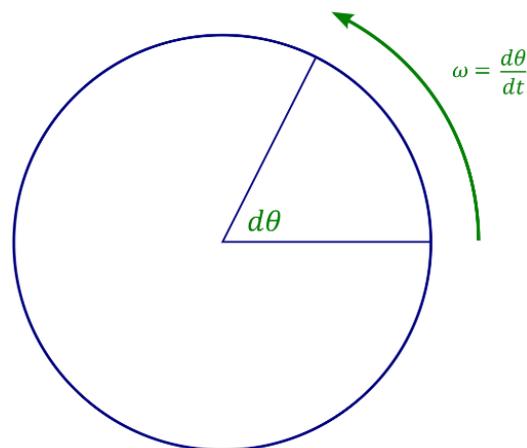
物體在地球被地心引力所吸引的力，會依 1u 在不同的地方而有不同的重力加速度 g ，但在地球上大多以 9.8m/s^2 或 10m/s^2 當作標準作為計算。加速度的定義為每秒鐘給予物體速度的值，因為如此，所以從空中丟下一物體，不受空氣阻力影響的條件下，物體掉落的速度均相等，而且會越來越快。



(如圖網路資源 = 為重力加速度與時間關係圖)

3 角速度

角度與時間的關係，在一秒鐘所繞的角度，且在向心力當中也有更多的運用。



(如圖為網路資源 = 角速度與時間關係圖)

4 統整結論與猜想

由上面各表得知，扯鈴轉動與摩擦力大小有關。故摩擦力越大的話，扯鈴的轉速應該要越快。但在這之中，也有受到重力向下而產生正向力 N 與摩擦力的關聯性密不可分，產生給予扯鈴的摩擦力，使扯鈴轉動的速度上升，角速度也跟著上升。

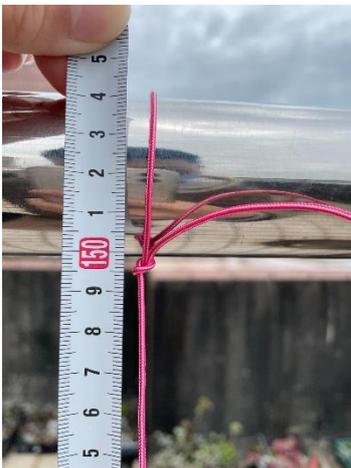
四、探究方法與驗證步驟

1 實驗設計過程

將繩子一端綁於高處，沿著地面將繩子向下拉，繩子與水平地面夾角為 45 度角，形成固定的特殊角（45 度，45 度，90 度），並將扯鈴由固定於高處同一點，繞一圈繩子，由高處沿著繩子向下滑落，過程中扯鈴受到重力向下拉的力，扯鈴因向下，而與繩子之間產生摩擦力，使扯鈴轉動。並在此之中設立一個黑色線段，測試扯鈴經過那一黑色線段後一秒所轉動的角度。使扯鈴以如下圖的方式讓他向下滑動，藉由地心引力向下拉扯，使扯鈴不必因為上方繩子的貼合必須考慮上方繩子給予的摩擦力（阻力）。在過程中我們也努力克服因力矩作用導致扯鈴受繞著繩子兩方的力向內作用產生的力矩，而使扯鈴產生歪斜作用，導致多次實驗失敗的困難。我們的解決方式是，測量扯鈴尚未完全歪斜時所轉動一秒的角度與判斷摩擦力大小不同的兩條線對於扯鈴的軌道有何不同。

2 實驗步驟與數據

(1) 第一步驟



(圖片來源:自行製作)

說明:確立高度統一為 150 度

(2) 第二步驟



(圖片來源:自行製作)

說明:確立繩子與水平面的角度為 45 度

(3) 第三步驟



(圖片來源:自行製作)

說明:確定整個裝置符合特殊角度

(4) 第四步驟



(圖片來源:自行製作)

說明:兩條線段在相同位置
標上黑色標記, 測試通過
黑色標記一秒內, 轉動角度

(5) 第五步驟



(圖片來源:自行製作)

說明: 因扯鈴由高處放下時,
會呈現如圖所示的樣子, 上半
段繩子不與扯鈴接觸, 只有下
半段繩子給予扯鈴轉動的力,
使得我們可以省略討論摩擦力
(阻力) 帶給扯鈴本身的作用

(6) 第六步驟



(圖片來源:自行製作)

說明: 將扯鈴繞一圈, 放置在最高點, 由最
高處放下, 並開始實測。

<實驗數據圖>

轉動角度	強韌線	尼龍繩
實驗一	8.50圈/3060度	7.75圈/2790度
實驗二	8.25圈/2970度	8.00圈/2880度
實驗三	8.75圈/3150度	8.15圈/2934度
實驗四	8.40圈/3024度	6.75圈/2430度
實驗五	8.50圈/3060度	7.55圈/2718度
平均	8.48圈/3052.8度	7.64圈/2750.4度

3 結論

由圖表得出結論，摩擦力越大會使的扯鈴的轉動圈數與角度越大。

五、結論與生活應用

1 雪地中的輪胎加裝鐵鍊，也是運用到使摩擦力增加，讓整個輪子不易打滑，車子也因此不會再因地板滑，而在雪中打轉，且無法向前。

2 操場上的田徑選手會在運動鞋腳底板加裝釘子，使自己在跑步時能夠藉由摩擦力獲得向前較大的力與較能抓穩地板，不使自己的腳打滑。

3 瓶裝飲料的瓶蓋上，會在瓶蓋上增設凹凸不平的紋路，使人在轉動瓶蓋時，能藉由摩擦力的幫助，順利打開瓶蓋。

4 鐘錶轉動時，因馬達給予轉動的力使他順時針選轉，但因中間軸承給予的摩擦力，會使鐘錶的時間產生誤差，故使用油讓時針分針轉動時，不因摩擦力消耗過多能量，使時間產生誤差。

5 清洗碗筷的菜瓜布，表面較為粗糙，運用摩擦力較大的關係，使碗筷表面髒污能被刷洗掉。

參考資料

(2018-01-30 易講堂)

<https://kknews.cc/zh-tw/health/5emopv2.html>

摩擦力圖 (楊宗賢 2021.8.3.) <https://sites.google.com/a/ntjh.ntct.edu.tw/phys-chem/001ke-wen-wei-rong-yao-dian/02guo-er-xia/021-6-3mo-ca-li>

角速度圖 (維基百科 2021 年)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A7%92%E9%80%9F%E5%BA%A6#/media/File:Angularvelocity.svg>

重力加速度圖 (楊宗賢 2021.8.3.)

<https://sites.google.com/a/ntjh.ntct.edu.tw/phys-chem/001ke-wen-wei-rong-yao-dian/03guo-sanshang/003-1-3jia-su-du-yun-dong>