

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組成果報告表單

題目名稱：磨力小馬
一、摘要
本實驗是利用一條棉線綁在木塊的最上方，然後透過砝碼拉動，使其運動，而當木塊進行運動後，可能會持續滑動停不下來或者停止。我們觀察在不同的因素下，木塊會停止的狀況，並且根據觀察結果來推測造成其木塊停止的因素及原因，我們本實驗改變的變因有木塊能支撐多少的砝碼重量，也就是木塊對砝碼的重量比值以及在木塊上棉線的長度。我們在不同條件下，利用手機錄影以及配合軟體 Tracker 等程式來探討木塊開始運動到停止的位置與時間的關係，再經由牛頓第二運動定律、動摩擦力公式結合推測及算出木塊的運動公式，並透過 Excel 推測出位置、速度及加速度隨時間變化的關係，將所推測出的理論值和實驗結果數據加以討論及探討其中關係，並建立有限制條件下的懸崖勒馬測定法-摩擦係數模型及其不確定度的探討。
二、探究題目與動機
在日常生活中我們很常忽略一些常見的科學，像是皮球為甚麼會越滾越慢?我們為甚麼可以走路?這些可能很多人都不知道，而都是因為摩擦力，當透過拉力使靜止的物體進行運動後，若在拉力不變的情況下，通常會覺得物體會持續不斷的運動，而在大多數的情況下動摩擦力都是小於最大靜摩擦力，因此若能超過最大靜摩擦力的拉力，就可以使物體能夠進行運動。但在高一時物理課的一項作業「製作一項科學玩具並解釋之」，我們在臺中教育大學的科學遊戲實驗室看到「懸崖勒馬」，在相同砝碼的拉動下木塊竟然會自行進行運動後停止，透過上網及書籍資料的查詢後，我們發現繩子的張力大小與方向及砝碼有狠打的關係，而我們也正好在學習運動學，因此便決定以此來做研究。這個實驗以高中物理為主，主要探討木塊對砝碼的重量關係、棉線綁在木塊上的長度對木塊運動造成的影響。
三、探究目的與假設
為了探討木塊為何會自行進行運動而後又停止，又有哪些的因素會影響繩子張力的大小?我們在實驗中的變因有木塊對砝碼的重量關係、棉線綁在木塊上的長度，以及使用到的理論有力平衡、力矩平衡、牛頓第二運動定律、最大靜摩擦力公式以及動摩擦力公式等。為了瞭解木塊的運動行為，故透過設計此實驗與 Excel 來討論其中的關係。
四、探究方法與驗證步驟
一、過程
1. 利用定滑輪:降低棉線所產生的摩擦力。
2. 使用高速攝影:拍攝木塊在不同變因下的運動情況。

3. 將影片以 Tracker 程式來取得木塊的運動軌跡。
4. 參考文獻並推導出木塊的運動方程式，以 Excel 程式計算，來得到木塊的運動軌跡之理論數據之間的關係。
5. 限制條件(與恰可啟動的距離)和懸崖勒馬測定法-動摩擦係數的誤差關係。

二、實驗數據的取得、計算與定義：

(一) 位置(X)與時間(t)

首先將影片匯入程式後，並將校正桿設定於 30 公分的鐵尺上，長度設定為 30公分。再來設定坐標軸的原點於定滑輪與棉繩接觸的最高點。接著將質點A標定在木塊的前端，然後開始取每一幀木塊前端的 x 數值。

(二) 位移量($\Delta X = X_n - X_{n-1}$)

以每一幀的 x 值減去前一幀的 x 值，即得木塊的位移量。

(三) 短時間內的平均速度($V = \frac{\Delta X}{\Delta T}$)

將木塊位移量除以每一幀的時間差，算得木塊在短時間之內的平均速度

(四) 等加速度運動的加速度($V = a \Delta t + V_0$)藉由速度與時間關係圖，求其斜率的大小，即得木塊的加速度

(五) 最大靜摩擦力(f_{smax})外力恰可拉動物體時的量值。

(六) 靜摩擦係數($f_{smax} = \mu_s N$)藉由最大靜摩擦力與正向力關係圖，求其斜率的大小，即得木塊與切割墊間的靜摩擦係數。

(七) 動摩擦係數($f_k = \mu_k N$)藉由動摩擦力與正向力關係

四、實驗變因：

(一)實驗一:懸涯勒馬測定法-靜摩擦係數(恰可啟動條件)

控制變因:

接觸面的材料	木塊與切割墊
砝碼質量	100 公克
綁線的高度	9.5 公分

操作變因:木塊與其負重的總重量：286、306、326、346、366、386(公克)。

(二) 實驗二：懸崖勒馬-木塊與砝碼的重量比值

控制變因：接觸面的材料、綁線的高度

操縱變因：木塊重量與砝碼重量的比值：2.66、3.06、3.46、3.86。

(三) 實驗三：懸崖勒馬-綁線的高度控制變因：

操縱變因：綁線的高度：5.5、6.5、7.5、8.5、9.5

接觸面的材料	木塊與切割墊
木塊與負重的總質量	386 公克
砝碼質量	100 公克

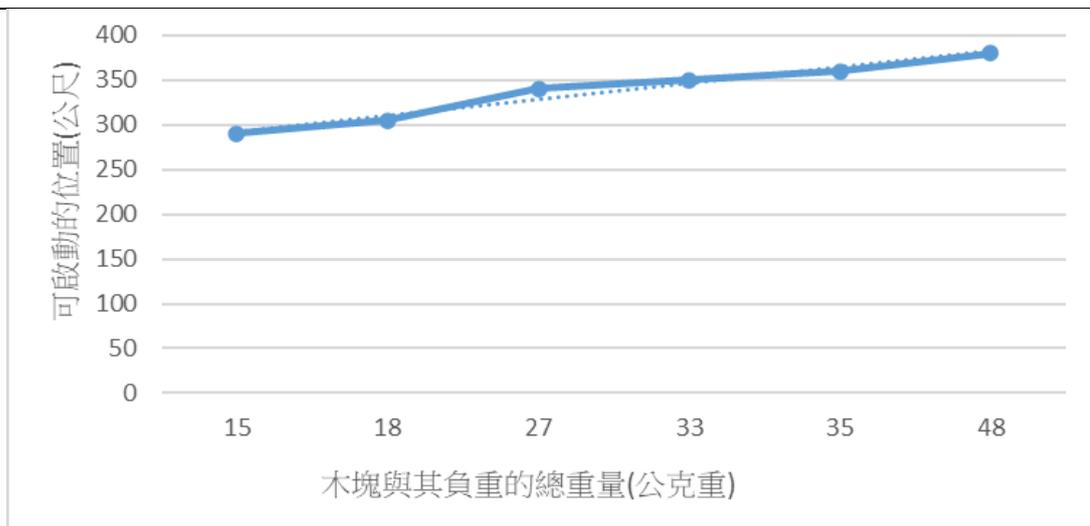
(四)實驗四:懸涯勒馬測定法-開始運動位置與動摩擦係數

接觸面的材料	木塊與負重的總質量	綁線的高度	砝碼質量
木塊與切割墊	386公克	9.5公分	100公克

操縱變因：啟動位置：46、50、54、58、62、66、70。(公分)

五、結論與生活應用

三、懸崖勒馬測定法-靜摩擦係數(恰可啟動條件)-砝碼重相同改變木塊的負重



圖一

圖一為使用懸崖勒馬測定法，所得木塊恰可啟動的位置-木塊總重關係圖。由(圖十七)可以觀察出木塊其負重的總重量越大，則恰可啟動的位置就越遠。

參考資料

一、書籍：

(一)普通高級中學基礎物理(二 B)上冊,南一出版社。

(二) Calculus A Complete Course, Robert A. Adams, FIFTH EDITION.

二、網站：

(一) 台中教育大學科學遊戲實驗室：scigame.ntcu.edu.tw/power/power-029.html。

(二) 維基百科-測量不確定度 https://en.wikipedia.org/wiki/Masurement_uncertainty。

三、Youtube

(一) 遠哲科學趣味競賽 2013 懸崖勒馬 https://www.youtube.com/watch?v=sB8R1y2Xo_0。

