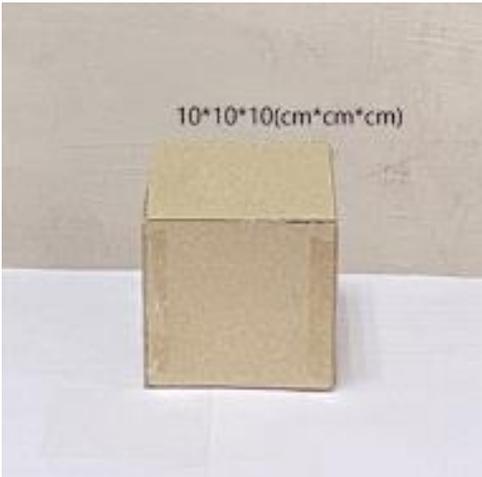
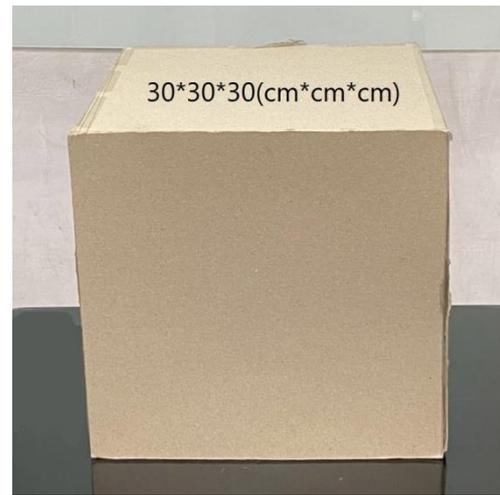


2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

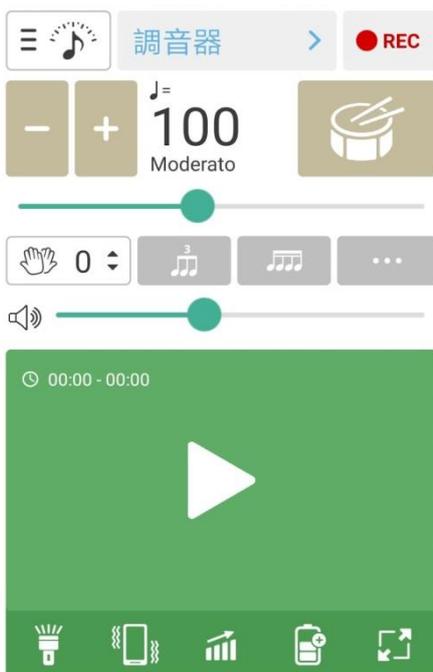
普高組 成果報告表單

題目名稱： 在「結」難逃-充電線打結機率之探究	
一、摘要	
本文章研究不同長度的線在不同空間和質量下打結的難易程度。實驗使用自製的紙箱，在固定的 100 下/min 的頻率下搖晃紙箱紀錄打結次數。結果顯示在長度不長的情況下空間越小越容易打結，且大致呈線性關係。質量則對打結的情形影響不大。	
二、探究題目與動機	
現代人的生活離不開手機，當手機沒電的時候人們會產生焦慮，為了避免焦慮我們常常需要同時攜帶手機和充電線，在攜帶的過程中我們發現很容易打結造成困擾，上網搜尋後我們發現耳機的打結有不少相關的討論，但充電線與耳機的不同在於只有單邊配重，所以我們利用黏土配重，探討充電線在不同空間中打結的機率。	
三、探究目的與假設	
探究目的:研究不同長度的線在不同空間中打結的情形。 假設一:長度越長越容易打結，因為越長的線穿過圓圈的機會增加。 假設二:空間越小越容易打結，因為空間小，線因為搖晃穿過圓環的機會增加。	
四、探究方法與驗證步驟	
(一)探究方法 (1)：自製三個不同大小的紙盒如下圖:	



(2)要測試的線用繞圓形的方法放入紙盒，下圖：

(3)開啟手機節拍器 APP、計時器，固定 100 下/分鐘的搖晃頻率，一次搖晃 30 秒。



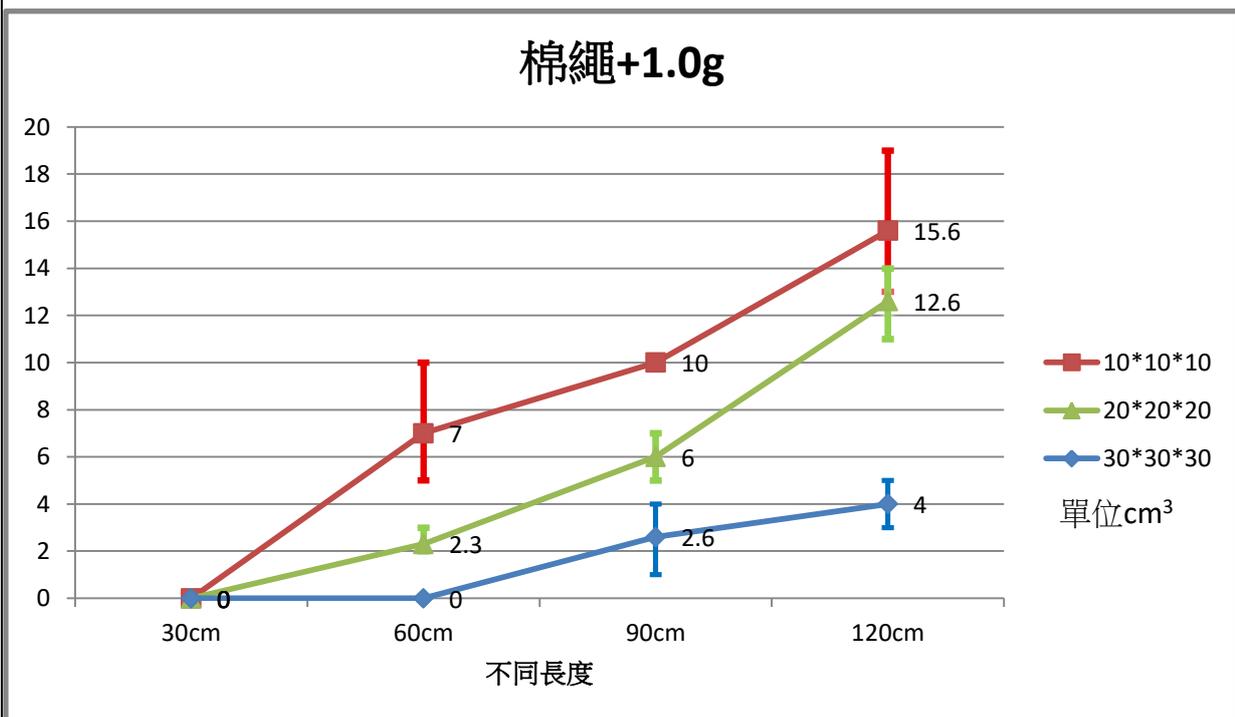
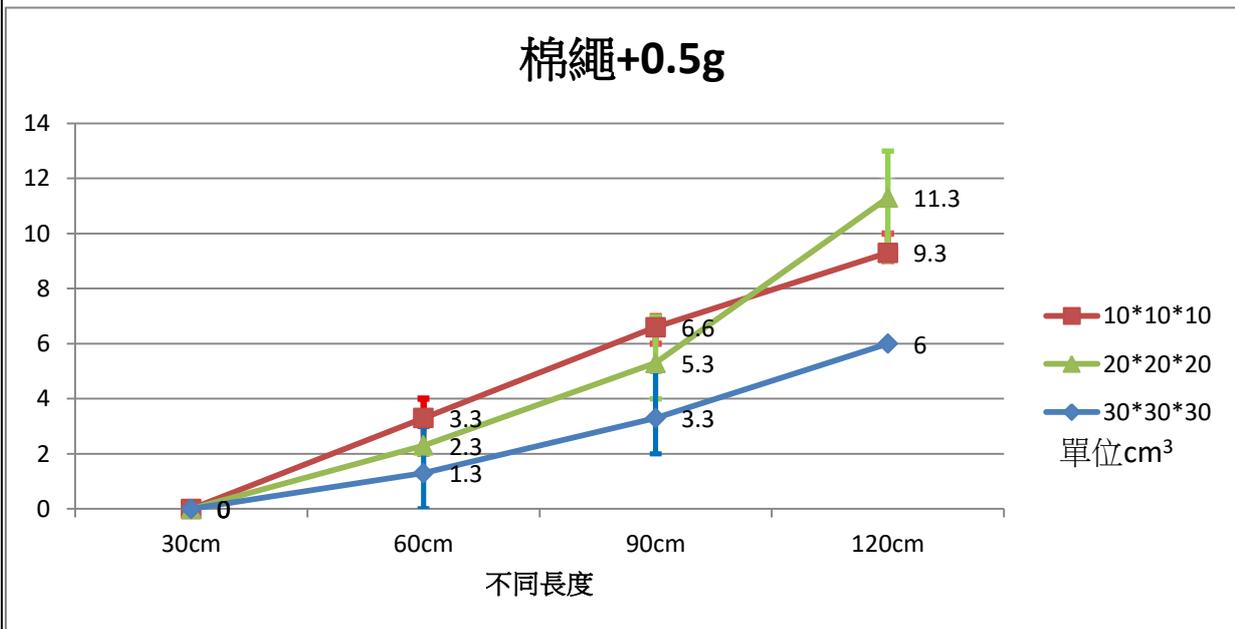
(4)拉住線的尾端將線取出紙盒，觀察線材有幾個結。

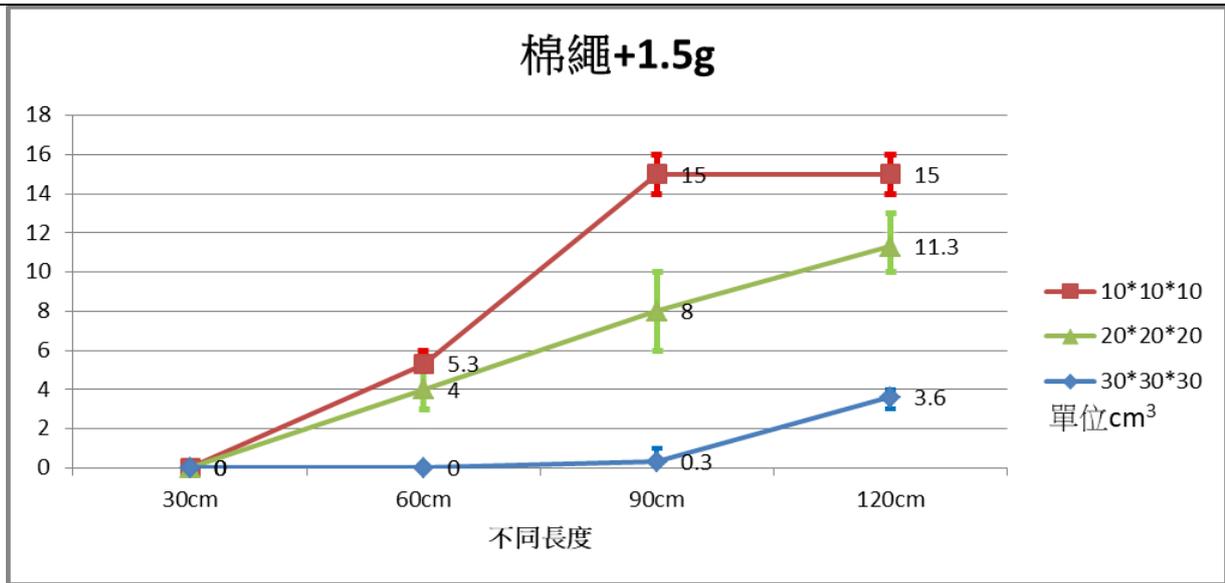
(5)打結的判斷：拉住線的尾端，判斷是否有結的產生。另外，我們根據解開的難易度來判斷打結的複雜度，每解開一次紀錄為「一個結」。

(二)實驗結果

(1)長度越長打結數越多

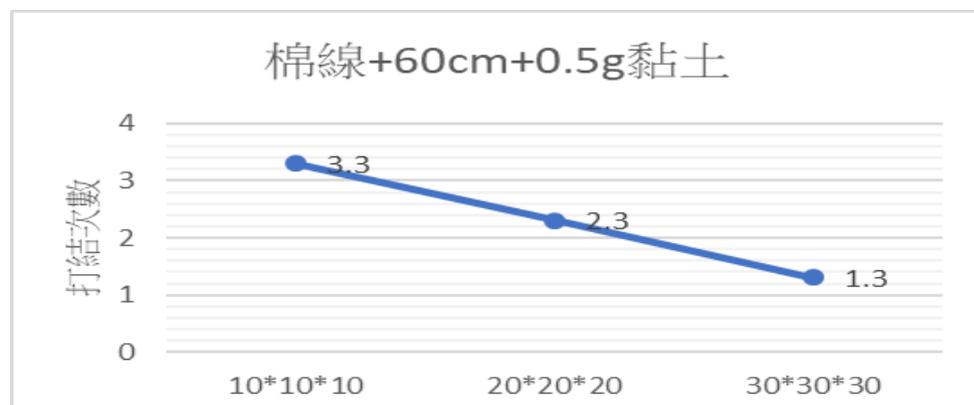
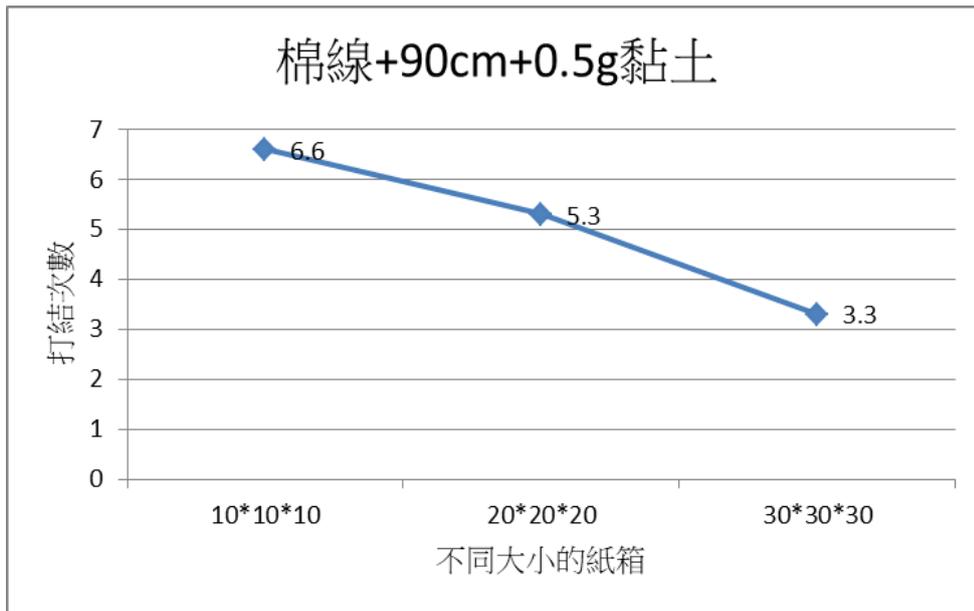
在頻率 100 次/min 下振動 30 秒，振動空間為 10cmx10cmx10cm，20cmx20cmx20cm，30cmx30cmx30cm 的紙箱、重量為 0.5、1.0、1.5 公克的黏土不含線材重，圖中數據點為相同條件下實驗三次的平均打結數上下限為誤差，發現線材長度越長，打結數越多，平均打結數大致呈線性關係，而 30cm 的線較短，穿過圓環的機率較小所以幾乎沒有打結的情形發生。





(2)空間越小越容易打結

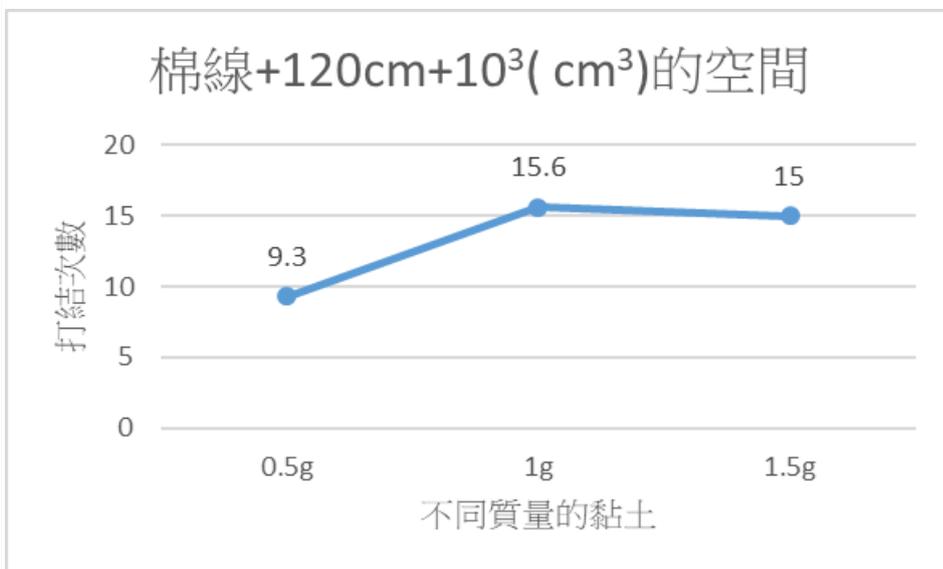
將含有 0.5 克黏土的 60cm 和 90cm 長度繩子平均打結數取出進行分析如下



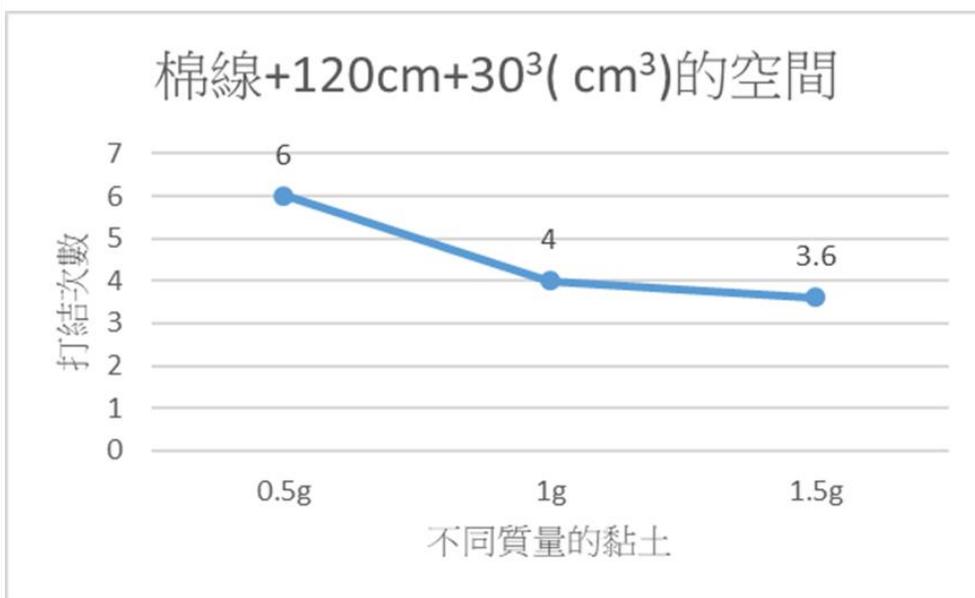
在頻率 100 次/min 下振動 30 秒，振動空間為 10cmx10cmx10cm、20cmx20cmx20cm、30cmx30cmx30cm 的紙箱，重量為含有 0.5 公克的黏土的線材，上兩圖中數據點為相同條件下實驗三次的平均打結數，發現空間越小，打結數越多，且大致呈線性關係。

(三)不同質量的黏土對打結數沒有明顯趨勢

接著我們取出不同黏土質量的數據進行分析



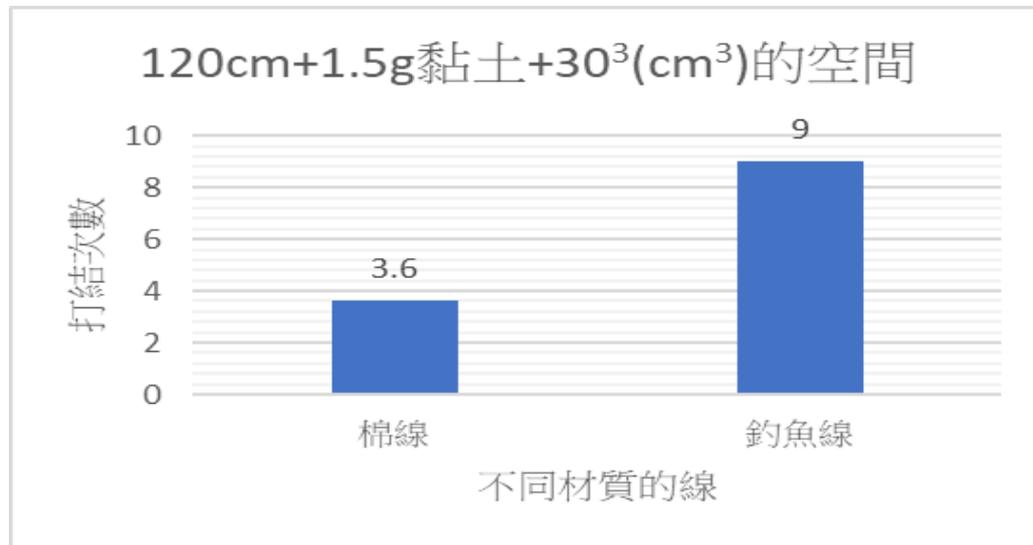
在頻率 100 次/min 下振動 30 秒，振動空間為 10cmx10cmx10cm 的紙箱、重量為 0.5 公、1.0 克、1.5 克的黏土(不含線材重)，圖中數據點為相同條件下實驗三次的平均打結數，發現打結數與質量沒有明顯的趨勢，在 30cmx30cmx30cm 的紙箱中重複實驗也是如此。



(四)不同線材對打結數的影響

接著我們嘗試使用不同線材進行實驗

在頻率 100 次/min 下振動 30 秒，振動空間為 30cmx30cmx30cm 的紙箱、重量為 1.5 公的黏土(不含線材重)，發現棉線較不容易打結，推測可能與線材的摩擦係數有關。



五、結論與生活應用

一、結論

- (1)在固定頻率和時間下搖晃紙箱，長度越長的繩子越容易打結。
- (2)在固定頻率和時間下搖晃紙箱，空間越小越容易打結。
- (3)在固定頻率和時間下搖晃紙箱，線頭質量和打結數沒有明顯關係。
- (4)在固定頻率和時間下搖晃紙箱，打結程度與線材的摩擦係數有關。

二、生活應用

生活中容易打結的東西很多，例如常用的充電線和耳機，如果經常打結容易增加耗損的機率，確實了解打結的機制和原因有助於我們減少損耗。

三、未來展望

生活中容易打結的東西還有項鍊、手鍊、鞋帶，都是我們未來可以進行探究的方向。

參考資料

- 1、Spontaneous Knotting of an Agitated String[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America(USA)
- 2.線材自發打結的物理機制 2020(中國)
- 3.怎樣降低耳機打結的機率 2010(金門國中)