

屏東縣第64屆國中小學科學展 覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：【筒筒】直立起來

關 鍵 詞：動能、位能、作用與反作用力（最多三個）

編號：A2020

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

作品名稱：『筒筒』直立起來

摘要

我們學完力的運動單元之後，老師給了我們這個遊戲—如何讓筒子直立站起來。經由老師的表演，大家都非常驚訝，而躍躍欲試，想要理解筒子是怎麼站起來的原因，也要探索找到最佳的高度，進一步和同學比賽。我們分組進行探究，分別有(1)筒子的材質 (2)筒子的長度與掉落高度關係 (3)筒子落下的地板材質。

老師鼓勵我們進行相關實驗，從研究的結果中發現，筒子的直立受到幾個方面的影響：

- (1)不同材質的筒子，放手的高度會有不同。
- (2)筒子的長度與掉落高度的比例最佳是 1:1
- (3)地板材質部分，硬度越大者，反彈作用力大，放手的高度越低；反之，則越高。

總之，想讓筒子直立站起來要考慮的因素真的很多，可以更深更廣的探究。

壹、 研究動機

課間活動時，自然老師展演一種簡易的材料(塑膠 PVC 管)，卻引發我們的質疑，甚至愛不釋手的玩起來。因為老師用了一段圓形中空的筒(管)子，橫著或直立著拿好後放手，讓筒子自然地往下掉到地板上，經過幾次的展演後，大部分結果是筒子應聲直立站起來。沒想到全班在老師的分組進行繼續試驗。為了理解影響它的直立原因有哪些？還有，可以改變哪些操縱變因，讓筒子可以更容易直立站起來？都是我們想知道的。因此，我們與老師共同討論後，進一步想看看可以做哪些實驗來驗證我們的想法，而開始進入探究。

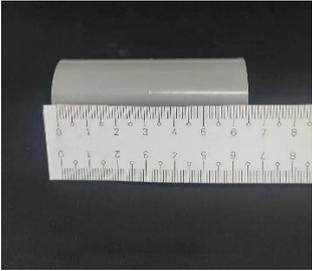
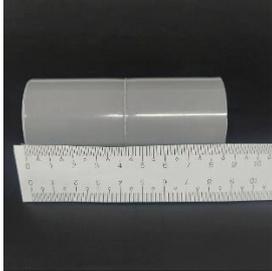
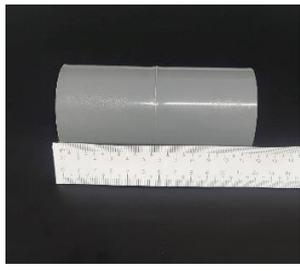
貳、 研究目的

- 一、探討不同長度的筒子，能夠直立的高度有何差異？
- 二、探討不同材質的筒子，能夠直立的高度有何差異？
- 三、探討不同材質的桌面，對於筒子能直立的高度有何影響？
- 四、探討能否找出最佳高度及最佳材質？

參、 研究設備及器材

材料：塑膠 PVC 水管(尺寸:6cm、8cm、11.5cm)、洋芋片罐短*3、洋芋片罐長*3、鐵製直尺 30cm*3、捲尺*1、木頭實驗桌、磁磚地板、紙尺 40cm*3、強力磁鐵*8、塑膠長方形盒*3、

表 1 研究設備、道具及器材一覽表

塑膠 PVC 水管 6cm	塑膠 PVC 水管 8cm	塑膠 PVC 水管 11.5cm
		
洋芋片罐 短	洋芋片罐 長	鐵製直尺 30cm
		
捲尺	木頭實驗桌	磁磚地板
		
刻度尺 40cm	強力磁鐵	塑膠長方形盒
		

肆、 研究過程或方法

一、 文獻探討

為了瞭解實驗中的相關概念，我們分組找了一些與力學及能量轉換的知識；另外，會有本次的實驗設計與想法，是老師上課時延伸的科學遊戲活動，資料來源是國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系之科學遊戲實驗室的例子做成的延伸題目。以下就相關名詞與概念進行理解與探討：

(一) 勢能(位能)、動能

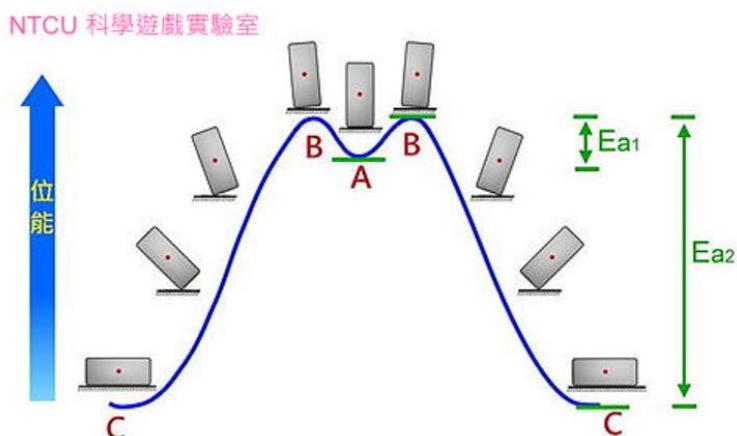
位能物理意義指的是當物體從高位能處來到低位能處時，該物體位能減少，而保守力向外作等量功使其它某種能量增加。如，放在高處的物體相比放在放在低處的物體而言具有更多的重力位能，當它從空中向下墜落的時候，重力位能減少，轉化為動能；而當它沿粗糙斜面下滑時，重力位能同時轉化為動能。(維基百科) 本實驗中的筒子掉落就是位能轉換成動能的一種現象。

(二) 作用與反作用

物體 A 對物體 B 施力時，物體 B 也必定會產生大小相同的力施加於物體 A(物理大圖鑑，2021)。這時，兩力的方向相反，如游泳選手於泳池轉身時，腳踢蹬池壁，則持必會產生強度相同但方向相反的力作用於選手。本實驗中，筒子經控制的高度掉落地面時也與不同桌面產生作用與反作用的定律。

(三) 筒子自動站立的原理

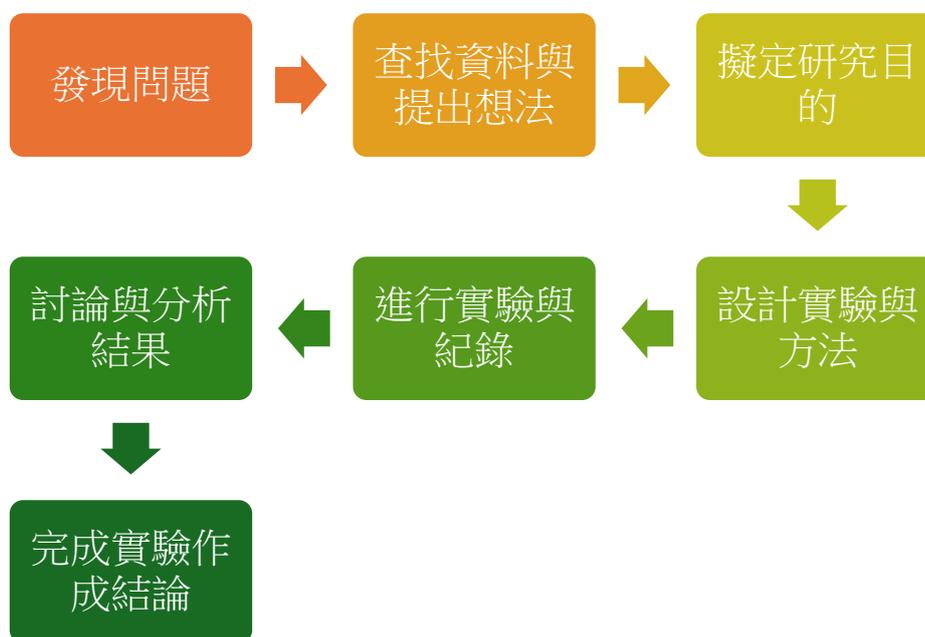
許教授在書中(玩出創意 4，2021)說明了筒子直立的原理。如右圖所示筒子以直立的方式自由掉落，變化過程是 A→B→C，此過程由實驗結果可以證明，筒子最後總是停在 C，也就是平躺著，不會



停留在 A (直立)，以直立的方式讓筒子自由掉落，無法讓筒子保持直立。如果筒子以水平的方式自由掉落，則變化過程是 C→B→A，最後停留在 A 時，筒子就可以直立了。我們的研究將許教授的主題做進一步延伸與探討，一方面期望藉由變因的操控，得出我們想要的結果；一方面也希望去發現更多有趣、值得探究的科學現象。

二、 研究流程設計

在做研究之前，老師給我們參考書籍(許良榮,2021)，了解目前已完成過的相關實驗，除了從書中理解他人的實驗結果，得知筒子會直立的相關概念後，我們想進一步改變筒子的材質、粗細、大小等因素，並加入作者的建議:桌面的材質等，幫助我們構思此次實驗的目標。接著我們分成小組，設計不同的實驗控制變因，與擬定操作變因，準備所要實驗的材料，並以自然教室為本次實驗之地點 進行實驗，輔以尺、平板及設計紀錄的表格，記錄整個實驗過程，最後由老師與同學就實驗結果之數據提出分析、作出結論完成實驗結果。研究步驟如下圖 1 所示：



三、 研究實驗設計

首先，因為一般日常生活中能看到的筒子形狀的材料很多，如木頭、玻璃、鐵鋁……等不一而足，另一方面要能均勻材質的筒子雖然多，但形狀、材質不容易找到，所以我們選擇市面上容易購買到的、又較不容易摔壞的PVC管及洋芋片罐，且在水電材料行和一般商店就有粗細、長短不一的樣式，可提供我們的實驗材料。而根據參考文獻，我們假設影響筒子直立的因素，以下是我們分成兩小組的實驗設計：

(一)實驗說明：我們想利用PVC管及洋芋片罐兩種材質不一樣的筒子，分別進行測量，看看筒子的長度直立和掉落高度的關係。另我們利用學校的木質實驗桌及地板(磁磚)兩種材質不一樣的筒子，分別進行測量，看看筒子的直立和接觸面的材質關係。

(二)實驗步驟：所以我們設計幾個高度來分別測試：

1. 取6cm、8cm、11.5cm三種長度不一樣的PVC管；取市售的短版與長版兩種洋芋片罐。
2. 分別以筒子長度的1/2倍、1倍、1.5倍及2倍，做為掉落的高度來進行測試。
3. 分別在不同材質的桌面進行實驗。
4. 以甲、乙兩組學生分別進行實驗。

(三)紀錄表格：以下分別是PVC管及洋芋片罐的實驗紀錄表格

項目 PVC管長度	0.5倍 PVC長	1倍 PVC長	1.5倍 PVC長	2倍 PVC長
6CM	0/50	9/50	27/50	4/50
8CM	0/50	34/50	10/50	3/50
11.5CM	0/50	17/50	14/50	7/50

項目 PVC管長度	0.5倍 洋芋片罐長	1倍 洋芋片罐長	1.5倍 洋芋片罐長	2倍 洋芋片罐長
15CM	1/50	23/50	18/50	6/50
20CM	0/50	15/50	10/50	3/50

項目 PVC管長度	0.5倍 PVC長	1倍 PVC長	1.5倍 PVC長	2倍 PVC長
6CM	2/50	19/50	17/50	11/50
8CM	0/50	22/50	10/50	2/50
11.5CM	0/50	31/50	9/50	4/50

項目 PVC管長度	0.5倍 洋芋片罐長	1倍 洋芋片罐長	1.5倍 洋芋片罐長	2倍 洋芋片罐長
15CM	4/50	28/50	19/50	5/50
20CM	0/50	24/50	13/50	7/50

說明:表格中，OO/XX數值的代表意義：OO是直立的數量，XX是掉落的次數。

伍、 研究結果

我們將實驗後得到的數據轉換成百分比，作為成功率。如下圖所示，將橫放的筒子以手持方式停於設定的高度，接著將手放開，讓筒子自然掉落，如果直立起來便是成功。

		
手持橫放的筒子	放手讓筒子自然掉落	筒子直立起來
		
手持橫放的筒子	放手讓筒子自然掉落	筒子直立起來
		
PVC 管在地板上操作情形	洋芋片罐在地板上操作情形	

以下是我們得到的結果：

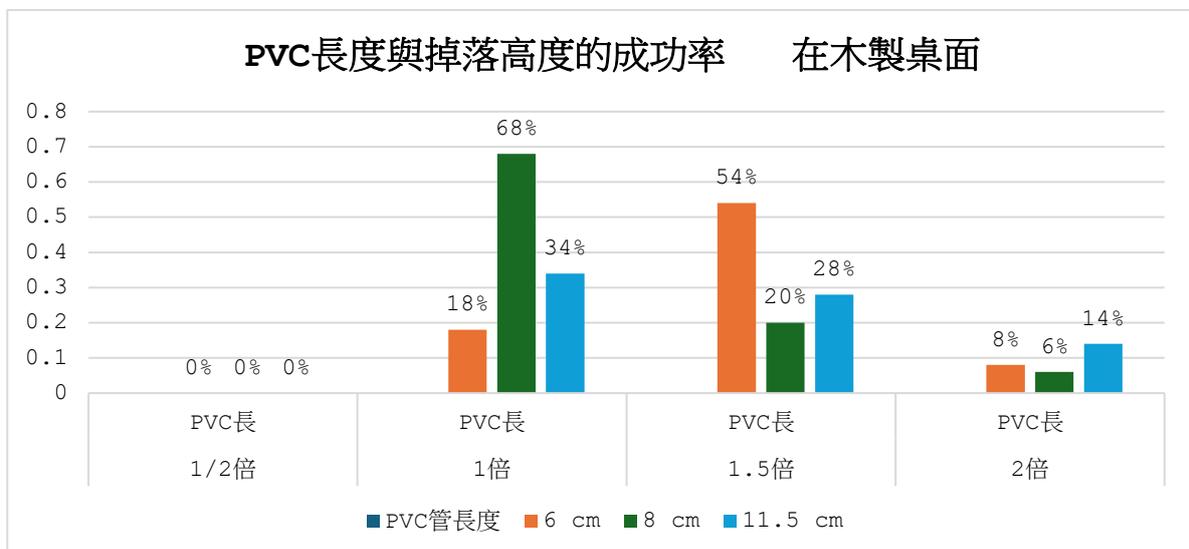
一、PVC 在木頭桌面：

(一)我們發現 PVC 管長度是 6CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 0；
 掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 18%；掉落高度在 1.5 倍 PVC 管長的成功率是 54%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 8%。

(二)我們發現 PVC 管長度是 8CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 0；
 掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 68%；掉落高度在 1.5 倍 PVC 管長的成功率是 20%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 6%。

(三)我們發現 PVC 管長度是 11.5CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 0%；
 掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 34%；掉落高度在 1.5 倍 PVC 管長的成功率是 28%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 4%。

掉落高度 項目 PVC管長度	變因	0.5倍 PVC長	1倍 PVC長	1.5倍 PVC長	2倍 PVC長
6CM		0/50 = 0	9/50 = 18%	27/50 = 54%	4/50 = 8%
8CM		0/50 = 0	34/50 = 68%	10/50 = 20%	3/50 = 6%
11.5CM		0/50 = 0	17/50 = 34%	14/50 = 28%	7/50 = 14%

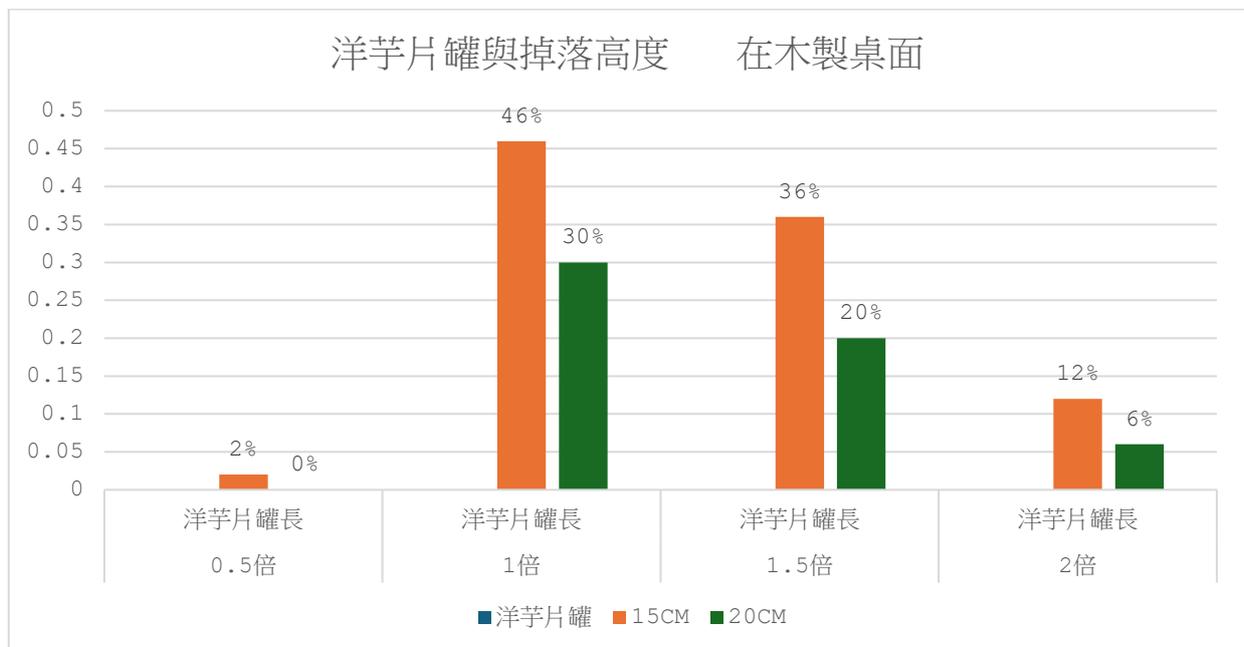


二、 洋芋片罐在木頭桌面

(一) 我們發現洋芋片罐是 15CM 時，掉落高度在 0.5 倍洋芋片罐長的成功率是 2%；掉落高度在 1 倍洋芋片罐長的成功率是 46%；掉落高度在 1.5 倍洋芋片罐長的成功率是 36%及掉落高度在 2 倍洋芋片罐長的成功率是 12%。

(二) 我們發現洋芋片罐長度是 20CM 時，掉落高度在 0.5 倍洋芋片罐長的成功率是 0%；掉落高度在 1 倍洋芋片罐長的成功率是 30%；掉落高度在 1.5 倍洋芋片罐長的成功率是 20%及掉落高度在 2 倍洋芋片罐長的成功率是 6%。

項目 PVC管長度	掉落高度 變因	0.5倍 洋芋片罐長	1倍 洋芋片罐長	1.5倍 洋芋片罐長	2倍 洋芋片罐長
15CM		1/50=2%	23/50=46%	18/50=36%	6/50=12%
20CM		0/50=0%	15/50=30%	10/50=20%	3/50=6%



三、 PVC 在地板

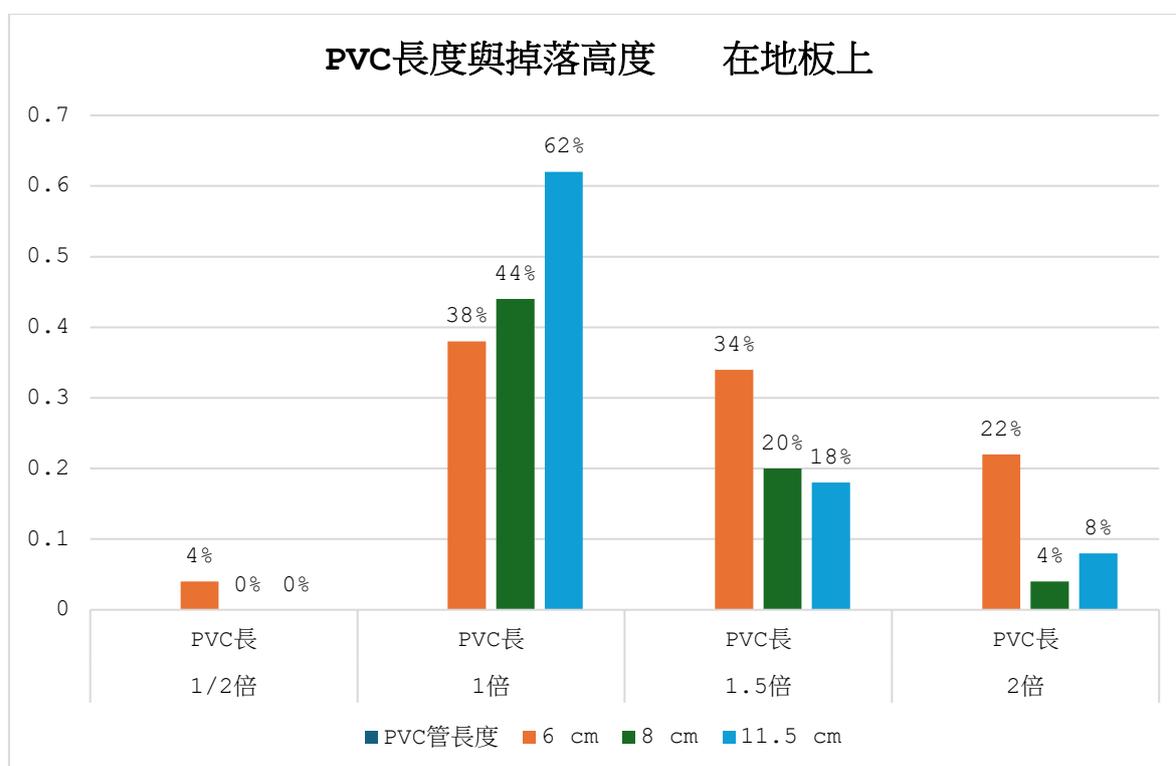
(一) 我們發現 PVC 管長度是 10CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 6%；掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 48%；掉落高度在 1.5 倍 PVC

管長的成功率是 34%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 21%。

(二) 我們發現 PVC 管長度是 15CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 12%；掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 44%；掉落高度在 1.5 倍 PVC 管長的成功率是 20%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 4%。

(三) 我們發現 PVC 管長度是 20CM 時，掉落高度在 0.5 倍 PVC 管長的成功率是 0%；掉落高度在 1 倍 PVC 管長的成功率是 62%；掉落高度在 1.5 倍 PVC 管長的成功率是 18%及掉落高度在 2 倍 PVC 管長的成功率是 8%。

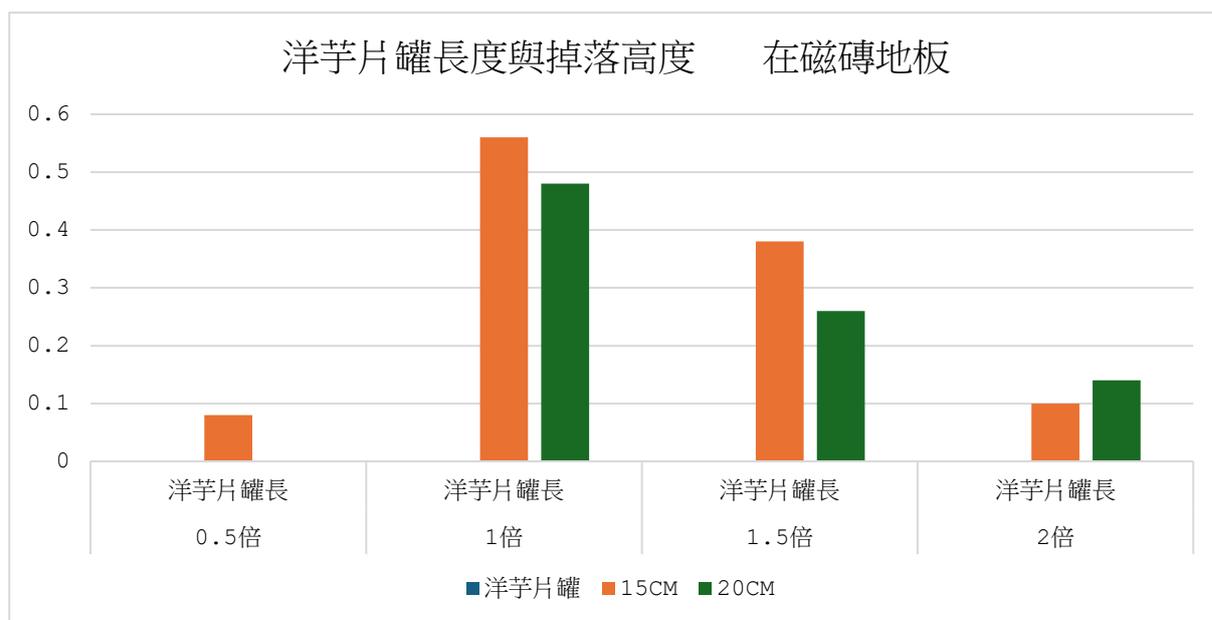
項目 PVC管長度	0.5倍 PVC長	1倍 PVC長	1.5倍 PVC長	2倍 PVC長
6CM	3/50=6%	24/50=48%	17/50=34%	11/50=21%
8CM	6/50=12%	22/50=44%	10/50=20%	2/50=4%
11.5CM	0/50=0%	31/50=62%	9/50=18%	4/50=8%



四、 洋芋片罐在地板

- (一)我們發現洋芋片罐是 20CM 時，掉落高度在 0.5 倍洋芋片罐長的成功率是 8%；
 掉落高度在 1 倍洋芋片罐長的成功率是 56%；掉落高度在 1.5 倍洋芋片罐長的
 成功率是 38%及掉落高度在 2 倍洋芋片罐長的成功率是 10%。
- (二)我們發現洋芋片罐長度是 20CM 時，掉落高度在 0.5 倍洋芋片罐長的成功率是
 0%；掉落高度在 1 倍洋芋片罐長的成功率是 48%；掉落高度在 1.5 倍洋芋片罐
 長的成功率是 26%及掉落高度在 2 倍洋芋片罐長的成功率是 14%。

項目 PVC管長度	掉落高度 變因 0.5倍 洋芋片罐長	1倍 洋芋片罐長	1.5倍 洋芋片罐長	2倍 洋芋片罐長
15CM	4/50=8%	28/50=56%	19/50=38%	5/50=10%
20CM	0/50=0%	24/50=48%	13/50=26%	7/50=14%



陸、 討論與結論

藉由研究結果的數據中，及我們在實驗操作中發現，我們和老師提出以下的討論：

- 一、 觀察 PVC 管的長度所呈現的數據看出，不論是 6 公分、8 公分或 11.5 公分，在設定掉落高度的成功率大體上是一致的。以 0.5 倍及 2 倍高度的成功率來說，都比較偏低，都低於 10%；而 1~1.5 倍的高度，則成功率較高，尤其是掉落的高度是 1 倍高度時成功率最高，約接近 70%。另外，口徑(直徑)越大者成功率也較高，我們推論是口徑大者，可能是接觸面越大所導致。

- 二、 相對 PVC 管是市面上制式的尺寸，洋芋片罐的長度是兩個直徑相同而長度不一樣的筒子，但從實驗記錄表中可以看出，掉落高度的高低，仍與 PVC 管的數據分部有雷同的地方，即是以 0.5 倍及 2 倍高度的成功率來說，也是偏低，約在 14% 以下；而 1~1.5 倍的高度，也是成功率較高的高度，尤其是掉落的高度是 1 倍高度時成功率也是最高的，約接近 60%。
- 三、 再從掉落的桌面來看，PVC 管子是塑膠材質，堅硬具有彈性，因此在木頭桌面或磁磚地板上都有超過 60% 的成功率。而洋芋片罐的材質是硬紙板材質，較不具彈性，所以在接觸木頭桌面的成功率(最高 46%)較磁磚地板的成功率低(最高 56%)。
- 四、 綜合上述，本研究得出的結論是：
1. 不同長度的筒子，以本身長度為掉落高度，則成功率最高。
 2. 不同材質的筒子，較堅硬者，成功率較高。
 3. 不同掉落的桌面，較堅硬者，成功率也較高。
 4. 研究顯示，筒子直立的最佳高度等於筒子本身長度；而筒子的材質以較堅硬者為佳。
- 五、 建議：我們的研究，雖然在設定的研究範圍內，已找出筒子直立的最佳高度，但生活中仍有許多材質的筒子與形狀不一的筒子，如長方體等，是值得繼續探究的主題。

柒、 參考資料及其他

- 一、 日本 Newton Press (2021) 物理大圖鑑=Visual book of the physics，作用與反作用定律 (26-27 頁)。
- 二、 日本 Newton Press(2021) 物理大圖鑑=Visual book of the physics (42-43 頁)。
- 三、 許良榮(2021) 55 個玩悅科學實驗，力的科學實驗(9-12 頁)。
- 四、 南一出版(2022) 南一五年級下學期自然與生活科技領域。台南：南一出版社。