

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：插管學問大

關 鍵 詞：不鏽鋼吸管、手搖杯、自由落體。

編 號：A2007

插管學問大

摘要

「好熱、好熱！」外頭豔陽高照，雖然身處教室中，電風扇轟轟的吹，卻怎麼吹都吹不涼，全身黏呼呼真不舒服，真想來杯清涼的飲料解除我的躁熱、我的火氣、我的煩憂。一幕吸管插入海龜報導，促使政府全面限制塑膠吸管，也引發我們想使用環保吸管來吸吮冷飲的動機。網路上有許多研究是關於製作環保吸管，而我們想用最省力的方式使用環保吸管插入封口膜，以便喝到飲料。因此，本研究想藉由關於力學的實驗研究，以不同粗細吸管、不同插入的角度、有無堵住吸管探討插入力道的關係，為生活找到如何更為省力的條件，來降低體感溫度，讓炎炎夏日中得到一絲絲涼意。

壹、 研究動機

環保減塑行動是近幾年熱門的議題，而因為環保，所以市面上有許多環保吸管出現，而不鏽鋼吸管是大部分人使用的環保吸管之一，但不鏽鋼吸管也衍伸了其他的問題。某天，本研究者與好友們一同出遊，因為天氣炎熱，所以買了一杯手搖飲來喝。此時，我拿出新買的不鏽鋼吸管準備大快朵頤時，發現吸管怎樣也插不進去手搖飲之中。是因為吸管插入角度不對嗎？力量太小嗎？杯子材質的問題呢？封口膜太厚了嗎？還是，需要用手堵住吸管口呢？我發現周圍的朋友也有相同問題，於是我們開始查詢資料，發現關於不鏽鋼吸管如何插入手搖杯中的研究有很多，但研究結果卻是並無固定的答案。好奇的我們便開始準備資料、詢問老師及設計實驗，研究不鏽鋼吸管要如何才能最省力的插入封口膜。

貳、 研究目的

- 一、探討不同粗細的吸管與插入力道的關係。
- 二、探討吸管不同的插入角度與插入力道的關係。
- 三、探討有無堵住吸管口與插入力道的關係。

參、 研究器材及設備

一、研究材料：不鏽鋼吸管、塑膠杯、紙杯、熱融膠、封口膜、黏土、粗塑膠吸管、量角器、水泥、沙子、PVC 水管（4 寸及 5 寸）、小垃圾桶、30 公分鐵尺*6、塑膠湯匙、免洗筷、豆花碗、鋁板、螺絲、螺帽、電鑽、鋸子、砂輪機、硬質膠合劑、塑膠盤

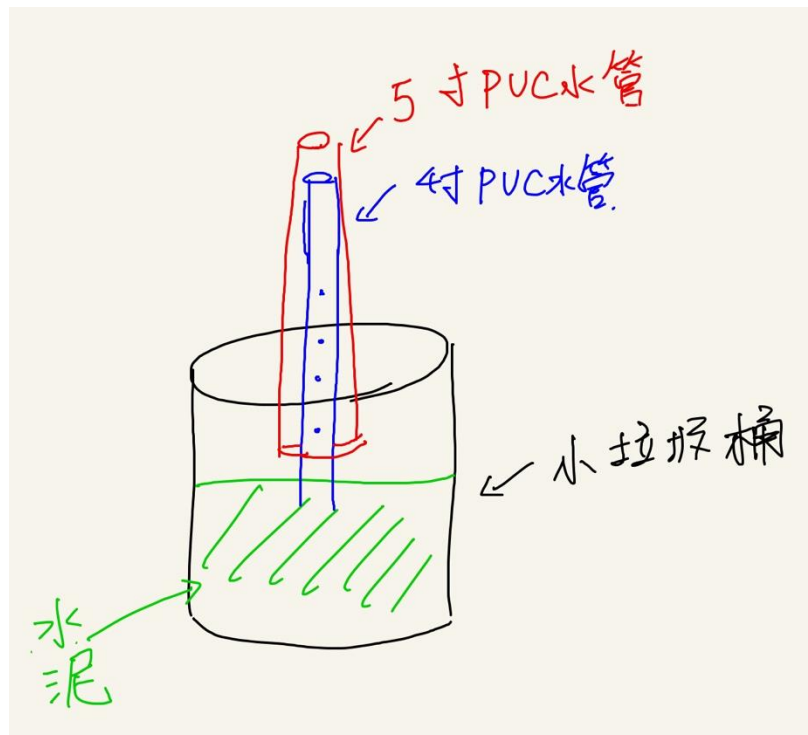
表 1 研究設備及器材一覽表

不鏽鋼吸管		塑膠杯		紙杯		熱融膠	
封口膜		黏土		粗塑膠吸管		量角器	
水泥		沙子		PVC 水管		小垃圾桶	
30 公分鐵尺		塑膠湯匙		免洗筷		豆花碗	
電鑽		鋁板		螺絲		螺帽	
鋸子		砂輪機		硬質膠合劑		塑膠盤	

二、研究設備

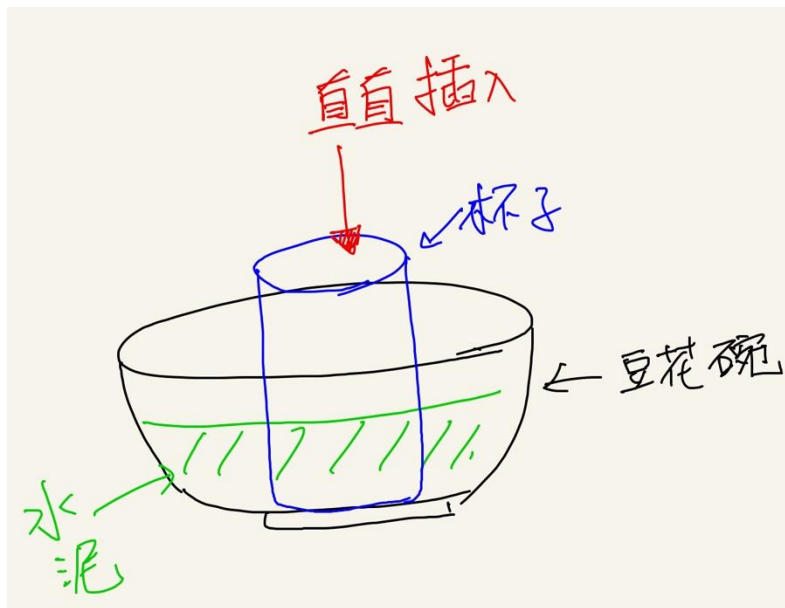
(一) 模擬吸管插入手搖杯裝置 (底座)

1. 在 4 寸及 5 寸 PVC 水管上每隔 10 公分打洞，並取適當長度。
2. 將適量的水泥與沙子以 1:2 的比例倒入小垃圾桶中，緩慢加水，並攪拌至充分混合，並成泥狀。
3. 利用塑膠湯匙將攪拌完的水泥刮平。
4. 將做好的水泥放置陰涼處。
5. 將 4 寸的 PVC 水管垂直插入半乾的水泥中，並且用三支 30 公分鐵尺固定，放置一週。
6. 待等水泥全乾後將 5 寸 PVC 水管套入 4 寸 PVC 水管上，並將螺絲穿入洞中套上螺帽，即可完成。



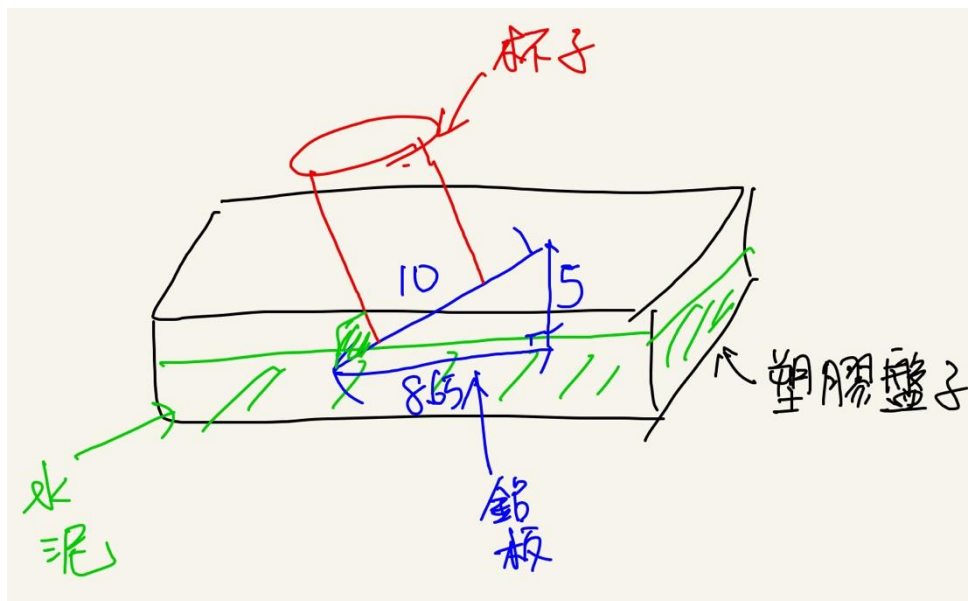
(二) 模擬吸管插入手搖杯裝置 (90° 支架)

1. 將適量的水泥與沙子以 1:2 的比例倒入豆花碗中，緩慢加水，並攪拌至充分混合，並成泥狀。
2. 將塑膠杯垂直插入水泥中，並且固定，放置四天，待等水泥全乾後即可完成。



(三) 模擬吸管插入手搖杯裝置 (30° 支架)

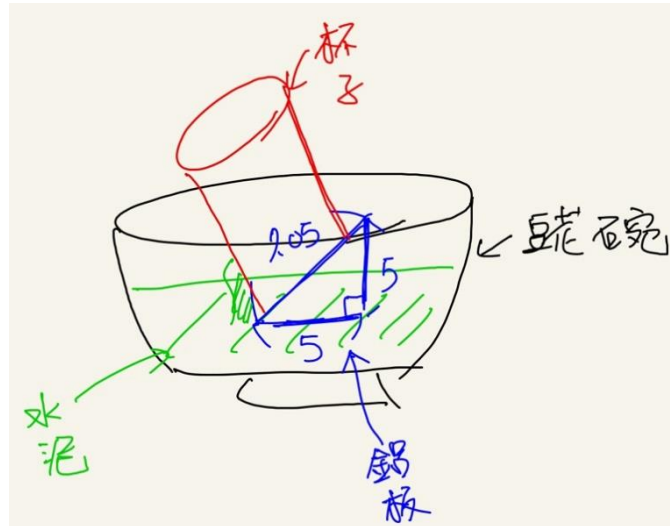
1. 將長度5、8.65、10公分之鋁板組成直角三角形，並用熱融膠膠固定。
2. 將適量的水泥與沙子以 1:2 的比例倒入塑膠盤子中，緩慢加水，並攪拌至充分混合，並成泥狀。
3. 將組合完的鋁片平放置塑膠盤子中。
4. 利用塑膠湯匙將組合好的鋁片底座用水泥蓋住固定，放置四天，待等水泥全乾後即可完成。



(四) 模擬吸管插入手搖杯裝置 (45° 支架)

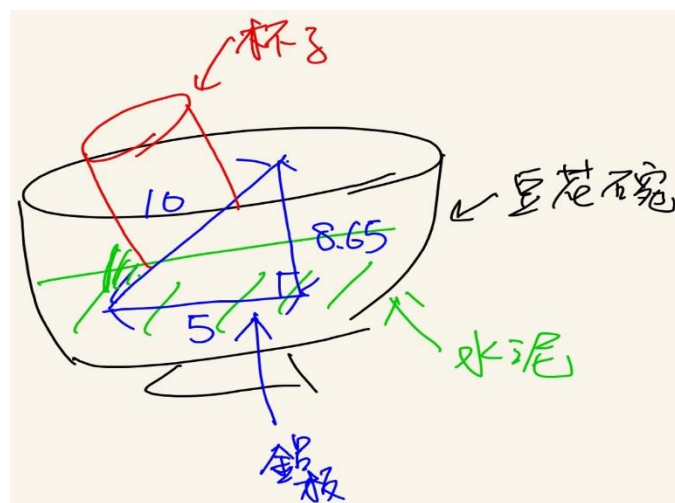
1. 將長度5、5、7.05公分之鋁板組成直角三角形，並用熱融膠膠固定。

2. 將適量的水泥與沙子以 1:2 的比例倒入豆花碗中，緩慢加水，並攪拌至充分混合，並成泥狀。
3. 將組合完的鋁片平放置豆花碗中。
4. 利用塑膠湯匙將組合好的鋁片底座用水泥蓋住固定，放置四天，待等水泥全乾後即可完成。



(五) 模擬吸管插入手搖杯裝置 (60° 支架)

1. 將長度5、8.65、10公分之鋁板組成直角三角形，並用熱融膠膠固定。
2. 將適量的水泥與沙子以 1:2 的比例倒入豆花碗中，緩慢加水，並攪拌至充分混合，並成泥狀。
3. 將組合完的鋁片平放置豆花碗中。
4. 利用塑膠湯匙將組合好的鋁片底座用水泥蓋住固定，放置四天，待等水泥全乾後即可完成。



(六) 模擬吸管插入手搖被裝置 (吸管裝置)

1. 取一段 5 寸 PVC 水管，測量長度約 25 公分處利用奇異筆做記號。
2. 將塑膠粗吸管鞋面處剪平，並且利用熱融膠黏在記號處。
3. 於一端利用硬質塑膠接合劑黏上 90° 轉接頭，待等接合劑全乾。
4. 將轉接頭另一端與設備 (一) 的 5 寸 PVC 水管接合，固定好放置陰涼處待乾即可完成。

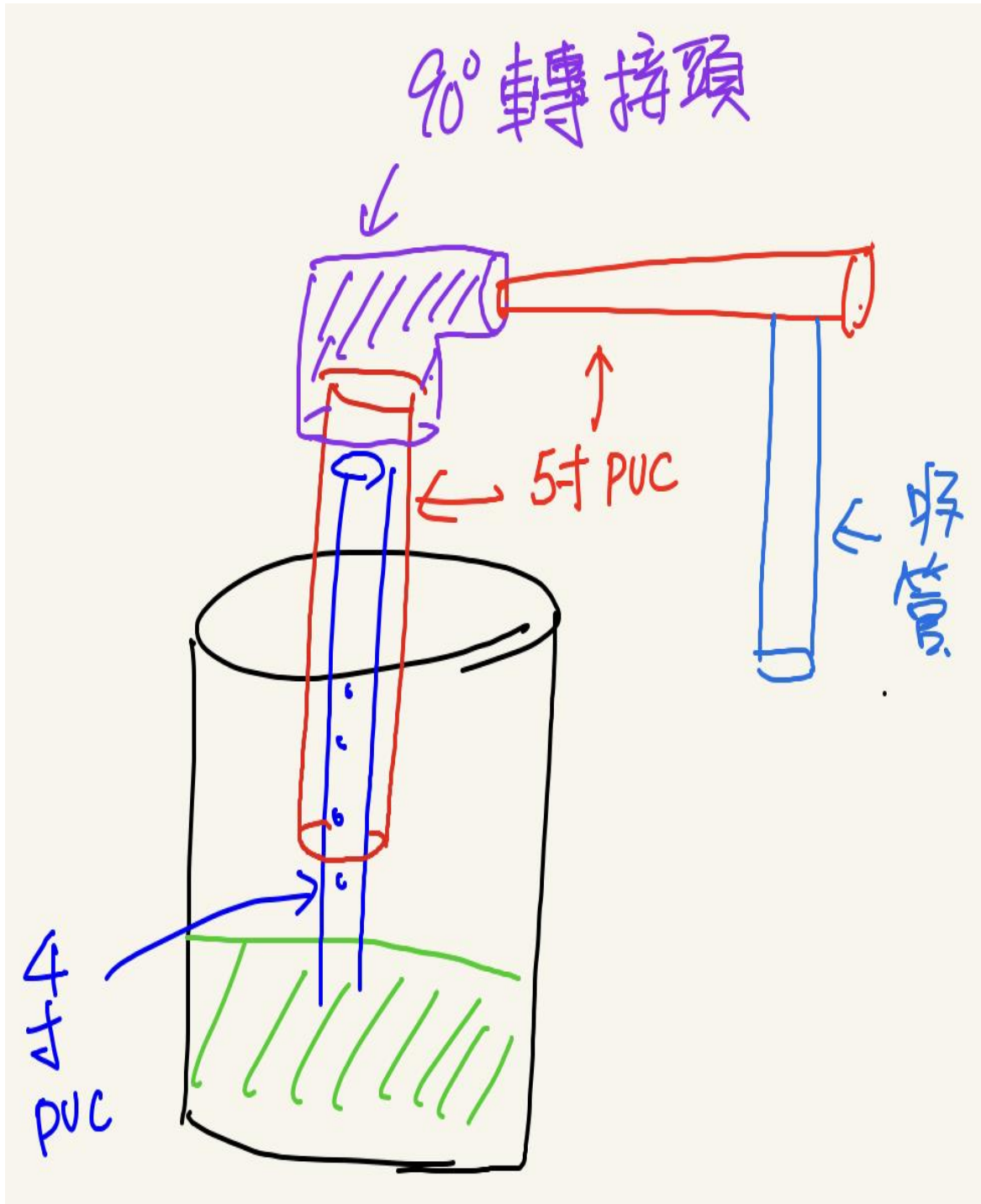


表 2 自製的研究設備及裝置過程照片



肆、研究過程與方法

一、研究過程

在實驗之前，我們先在網路上搜尋資料，了解目前做過的相關實驗，並從他人的實驗結果大概知道吸管的材質、斜切面、插入角度、粗細等因素，以及有無堵住吸管口均會影響其插入封口膜之力道，幫助我們構思此次實驗的研究目標。接著同學分享、彼此討論過相關資料後，向老師請教可能影響吸管插入力道的因素，確定實驗的控制變因，訂定出操作變因，準備好每一項實驗所需的材料，選定自然教室為本次實驗之地點，先以水泥混沙、PVC 管製作出模擬吸管底座、裝置，並加以打洞，以及利用水泥混沙含鋁片製作出模擬手搖杯擺放角度(因如果以吸管插入角度做實驗，無法精確控制角度，故以手搖杯做傾斜角度，以控制變因)進行實驗，以相機、尺、電腦及紙本表格的方式記錄整個實驗過程，最後協同教師與同學一起分析、探究實驗完成之結果。研究步驟如下圖 1 所示：

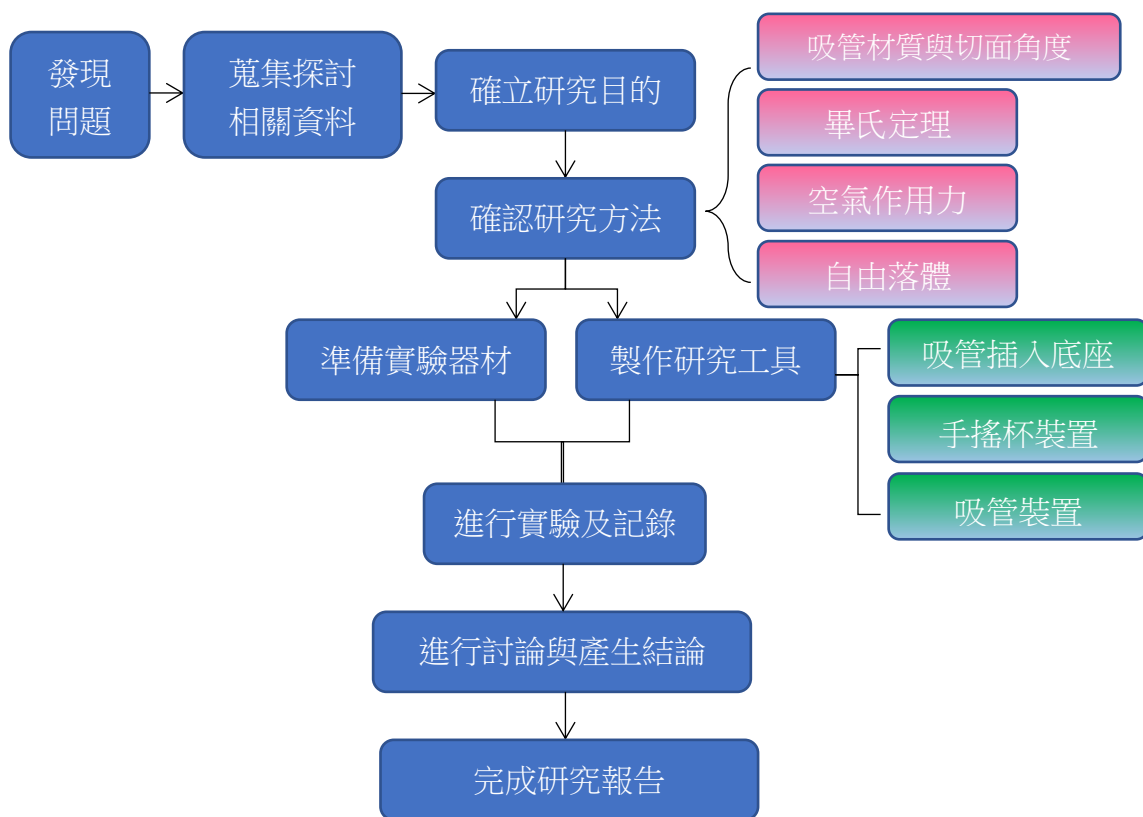


圖 1 研究步驟流程圖

二、文獻探討

在本研究的探討過程中，涉及一些物理相關的概念，為了能更正確的針對實驗結果進行討論，我們需先進行相關概念的探討，包含了吸管插入口的角度、畢氏定理、空氣作用力以及自由落體等四個主題，以下分段敘述。

(一) 吸管材質與切面角度-吸管的一端必須要是尖的才會好插

隨著飲料封口技術的進展，以前的圓柱狀吸管就非常難插入塑膠封膜中，想喝到飲料還必須將封膜撕開插入吸管才有辦法達成，喝有料的飲料又是另一件更加麻煩的事（只能用小湯匙挖珍珠來吃了），因此吸管也必須進行一番改革！那一根好用、好插的吸管又該怎麼設計？

首先，探究吸管材質。為什麼紙吸管總是插不進去，但塑膠吸管就可以？如果將紙吸管與塑膠吸管在未修剪情況下進行比較，將三支紙吸管和三支塑膠吸管分別插入六個有封膜的紙杯，發現塑膠吸管皆成功插進去；紙吸管則一次也沒插進去。接著，將紙吸管切口剪成和塑膠吸管相同形狀，再次進行比較。我們發現紙吸管切面為平面 45 度，沒有尖端；而塑膠吸管則為曲面，角度較小，且有尖端。兩種材質的吸管相同形狀情況下，塑膠吸管插進去次數較多，故相同形狀時塑膠吸管比紙吸管還硬；若與實驗二相較，修剪過的紙吸管成功次數從 0 次變為 2 次，故形狀會影響紙吸管成功機率，修剪過後較容易成功插進封膜。

吸管的一端必須要是尖的才會好插，但吸管切口並不是圓錐截痕，因為當吸管用剪刀或裁刀裁切時，塑膠製的吸管必定會先被裁刀壓扁，然後再直直切過去，最後由於塑膠吸管的彈性，才會使吸管彈回來形成我們現在見到的空心柱體。

大多數的吸管並不是切45度，因為如果是切 45°的話，最後會剩太多飲料吸不起來，造成浪費，一般會介於25度至40度之間較恰當。那吸管又該怎麼插會最省力呢？若將吸管直著擺，尖端從側面看，斜率最大，所以插吸管時，應該要垂直插最省力。

為避免吸管切面的角度影響實驗結果，並能兼具環保、重複使用為原則，故本研究使用不鏽鋼平口吸管。

(二) 直角三角形的秘密-畢氏定理

畢氏定理（英語：Pythagorean theorem/ Pythagoras' theorem）是平面幾何中一個基本而重要的定理。畢氏定理說明，平面上的直角三角形的兩條直角邊的長度（較短直角邊古稱勾長、

較長直角邊古稱股長)的平方和等於斜邊長(古稱弦長)的平方。反之,若平面上三角形中兩邊長的平方和等於第三邊邊長的平方,則它是直角三角形(直角所對的邊是第三邊)。畢氏定理是人類早期發現並證明的重要數學定理之一。

此定理又稱勾股定理、商高定理、新娘座椅定理或百牛定理。「畢氏」所指的是其中一個發現這個定理的古希臘數學家畢達哥拉斯,但歷史學家相信這個定理早在畢達哥拉斯出生的一千年前已經在世界各地廣泛應用。不過,現代西方數學界統一稱呼它為「畢達哥拉斯定理」。

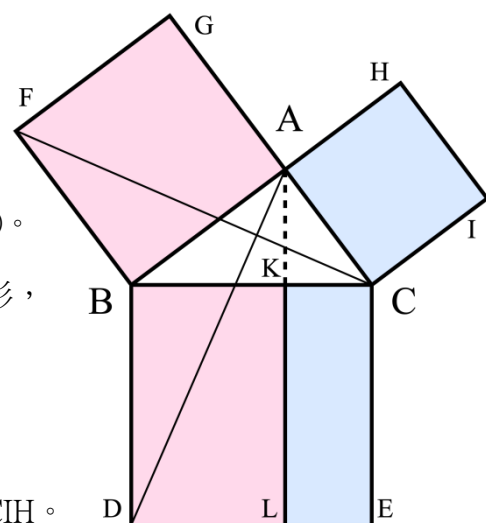
《周髀算經》記述公元前一千多年,商高以(3,4,5)這組畢氏三元數為例解釋了畢氏定理要素,論證「弦長平方必定是兩直角邊的平方和」,確立了直角三角形兩條直角邊的平方和等於斜邊平方的判定原則。

在歐幾里得的《幾何原本》一書中給出畢氏定理以下證明。設 $\triangle ABC$ 為一直角三角形,其中A為直角。從A點劃一直線至對邊,使其垂直於對邊。延長此線把對邊上的正方形一分為二,其面積分別與其餘兩個正方形相等。在定理的證明中,我們需要如下四個輔助定理:

1. 如果兩個三角形有兩組對應邊和這兩組邊所夾的角相等,則兩三角形全等。(SAS 定理)
2. 三角形面積是任一同底同高之平行四邊形面積的一半。
3. 任意一個正方形的面積等於其二邊長的乘積。
4. 任意一個矩形的面積等於其二邊長的乘積(據輔助定理3)。

證明的思路為:把上方的兩個正方形,透過等高同底的三角形,以其面積關係,轉換成下方兩個同等面積的長方形。其證明如下:

1. 設 $\triangle ABC$ 為一直角三角形,其直角為 $\angle CAB$ 。
2. 其邊為 \overline{BC} 、 \overline{AB} 和 \overline{CA} ,依序繪成四方形CBDE、BAGF和ACIH。
3. 畫出過點A之 \overline{BD} 、 \overline{CE} 的平行線。此線將分別與 \overline{BC} 和 \overline{DE} 直角相交於K、L。
4. 分別連接 \overline{CF} 、 \overline{AD} ,形成兩個三角形BCF、BDA。
5. $\angle CAB$ 和 $\angle FBA$ 都是直角,因此C、A和G都是共線的,同理可證B、A和H共線。
6. $\angle CBD$ 和 $\angle FBA$ 皆為直角,所以 $\angle ADB$ 相等於 $\angle FBC$ 。
7. 因為 \overline{AB} 和 \overline{BD} 分別等於 \overline{FB} 和 \overline{BC} ,所以 $\triangle ABD$ 必須全等於 $\triangle FBC$ 。
8. 因為A與K和L在同一直線上,所以四方形BDLK必須二倍面積於 $\triangle ABD$ 。



9. 因為 C、A 和 G 在同一直線上，所以正方形 BAGF 必須二倍面積於 ΔFBC 。
10. 因此四邊形 BDLK 必須和 BAGF 有相同的面積 $= \overline{AB}^2$ 。
11. 同理可證，四邊形 CKLE 必須有相同的面積 $ACIH = \overline{AC}^2$ 。
12. 把這兩個結果相加， $\overline{AB}^2 + \overline{AC}^2 = \overline{BD} \times \overline{BK} + \overline{KL} \times \overline{KC}$
13. 由於 $\overline{BD} = \overline{KL}$ ， $\overline{BD} \times \overline{BK} + \overline{KL} \times \overline{KC} = \overline{BD}(\overline{BK} + \overline{KC}) = \overline{BD} \times \overline{BC}$
14. 由於 CBDE 是個正方形，因此 $\overline{AB}^2 + \overline{AC}^2 = \overline{BC}^2$ 。

特殊三角形

特殊角度	$30^\circ - 60^\circ - 90^\circ$	$45^\circ - 45^\circ - 90^\circ$	$60^\circ - 30^\circ - 90^\circ$
對應邊長	$1 : \sqrt{3} : 2$	$1 : 1 : \sqrt{2}$	$\sqrt{3} : 1 : 2$
* $\sqrt{2} \approx 1.41$; $\sqrt{3} \approx 1.73$			

本研究考量，若以吸管插入角度做實驗，無法精確控制插入角度，故以手搖杯做傾斜角度，利用特殊三角形的角度、長度比例，設計出放置手搖杯的裝置，以控制變因。

(三) 空氣作用力-小小吸管威力大，可輕鬆刺穿戳穿整個土豆。

怎樣用一個普通奶茶吸管只插一次，就可將吸管插穿土豆？偉大的數學家、物理學家阿基米德曾說：「給我一個支點，我就能撬動整個地球。」那麼，給一根吸管，如何插穿一顆土豆呢？當然也是要講究方法。一個讓吸管都能「硬」的小技巧，插穿土豆都沒問題。用大拇指堵住吸管上端，快速用力地把吸管插向土豆。這主要靠力的作用。吸管一般比較薄，比較軟，如果只是簡單粗暴的用吸管去查土豆，吸管彎了土豆可能也還插不穿。但是當我們大拇指堵住塑料吸管上端，下端快速插向土豆的時候，吸管里就密封了一段空氣。假設用力不變，而吸管內的空氣唯一的出口就是扎入土豆的那一端，根據物理公式 $P=F/S$ （依次是壓強、力、受力面積），當吸管内空氣體積減小時，對周圍的壓強（單位面積上受到的力）將增大，但這個力還不足以大到可以沖開手指和四周的吸管壁，只能從相對比較薄弱的土豆衝出去，這個時候吸管内容積變小，空氣受到壓縮，壓力變大，這個壓力傳遞給薄薄的塑料吸管壁，就大大增加了吸管壁的強度，就能夠輕易穿透土豆了。藉助空氣的力量，通過空氣的作用力將土豆扎穿。當穿過土豆時，插入土豆的吸管哪一端，裡面會有一段土豆泥，但靠著手指的那一端會沒有。這是我們物理中力的問題，這個方法主要藉助了空氣的力量，實際上是空氣的作用力將土豆扎穿的。

本研究想了解堵住吸管與插入力道的關係，並想以最省力方式插入封口膜，吸吮美味可口的飲料，因此為研究目的之一。

(四) 自由落體-自由落體運動與物理關係

基於（物體位於靠近地球表面）重力是個常數的假設，牛頓的重力定律是 $F=mg$ 。即重力與物體的質量成正比。重力加速度以 g 表示，是一個常數。它是矢量，平均值為 9.81，單位是 m/s^2 。除 g 以外，也可以 a 表示，取其地心加速度意思，即 $F=ma$ 。這個加速度是由於物體受到了重力產生的。物體的最初狀態是靜止的，物體下落中假定除了重力外不受其它力（如：空氣阻力）的作用。它下落的路程的長度與經過的時間平方成正比。

自由下落物體在下落的最初位置，即最大高度，具備有重力勢能。它的數值 $E_p=mgh$ 是物體的重力與高度的乘積。這個表達式只在物體距離地球表面高度很小才有效。在下落的過程中，物體無論在那個高度也不論是否同時具有速度，都具有重力勢能，其數值同樣也是 $E_p=mgh$ 。如果物體在下落過程中不受其它力的作用，可以忽略空氣阻力的時候，其總能量遵守機械能量守恆定則，即重力勢能和動能的總和守恆。我們常常用機械能守恆定則來計算，物體可能達到的最大高度，和落到地面瞬間的最大速度。

如果下落時間為 t ，瞬時速度為 v ，下落高度為 h ，重力加速度為 g ，則有以下關係：

- $v = gt$
- $h = \frac{1}{2}gt^2$
- $v^2 = 2gt$

為了避免人為影響，所以本研究利用自由落體方式，讓吸管插入手搖杯中。若力量為 F 、高度為 h （單位：公分）、重力加速度為 g 及吸管重量為 m （單位：公克），則公式為 $F = mgh$ 。

三、研究方法

(一) 實驗一：探討不同粗細的吸管，插入相同材質的封口膜，與插入力道的關係。

將杯子封膜，各自放進已自製好的裝置中，拿出粗吸管(0.3 公斤重)、細吸管(0.1 公斤重)，置入自製好的裝置中，以自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度。

※下圖為不同粗細的吸管插入相同材質的封口膜之實驗過程：

		
測量不同粗細的吸管，插入相同材質的封口膜	測量可插入封膜的高度	以自由落體的方式落下

(二) 實驗二：探討不同的插入角度，插入相同材質的封口膜，與插入力道的關係。

插入角度是影響力道的因素之一，藉由實驗確實釐清不同角度的情境下，是否真能以最省力方式插入封口膜。因插入角度較難控制，所以我們以杯座的傾斜角度製作好杯座的裝置，以便精準測量。將杯子封膜，各自放進已自製好的裝置中，裝置分別為 0° 、 30° 、 45° 、 60° 。裝置若是 0° ，表示吸管插入角度為 90° ；裝置若是 30° ，表示吸管插入角度為 60° ；裝置若是 45° ，表示吸管插入角度為 45° ；裝置若是 60° ，表示吸管插入角度為 30° 。粗吸管(0.3 公斤重)、細吸管(0.1 公斤重) 以自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度，比較不同角度可以插入封口膜的高度。

※下圖為不同粗細的吸管以不同的角度插入相同材質的封口膜之實驗過程：

		
<p>以自由落體的方式落下</p>	<p>測量不同粗細的吸管，以不同的角度插入相同材質的封口膜</p>	<p>測量可插入封膜的高度</p>

(三) 實驗三：探討有無堵住吸管口，插入相同材質的封口膜，與插入力道的關係。

文獻探討中，堵住吸管可以藉由空氣中的作用力插入較硬的土豆，我們想探討有無堵住吸管口，插入相同材質的封口膜，是否較為省力，想釐清是否真有其效果。我們先以無堵住吸管口的狀態，以自由落體方式落下，看看哪種高度可以插入封口膜，且3次均能插入的最小高度為記錄，接著再以堵住吸管口的狀態，同樣的實驗操作方式，比較有無堵住吸管口之省力效果。

※下圖為無堵住吸管口，插入相同材質的封口膜之實驗過程：

		
<p>無堵住之粗吸管口，以自由落體方式落下。</p>	<p>有堵住吸管口</p>	<p>量測不鏽鋼吸管落下的高度</p>

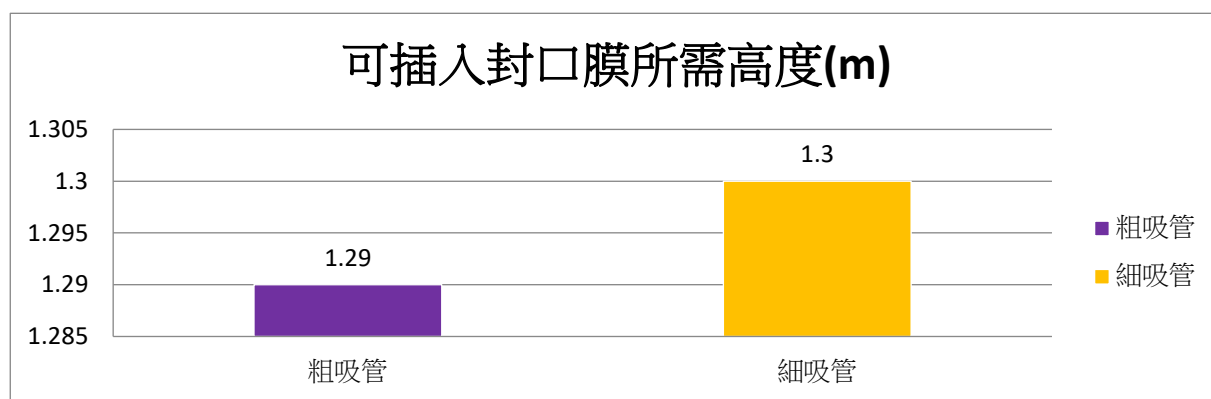
伍、 研究結果

一、探討不同粗細的吸管，插入相同材質的封口膜，與插入力道的關係為何?

將飲料杯置入自製好的裝置中，在相同材質的封口膜之下，以不同粗細的不鏽鋼吸管，自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度，利用 $F=mgh$ 計算出重力位能。我們發現粗吸管重力位能越大，表示插入封口膜所需力量越大，越費力；細吸管重力位能越小，表示插入封口膜所需力量越小，越省力。實驗中發現細吸管可以插入封口膜的距離比粗吸管可以插入封口膜的距離小。因此，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	128cm 1.28m	129cm 1.29m	130cm 1.3m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	0°	90°	X	V	/	3.7926
細吸管(0.1Kg)			X	X		V

*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)



二、探討吸管不同的插入角度，插入相同材質的封口膜，與插入力道的關係為何?

本研究考量，若以吸管插入角度做實驗，無法精確控制插入角度，故以手搖杯做傾斜角度，利用特殊三角形的角度、長度比例，設計出放置手搖杯的裝置，以控制變因。裝置分別為 30°、45°、60° 的底座，將杯子封膜，各自放進已自製好的裝置中，探討不同的插入角度插入相同材質的封口膜，其高度與所需力道之關係，分述如下：

(一) 以插入角度 30°，比較不同粗細吸管，插入相同材質的封口膜，與插入力道之差異性為何?

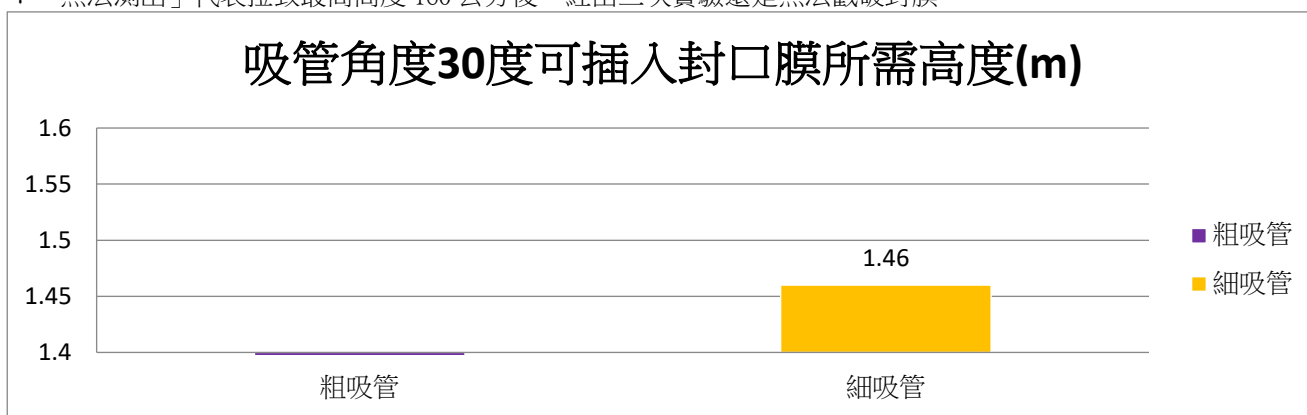
將飲料杯置入自製好的裝置中，在相同材質的封口膜之下，以不同粗細的不鏽鋼吸管，自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度，利用 $F=mgh$ 計算出重力位能。我們發現用粗吸管以插入角度 30° 無法插入封口膜，表示插入封口膜所需力量可能需要更

大，更費力；細吸管以插入角度 30° 插入封口膜時，經三次實驗後發現可插入封口膜最小高度為 146cm，計算出所需重力位能越小，表示插入封口膜所需力量越省力。實驗中發現以插入角度 30° 插入封口膜時細吸管可以插入封口膜，而粗吸管不行。因此，以插入角度 30° 插入封口膜時，細吸管插入飲料杯封口膜較容易插入。

不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	146m 1.46m	156cm 1.56m	160cm 1.6m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	60°	30°	X	X	X	無法測出
細吸管(0.1Kg)			V			1.4308

*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)

*「無法測出」代表拉致最高高度 160 公分後，經由三次實驗還是無法戳破封膜。



(二) 以插入角度 45°，比較不同粗細吸管，插入相同材質的封口膜，與插入力道之差異性為何？

將飲料杯置入自製好的裝置中，在相同材質的封口膜之下，以不同粗細的不鏽鋼吸管，自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度，利用 $F=mgh$ 計算出重力位能。我們發現用粗吸管以插入角度 45° 插入封口膜，經三次實驗後發現可插入封口膜最小高度為 123cm；細吸管以插入角度 45° 插入封口膜，經三次實驗後發現可插入封口膜最小高度為 116cm。計算出所需重力位能越小，表示插入封口膜所需力量越省力。實驗中發現細吸管可以插入封口膜的距離比粗吸管可以插入封口膜的距離小。因此，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	116cm 1.16m	120cm 1.2m	123cm 1.23m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	45°	45°	X	X	V	3.6162
細吸管(0.1Kg)			V			1.1368

*X 經由三次實驗還法戳破封膜；V 經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)F 以最小高度計算之。

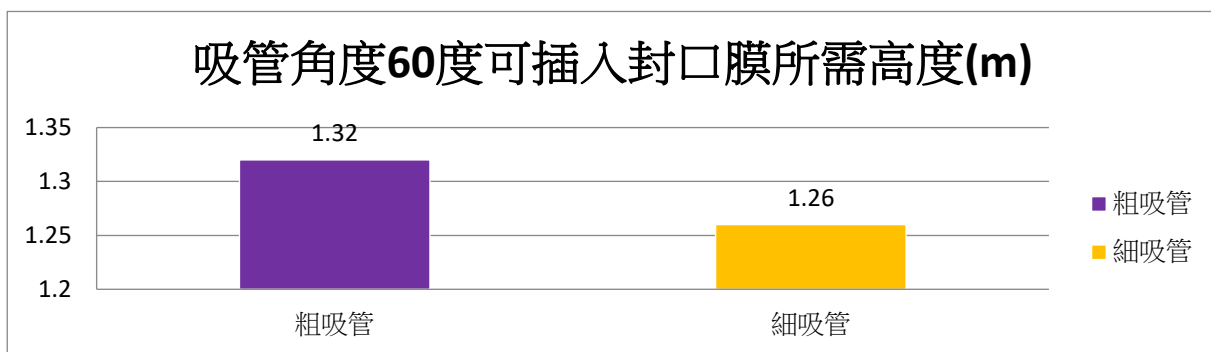


(三) 以插入角度 60°，比較不同粗細吸管，插入相同材質的封口膜，與插入力道之差異性為何？

將飲料杯置入自製好的裝置中，在相同材質的封口膜之下，以不同粗細的不鏽鋼吸管，自由落體方式，分別測量可以插入封口膜的高度，利用 $F=mgh$ 計算出重力位能。我們發現用粗吸管以插入角度 60° 插入封口膜，經三次實驗後發現可插入封口膜最小高度為 123cm；細吸管以插入角度 60° 插入封口膜，經三次實驗後發現可插入封口膜最小高度為 116cm。計算出所需重力位能越小，表示插入封口膜所需力量越省力。實驗中發現細吸管可以插入封口膜的距離比粗吸管可以插入封口膜的距離小。因此，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	126cm 1.26m	129cm 1.29m	132cm 1.32m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	30°	60°	X	X	V	3.8808
細吸管(0.1Kg)			V			1.2348

*X 經由三次實驗還法戳破封膜；V 經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)F 以最小高度計算之。

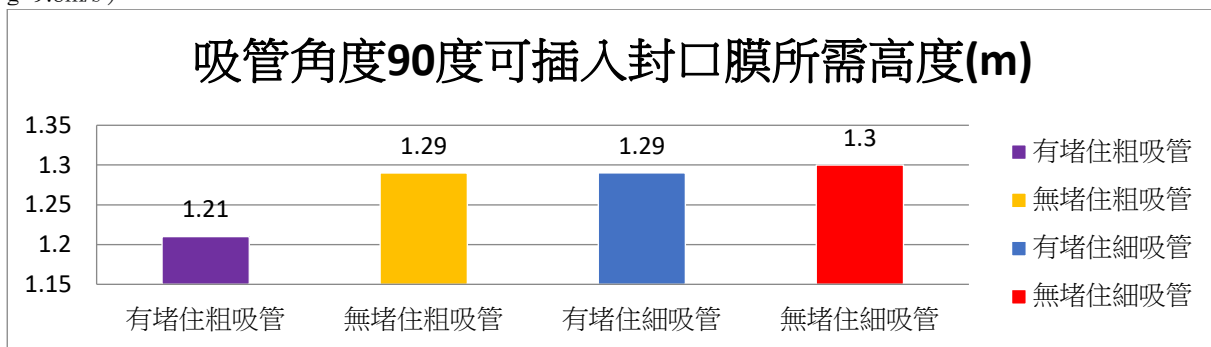


三、探討有無堵住吸管口與插入力道的關係為何？

飲料杯置入自製好的裝置中，在相同材質的封口膜之下，以不同粗細的不鏽鋼吸管，分別以有堵住與無堵住的狀態下，自由落體方式，測量可以插入封口膜的高度，利用 $F=mgh$ 計算出重力位能。

有堵住不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	121cm 1.21m	125cm 1.25m	129cm 1.29m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	0°	90°	V	/	/	3.5574
細吸管(0.1Kg)			X	X	V	1.2642
無堵住不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	128cm 1.28m	129cm 1.29m	130cm 1.3m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	0°	90°	X	V	/	3.7926
細吸管(0.1Kg)			X	X	V	1.274

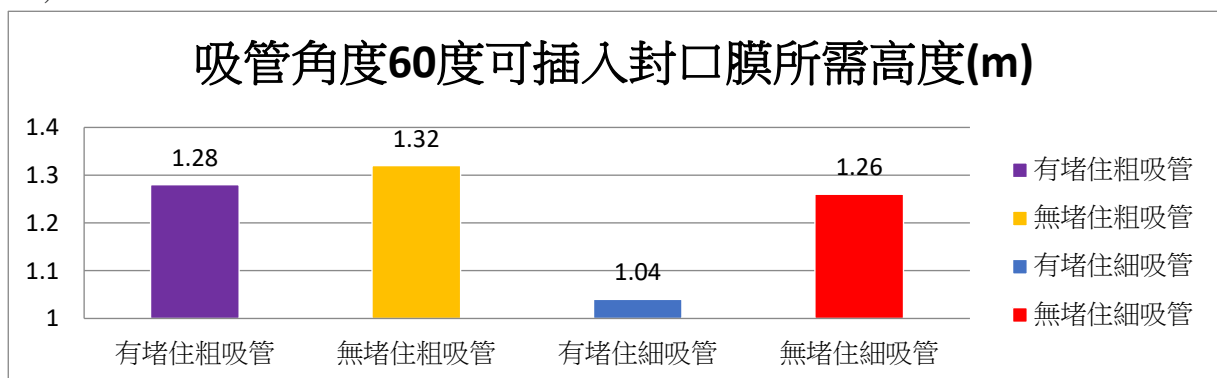
*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)



發現：以 90° 吸管角度插入，有堵住的粗或細吸管之高度較無堵住低，表示有堵住的粗或細吸管較為省力。另外，特別的一點是以 90° 吸管角度插入，粗吸管較細吸管插入的距離較短。

有堵住不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	104cm 1.04m	114cm 1.14m	128cm 1.28m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	30°	60°	X	X	V	3.7632
細吸管(0.1Kg)			V	/	/	1.0192
無堵住不同粗細的吸管	自製好的裝置	吸管角度	126cm 1.26m	129cm 1.29m	132cm 1.32m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	30°	60°	X	X	V	3.8808
細吸管(0.1Kg)			V	/	/	1.2348

*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)

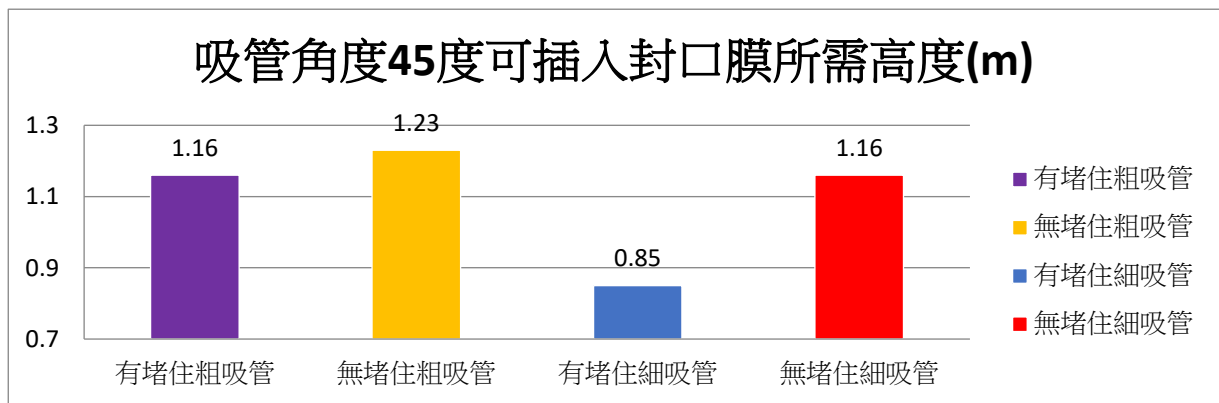


發現：以 60° 吸管角度插入，有堵住的粗或細吸管之高度較無堵住低，表示有堵住的粗

或細吸管較為省力。

有堵住不同粗細的 吸管	自製好的裝置	吸管角度	85cm 0.85m	100cm 1m	116cm 1.16m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	45°	45°	X	X	V	3.4104
細吸管(0.1Kg)			V			0.833
無堵住不同粗細的 吸管	自製好的裝置	吸管角度	116cm 1.16m	120cm 1.2m	123cm 1.23m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	45°	45°	X	X	V	3.6162
細吸管(0.1Kg)			V			1.1368

*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)

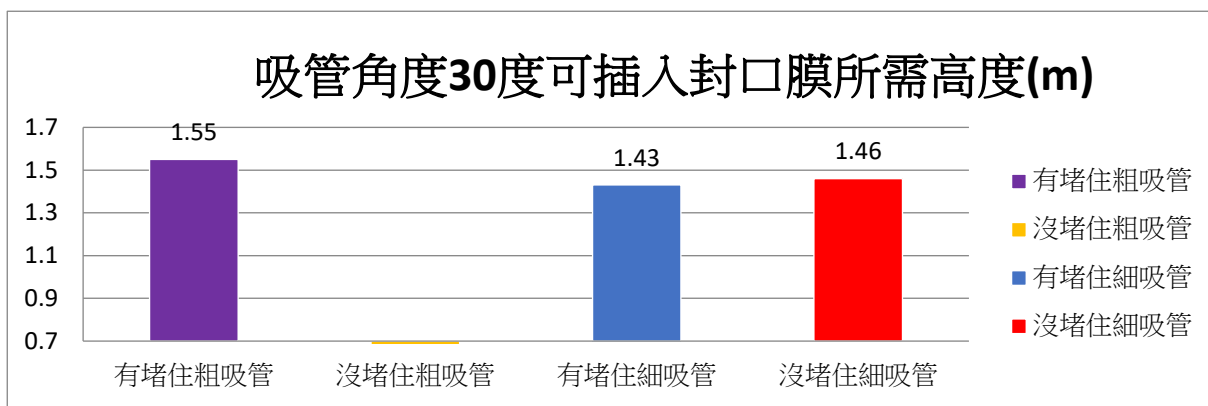


發現：以 45° 吸管角度插入，有堵住的粗或細吸管之高度較無堵住低，表示有堵住的粗或細吸管較為省力。

有堵住不同粗細的 吸管	自製好的裝置	吸管角度	143cm 1.43m	155cm 1.55m	160cm 1.6m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	60°	30°	X	V		4.557
細吸管(0.1Kg)			V			1.4014
無堵住不同粗細的 吸管	自製好的裝置	吸管角度	146cm 1.46m	156cm 1.56m	160cm 1.6m	F=mgh
粗吸管(0.3Kg)	60°	30°	X	X	X	無法測出
細吸管(0.1Kg)			V			1.4308

*X 係指經由三次實驗還法戳破封膜；V 係指經由三次實驗可以戳破封膜。F 以最小高度計算之。(重力加速度： $g=9.8m/s^2$)

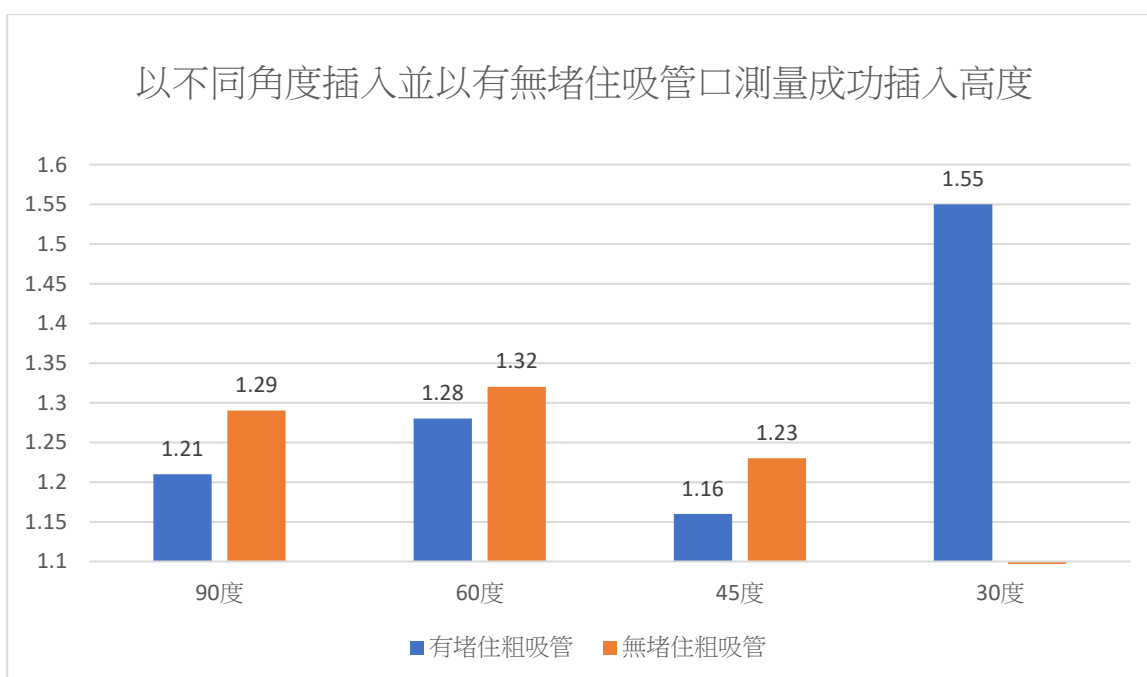
*「無法測出」代表拉至最高高度 160 公分後，經由三次實驗還是無法戳破封膜。



發現：以 30° 吸管角度插入，有堵住的粗吸管之高度為 1.55m，無堵住的粗吸管在拉至最高高度 1.6m 後，仍無法戳破封膜；有堵住的細吸管之高度較無堵住低，表示有堵住的細吸管較為省力。

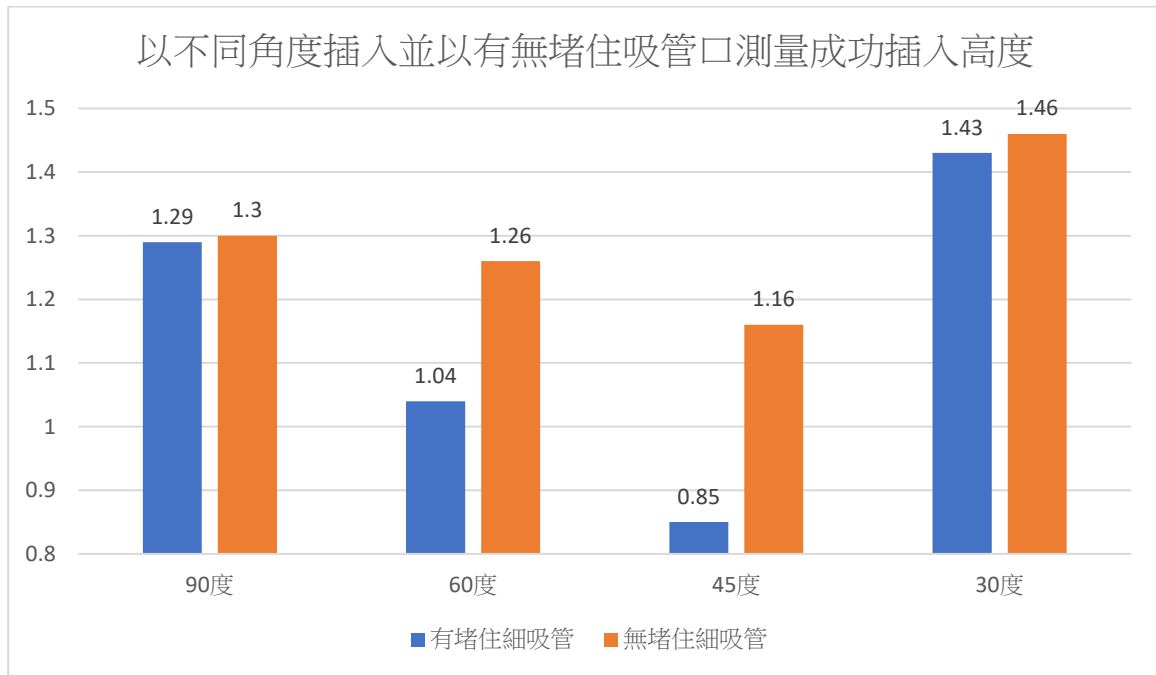
另外，我們分別以插入角度做一比較，如下表：

自製好的裝置	0°		30°		45°		60°	
吸管角度	90°		60°		45°		30°	
有無堵住	有	無	有	無	有	無	有	無
粗吸管高度 (m)	1.21	1.29	1.28	1.32	1.16	1.23	1.55	無法測出



發現：有堵住的粗吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 45°→90°→60°→30°。無堵住的粗吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 45°→90°→60°。表示不管有無堵住吸管，最省力的插管角度為 45°，最費力的角度為 30°。

自製好的裝置	0°		30°		45°		60°	
吸管角度	90°		60°		45°		30°	
有無堵住	有	無	有	無	有	無	有	無
細吸管公尺 (m)	1.29	1.3	1.04	1.26	0.85	1.16	1.43	1.46



發現：有堵住的細吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 45°→60°→90°→30°。無堵住的粗吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 45°→60°→90°→30°。表示不管有無堵住吸管，最省力的插管角度為 45°，最費力的角度為 30°。

陸、 討論與結論

一、不同粗細的吸管，插入相同材質的封口膜，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

一般印象裡面，直覺是以粗吸管較容易插入封口膜，但實驗結果發現，粗吸管重力位能越大，表示插入封口膜所需力量越大，越費力；細吸管重力位能越小，表示插入封口膜所需力量越小，越省力。小口徑吸管戳膜，杯膜的受力面積小，壓力較大，故省力。

二、不同粗細吸管，以不同的插入角度，插入相同材質的封口膜，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

(一) 以插入角度 30° ，插入相同材質的封口膜，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

(二) 以插入角度 45° ，插入相同材質的封口膜，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

(三) 以插入角度 60° ，插入相同材質的封口膜，以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。

實驗結果顯示，不同粗細吸管，以不同的插入角度，插入相同材質的封口膜，均以細吸管插入飲料杯封口膜較為省力。其中，粗吸管以插入角度 30° ，無法插入封口膜，且已經拉至 1.6m，經三次實驗仍無法插入封口膜，表示插入封口膜所需力量可能需要更大，更費力。

三、有堵住吸管口，無論是粗細吸管或是插入角度為何，所需的高度距離較短，其插入力道均較為省力。

實驗結果顯示，當以不同角度插入，堵住吸管能運用空氣作用力，較無堵住吸管口均為最省力。

四、無論吸管的粗或細，是否堵住吸管口，最省力的插管角度為 45° ，最費力的角度為 30° 。

實驗結果顯示，粗吸管和細吸管以 45° 的插管角度最為省力，距離最短，以 30° 的插管角度最為費力。我們發現，原來最為省力的插入角度非 90° ，是 45° 為最佳角度。無論是否堵住吸管口的粗吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 $45^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 60^\circ \rightarrow 30^\circ$ 。無論是否堵住吸管口的細吸管，戳破高度由低到高，其角度分別為 $45^\circ \rightarrow 60^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 30^\circ$ 。推測粗吸管的 90° 較 60° 省力的原因是，粗吸管重量重，重力加速度，可能 90° 較 60° 省力；而細吸管的 60° 較 90° 省力的原因是，細吸管因有斜角度，相對 90° 較容易插入封口膜。

綜上，本研究發現，以不鏽鋼細吸管(平口)， 45° 度角插入，且堵住吸管口為最省力。

柒、參考資料及其他

- 一、康軒文教（2018）。康軒版五上自然與生活科技領域課本。新北市：康軒。
- 二、為什麼紙吸管總是插不進去，但塑膠吸管就可以？取自
原文網址：<https://sites.google.com/a/g2.nctu.edu.tw/unimath/2020-08/straw>
- 三、畢氏定理。維基百科。取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8B%BE%E8%82%A1%E5%AE%9A%E7%90%86>
- 四、每日一題：一根吸管戳穿整個土豆？取自 <https://kknews.cc/education/p56yq4e.html>
- 五、自由落體。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/自由落體>
- 六、高銘笙、唐祥恩、利宗翰、馬順恩(2019)。吸管也能吃？環保又健康的吸管－豆渣可食吸管的製作。新北市新莊區中港國民小學。第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。