

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 物理科

第一名

080104

以柔克剛---當牛奶糖撞上椰子

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

|        |         |
|--------|---------|
| 作者：    | 指導老師：   |
| 小五 黃欣怡 | 葉明宗 黃佳慧 |
| 小五 蔡岳霖 |         |
| 小五 黃芊惠 |         |
| 小五 陳宥瑾 |         |
| 小五 黃曄家 |         |
| 小五 蔡宜欣 |         |

關鍵詞：作用力、撞擊

## 得獎感言



「碰!好棒喔，撞進去了！」在實驗室裡常常傳出驚呼聲，那是我們埋頭在做實驗的聲音。網路上盛傳牛奶糖可以刺穿椰子的影片，這是魔術嗎？同學們沒有人親眼看見這個實驗，因此我和同學便以此為題目展開了一連串科展實驗。

實驗中並沒有想像中的順利，如何將牛奶糖撞入椰子殼後產生的變化加以數據化、如何控制實驗種種變因……就令我們想破頭；無數次的實驗使我們原本想利用下課後做實驗的計畫無限延伸到許許多多假日中；在葉子老師、蘑菇老師辛苦的指導和同組夥伴無限的激勵中，我們終於在縣賽比賽中脫穎而出並順利代表嘉義縣參加全國賽，並在全國賽中獲得第一名的成績，這一切的辛苦是值得的。

整個實驗過程中讓我學到團隊合作的重要，以及享受了實驗過程的樂趣，接下來我們還要繼續實驗下去。

# 以柔克剛---當牛奶糖撞上椰子

## 摘要：

在網路影片看到軟軟的牛奶糖竟然能刺破硬硬的椰子殼，剛開始我們有點懷疑，經過實際測試後，發現牛奶糖真的能刺入椰子殼，網路影片不是造假，哇，果真以柔克剛。我們的研究中，先設計實驗平台以及實驗方法，實驗中發現不同的撞擊力量、牛奶糖不同頂角角度、不同頂角尖銳程度、牛奶糖與硬物不同的接觸點數、不同角錐形狀，都會影響牛奶糖刺入硬物的深淺。牛奶糖要刺入椰子殼內，頂角角度不能太大，60 度的頂角只能撞凹椰子綠色外果皮，我們算出牛奶糖四角錐的頂角 30 度達到秒速 5.4 公尺(時速約 19.4 公里)，或頂角 45 度達到秒速 6.6 公尺(時速約 23.8 公里)都能刺破椰子殼的內果皮硬殼。

## 壹、研究動機

有一天，我在看電視的時候，看到一個科學節目，內容是介紹一些科學的遊戲還有實驗，我看到主持人在地上放著一顆錐狀的牛奶糖，手上拿著一顆椰子放在胸前，然後將椰子向下丟，椰子殼就被牛奶糖刺破了，我覺得很神奇。五上自然第四單元「力的作用」，我們學過地心引力會給物體力的作用，但力能夠使軟軟的牛奶糖刺破硬硬的椰子殼嗎？我把這段影片跟同學一起分享，同學都覺得既新奇又有趣，想好好研究研究，所以我們選擇了這個主題當做科學展覽的研究。

## 貳、研究目的

- 一、探究牛奶糖刺入椰子殼的現象。
- 二、設計適合的實驗方式。
- 三、研究牛奶糖刺破硬物的變因。
- 四、探討牛奶糖刺入椰子殼的關鍵因素。

## 參、研究設備及器材

椰子、牛奶糖、油土、木板、鐵板、厚紙板、滑輪、滑軌、鐵鎚、木頭積木、蠟塊、湯匙、熱熔膠、膠帶、電磁爐、鋸子、釘子、彈性皮帶、鐵絲、墊板、剪刀、美工刀、牙齒塑模粉、雷射筆、攝影機、PowerDVD 軟體、XnView 軟體

## 肆、研究過程或方法

### 研究目的一：探究牛奶糖刺入椰子殼的現象

#### 實驗一：實際驗證網路上牛奶糖刺破椰子殼的真假

- 一、我們去找了幾個同學來問問看，看看他們知不知道為什麼牛奶糖會刺破椰子，同學都說他們不知道。
- 二、我們模仿網路上影片的做法，買來一顆椰子和一盒牛奶糖，把牛奶糖搓成錐狀放置於地面，因我們擔心自己力氣太小瞄不準，浪費買來的椰子，就請老師幫忙丟椰子。

結果：

牛奶糖真的可以刺破椰子，所以網路上的影片不是騙人的，是真的（如照片一至三）。



照片一



照片二



照片三

### 實驗二：比較牛奶糖與椰子的硬度

- 一、牛奶糖為何能刺入椰子，牛奶糖比椰子殼硬嗎？我們利用自然課教過比較岩石硬度的方法試試看。
- 二、牛奶糖搓成錐狀，將椰子殼剖開取一片，用牛奶糖與椰子殼互相刻劃(如照片四、五)。



照片四



照片五

結果：

1. 椰子殼可以在牛奶糖表面刻劃出痕跡，牛奶糖無法在椰子殼表面劃出痕跡，看起來應該是椰子殼比較硬。
2. 老師說，這種方法是比較兩種固體的方法，牛奶糖不是純粹的固體，不能這樣比硬度。但我們覺得牛奶糖搓起來軟軟的，軟軟的牛奶糖能夠刺穿硬物，以柔克剛也是很了不起的一件事。

### 實驗三：觀察椰子殼的構造

- 一、將椰子殼剖開，切成六等份，取一塊觀察椰子殼內外的構造（如照片六至八）。
- 二、查詢網路上關於椰子構造的資料。



照片六



照片七



照片八

結果：

1. 最外層是椰子的外果皮，是一層綠色的表皮。
2. 接著是內果皮，呈硬殼狀，是充滿纖維的咖啡色組織。
3. 最內層是椰肉，是附著在果實內壁的一層厚厚的白色固體，可以做成多種食物。
4. 果實內部的空間貯藏有椰子水。

## 研究目的二：設計適合的實驗方式

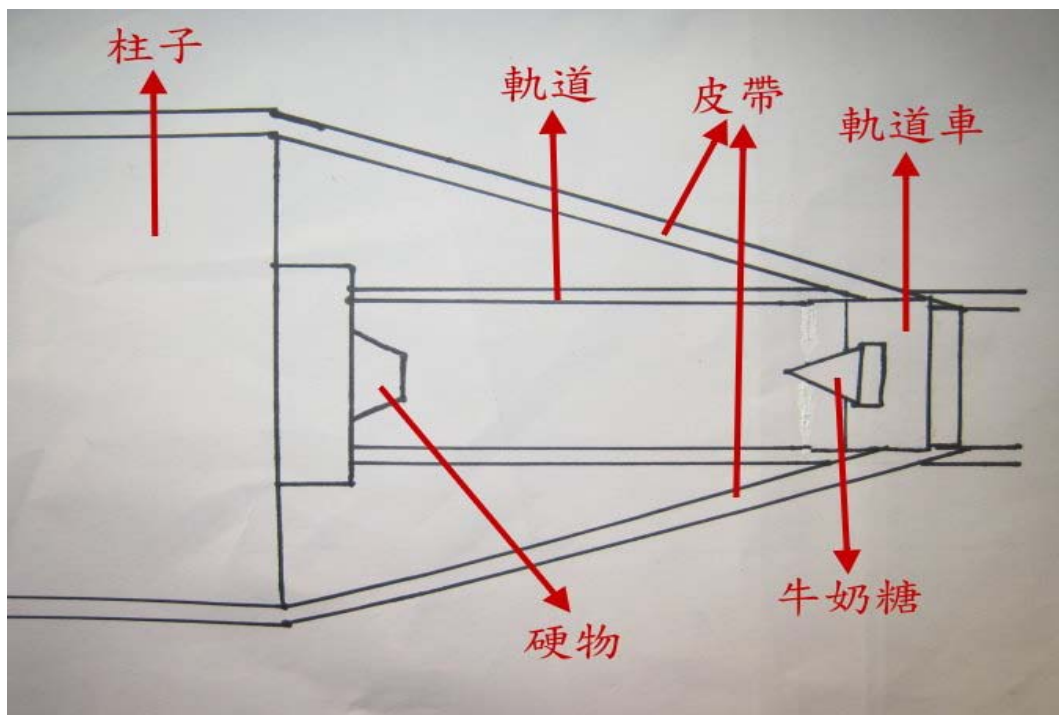
### 實驗四：設計實驗發射平台

#### [我們的想法]

牛奶糖是種軟軟的糖果，想不到竟然可以刺穿椰子殼，我們想探究什麼因素會影響牛奶糖刺穿椰子殼。剛開始的實驗，我們直接拿硬物砸地上的牛奶糖，但常常丟不準或丟不正，所以我們想設計一個實驗發射平台。

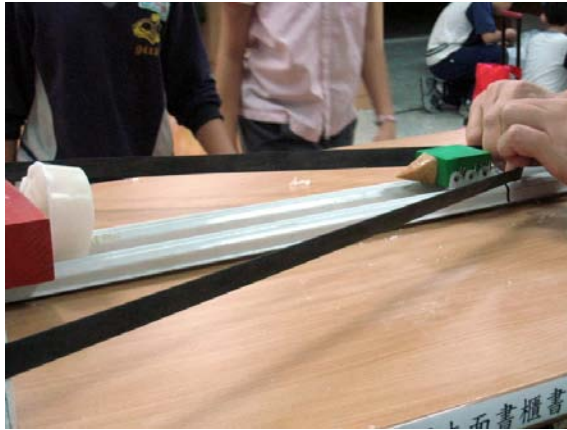
#### [方法]

一、我們設計的發射平台的設計圖如照片九。



照片九

二、拿窗簾的滑軌當軌道，在一塊木頭積木兩側分別釘上一樣多的窗簾滑輪，使其能在軌道上自由滑動，牛奶糖水平放置於軌道車前端，以拉緊的皮帶當作軌道車動力，拉動軌道車使牛奶糖撞擊硬物(如照片十、十一)。



照片十



照片十一

三、因為牛奶糖需要花錢另外買，本來想找可以替代的東西，我們想到的是使用油性黏土，因此將油性黏土搓揉成各種形狀測試(如照片十二至十四)。



照片十二



照片十三



照片十四

結果：

1. 經過測試，設計平面平台的方法非常成功，幾乎百發百中，而且還可以控制撞擊力量的強弱。
2. 油性黏土多次嘗試，還是無法刺入椰子殼以及其他嘗試的硬物，因此，我們還是用牛奶糖來做實驗。

### 實驗五：哪種硬物可以替代椰子殼做實驗

#### [我們的想法]

如果我們的實驗用椰子來做，不僅要花一筆錢，而且椰子每一顆的大小軟硬都不一樣，因此我們想測試哪一種硬物可以替代椰子殼做實驗。

#### [方法]

- 一、準備蠟塊、鐵片、木片、椰子殼、三層瓦楞紙片分別放在軌道前端。
- 二、利用發射平台發射牛奶糖。
- 三、將實驗結果記錄下來如表一。

| 表一 牛奶糖狀及不同材質硬物觀察記錄表 |                  |                    |                    |                                 |                       |
|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 材質                  | 蠟塊               | 木片                 | 瓦楞紙板               | 椰子殼                             | 鐵片                    |
| 實驗結果                | 蠟塊被打出一個大洞(如照片十五) | 木片留有牛奶糖打到的洞(如照片十六) | 輕輕鬆鬆打穿三張厚紙板(如照片十七) | 牛奶糖打進去椰子殼，形成一個沿著椰子纖維扁平的洞(如照片十八) | 鐵片嚴重凹陷，但未能造成破洞(如照片十九) |

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 照片十五(被牛奶糖戳破的蠟塊)                                                                     | 照片十六(被牛奶糖穿刺的木板)                                                                      |
|   |   |
| 照片十七(被牛奶糖穿刺的三層厚紙板)                                                                  | 照片十八(牛奶糖真的可以刺破椰子)                                                                    |
|  |  |
| 照片十九(被牛奶糖撞成嚴重凹陷的鐵片)                                                                 |                                                                                      |
|  |                                                                                      |

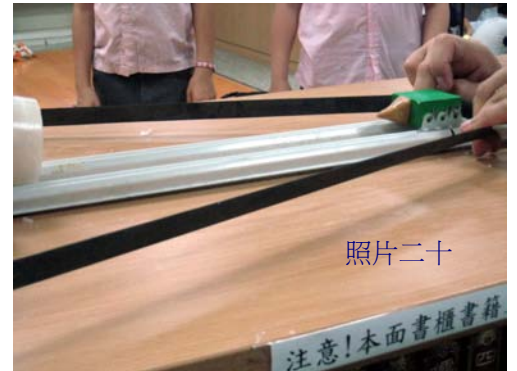
結果：

我們發現蠟塊可以明確清楚表現出牛奶糖撞擊的強弱，呈現不同深度與大小的孔洞，而且蠟塊還可以融化重複使用，相當環保，因此我們選用蠟塊做為實驗替代椰子殼之用途。

### 研究目的三：研究牛奶糖刺破硬物的變因

#### 實驗六：不同的撞擊力量會影響牛奶糖刺破硬物嗎？

- 一、取一樣形狀的牛奶糖放置軌道車前端。
- 二、軌道上劃出三段長度，分別使牛奶糖尖端距離蠟塊的長度分別為 10cm、20cm、30cm。
- 三、分別將彈性皮帶拉至三段長度，發射牛奶糖(如照片二十)。
- 四、測量蠟塊被刺穿的深度，以及被撞擊成的孔洞大小，並描述孔洞形狀。



照片二十

#### [測深度方法]

蠟塊被撞擊後，形成的孔洞原本的蠟塊會突出堆積在表面(如照片二十一)，先用美工刀將突出的蠟塊沿平面清除。因產生的孔洞很單純不會彎曲，我們將竹籤垂直放置於孔洞最深處測量深度，但避免竹籤插進蠟塊增加額外深度。在蠟塊平面上拉一段縫衣線，縫衣線上塗上紅色墨水，縫衣線在蠟塊上表面平拉，與蠟塊上表面平面平行，接觸竹籤後即會留下水平線痕跡，測量竹籤插入的長度即可(如照片二十二、二十三)。



照片二十一



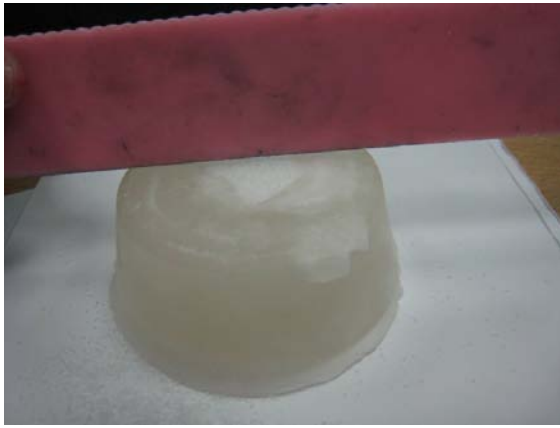
照片二十二



照片二十三

#### [測孔洞大小方法]

將撞擊孔洞填滿食鹽，用尺沿著蠟塊上表面平刮，將超出孔洞的食鹽顆粒刮掉。因孔洞單純，接著用毛筆即可將孔洞內的食鹽清出，再用電子天平測出食鹽重量(如照片二十四至二十六)。



相片二十四



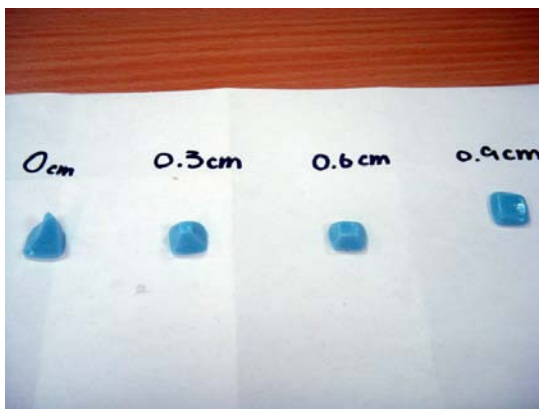
相片二十五



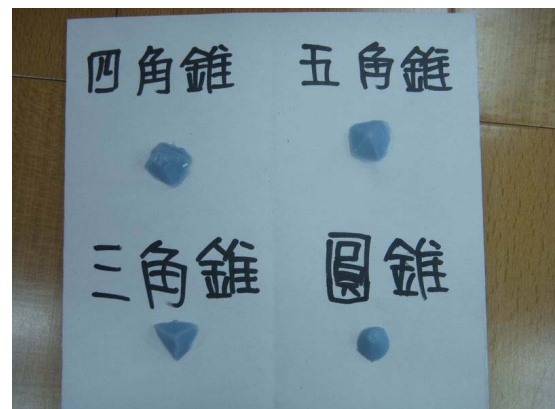
照片二十六

#### [觀察孔洞外緣形狀的方法]

因為班級中有家長是牙醫，他提供我們做牙齒模型用的塑模粉。我們先取適量的塑模粉，加入適當水量，攪拌後倒入孔洞中，沒多久塑模粉的形狀就固定了，我們很輕易就能看出孔洞的形狀(如照片二十七、二十八)。



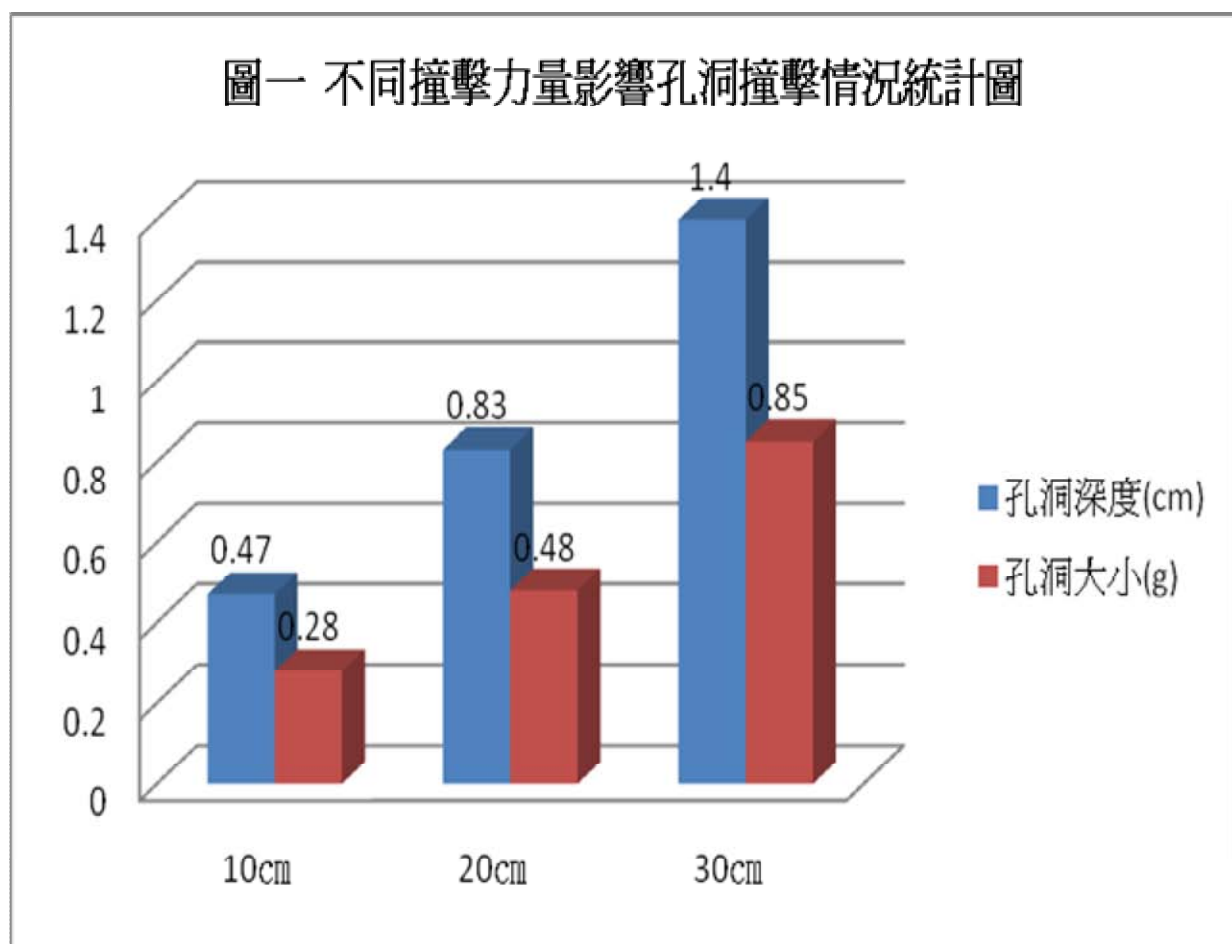
照片二十七



照片二十八

五、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表二，將平均值畫出統計圖如圖一。

| 表二 不同撞擊力量影響孔洞撞擊情況紀錄表 |     |       |       |       |
|----------------------|-----|-------|-------|-------|
| 撞擊力量                 |     | 10 cm | 20 cm | 30 cm |
| 孔洞深度(cm)             | 第一次 | 0.5   | 0.9   | 1.3   |
|                      | 第二次 | 0.4   | 0.8   | 1.5   |
|                      | 第三次 | 0.5   | 0.8   | 1.4   |
|                      | 平均  | 0.47  | 0.83  | 1.4   |
| 孔洞大小(g)              | 第一次 | 0.28  | 0.52  | 0.79  |
|                      | 第二次 | 0.31  | 0.51  | 0.89  |
|                      | 第三次 | 0.26  | 0.40  | 0.86  |
|                      | 平均  | 0.28  | 0.48  | 0.85  |
| 孔洞形狀                 |     | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 |



結果：

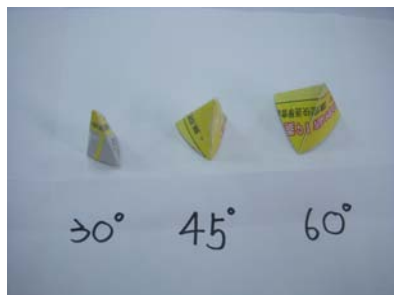
撞擊的力量愈大，造成的孔洞愈深也愈大，孔洞形狀是跟牛奶糖類似的四角錐。

### 實驗七：牛奶糖角錐不同頂角角度會影響牛奶糖刺破硬物嗎？

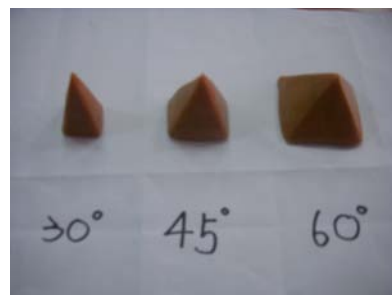
- 一、我們角錐的作法是利用墊板剪出頂點  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  的三角形組成不同尖銳角度的四角錐當做模型，製作多組不同尖銳角度的牛奶糖錐備用(如照片二十九至三十一)。



照片二十九



照片三十

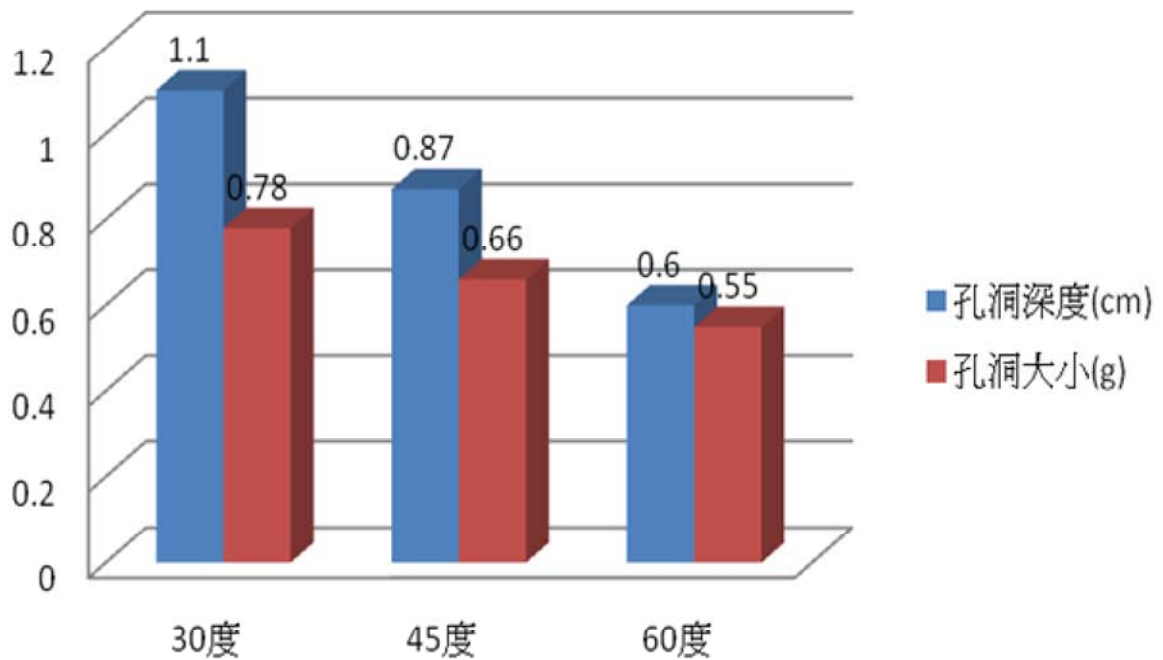


照片三十一

- 二、將彈性皮帶拉到 30cm 的定點，依序射擊蠟塊。  
三、觀察孔洞的外觀形狀，並測量孔洞的深度以及大小。  
四、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表三，將平均值畫出統計圖如圖二。

| 表三 牛奶糖角錐不同頂角角度影響孔洞撞擊情況紀錄表 |     |       |       |       |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|
| 頂角角度                      |     | 30 度  | 45 度  | 60 度  |
| 孔洞深度(cm)                  | 第一次 | 1.3   | 0.9   | 0.7   |
|                           | 第二次 | 1.0   | 1.0   | 0.6   |
|                           | 第三次 | 1.0   | 0.7   | 0.5   |
|                           | 平均  | 1.1   | 0.87  | 0.6   |
| 孔洞大小(g)                   | 第一次 | 0.87  | 0.62  | 0.51  |
|                           | 第二次 | 0.69  | 0.66  | 0.60  |
|                           | 第三次 | 0.79  | 0.71  | 0.53  |
|                           | 平均  | 0.78  | 0.66  | 0.55  |
| 孔洞形狀                      |     | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 |

圖二 牛奶糖角錐不同頂角角度影響孔洞撞擊情況統計圖

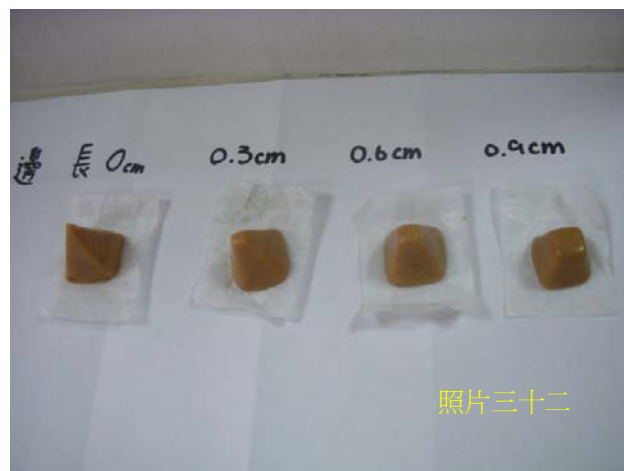


結果：

牛奶糖四角錐頂角的角度愈小，造成的孔洞愈深也愈大，孔洞形狀也是跟牛奶糖類似的四角錐。

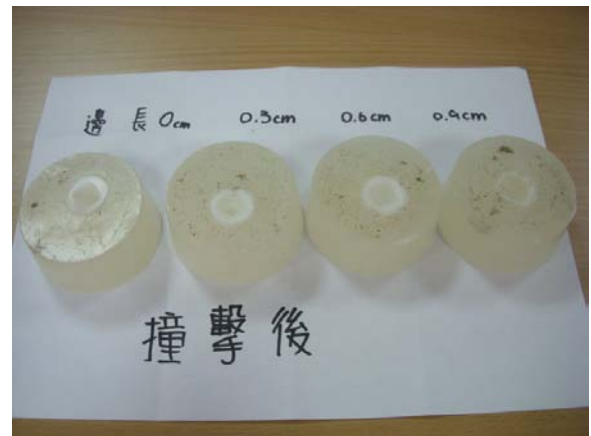
#### 實驗八：牛奶糖角錐頂角不同尖銳程度會影響牛奶糖刺破硬物嗎？

- 一、我們先做出四個 45° 的四角錐，第一個頂角保持尖銳，第二個至第四個頂角用美工刀小心切下不同長度，使其出現正方形頂面，控制頂面大小分別為 0.3cm×0.3cm、0.6cm×0.6cm、0.9cm×0.9cm 的正方形(如相片三十二)。
- 二、將彈性皮帶拉到 35cm 的定點，依序射擊蠟塊。
- 三、觀察牛奶糖撞擊後的樣子以及蠟塊孔洞的外觀形狀(如相片三十三、三十四)，並測量孔洞的深度以及大小。
- 四、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表四，將平均值畫出統計圖如圖三。





照片三十三

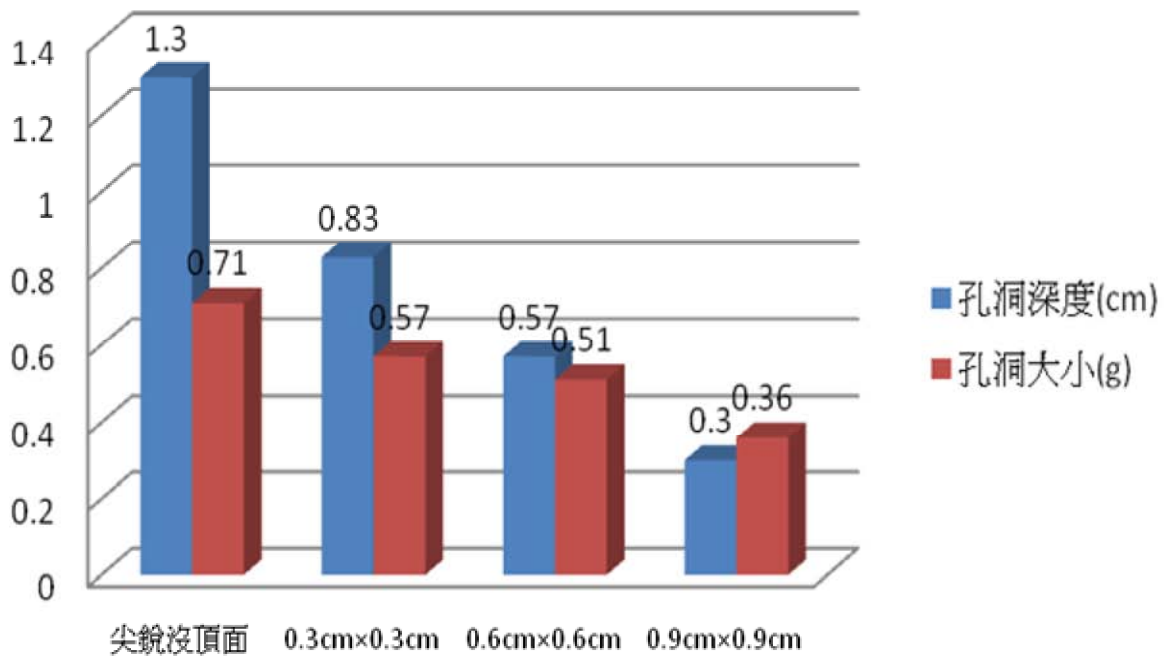


照片三十四

表四 四角錐不同尖銳程度影響孔洞撞擊情況紀錄表

| 頂面大小         |     | 尖銳沒頂面 | 0.3cm×0.3cm  | 0.6cm×0.6cm  | 0.9cm×0.9cm  |
|--------------|-----|-------|--------------|--------------|--------------|
| 孔洞深度<br>(cm) | 第一次 | 1.1   | 0.7          | 0.5          | 0.3          |
|              | 第二次 | 1.2   | 0.8          | 0.6          | 0.3          |
|              | 第三次 | 1.6   | 1.0          | 0.6          | 0.3          |
|              | 平均  | 1.3   | 0.83         | 0.57         | 0.3          |
| 孔洞大小<br>(g)  | 第一次 | 0.76  | 0.61         | 0.46         | 0.32         |
|              | 第二次 | 0.70  | 0.57         | 0.56         | 0.38         |
|              | 第三次 | 0.68  | 0.52         | 0.50         | 0.37         |
|              | 平均  | 0.71  | 0.57         | 0.51         | 0.36         |
| 孔洞形狀         |     | 傾斜四角錐 | 類似牛奶糖的<br>柱體 | 類似牛奶糖的<br>柱體 | 類似牛奶糖的<br>柱體 |

圖三 牛奶糖角錐頂角不同尖銳程度影響孔洞撞擊情況統計圖



結果：

牛奶糖四角錐頂角愈尖銳，造成的孔洞愈深也愈大，孔洞形狀也是跟牛奶糖類似的四角錐與柱體。

#### 實驗九：角錐不同高度會影響牛奶糖刺破硬物嗎？

一、製作三種尖銳度一樣都是 45 度，但不同高度的四角錐，分別是 3.5 公分、4.0 公分、4.5 公分(如照片三十五至三十七)。



照片三十五



照片三十六



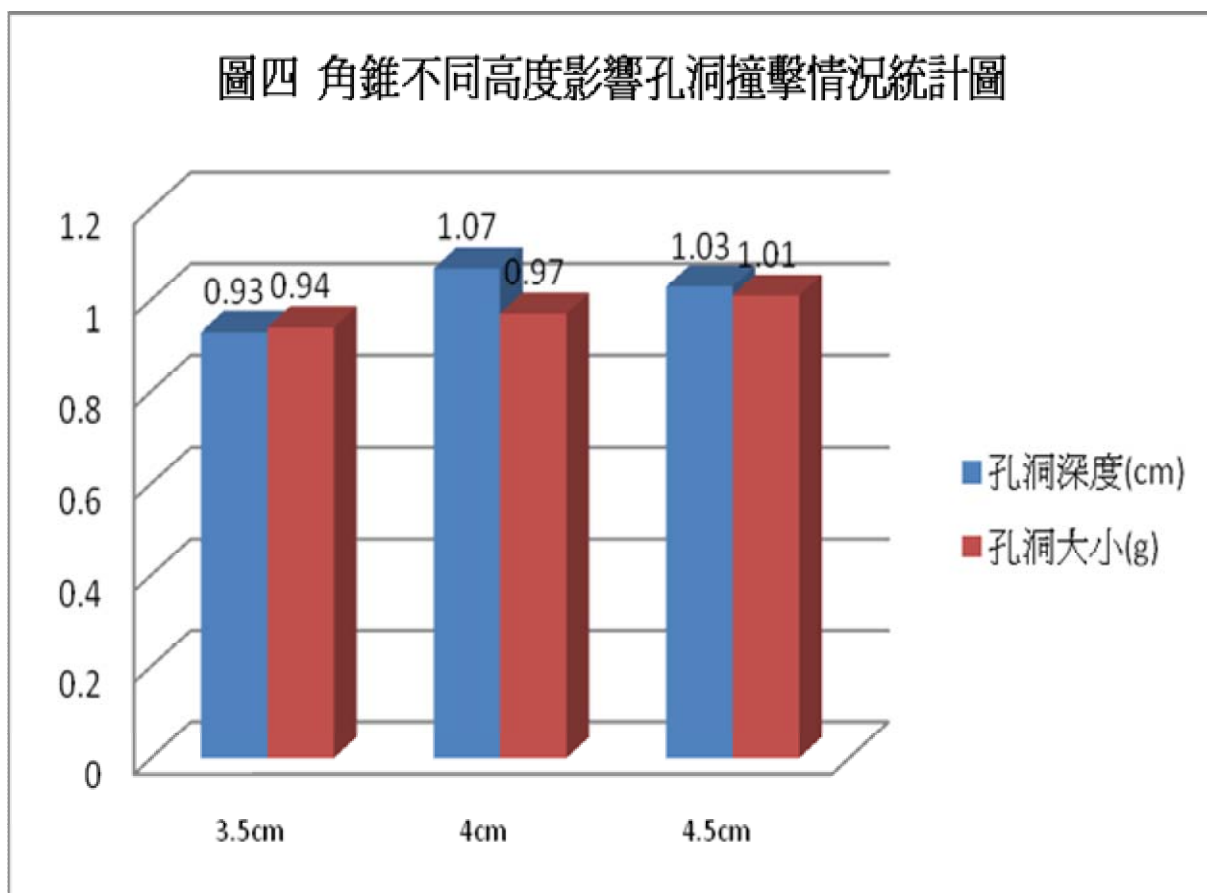
照片三十七

二、將彈性皮帶拉到 30cm 的定點，依序射擊蠟塊。

三、觀察孔洞的外觀形狀，並測量孔洞的深度以及大小。

四、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表五，畫出統計圖如圖四。

| 表五 四角錐不同高度影響孔洞撞擊情況紀錄表 |     |       |       |       |
|-----------------------|-----|-------|-------|-------|
| 四角錐高度                 |     | 3.5cm | 4cm   | 4.5cm |
| 孔洞深度(cm)              | 第一次 | 0.9   | 1.0   | 1.1   |
|                       | 第二次 | 0.8   | 1.0   | 1.0   |
|                       | 第三次 | 1.1   | 1.2   | 1.0   |
|                       | 平均  | 0.93  | 1.07  | 1.03  |
| 孔洞大小(g)               | 第一次 | 1.03  | 0.99  | 0.96  |
|                       | 第二次 | 0.88  | 1.05  | 0.97  |
|                       | 第三次 | 0.91  | 0.86  | 1.09  |
|                       | 平均  | 0.94  | 0.97  | 1.01  |
| 孔洞形狀                  |     | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐 |



結果：

牛奶糖四角錐的高度，對撞擊孔洞的影響差異不大，也看不出明確的趨勢或相關。

### 實驗十：牛奶糖與硬物不同接觸點數會影響牛奶糖刺破硬物嗎？

- 一、分成四組，依序在軌道車前黏上一個、二個、三個、四個四角錐，使其與蠟塊撞擊的接觸點分別為一個、二個、三個、四個(如照片三十八)。為方便黏上軌道車，每個四角錐的頂角都是 30 度。



照片三十八

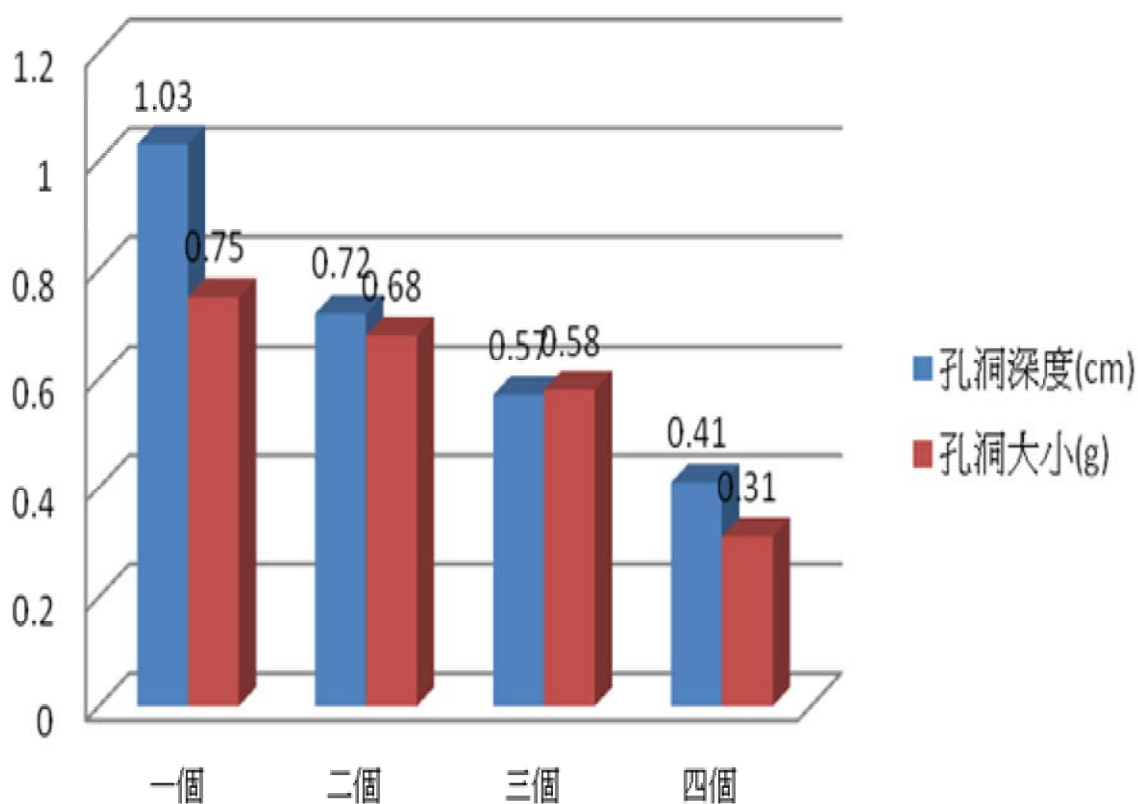
- 二、將彈性皮帶拉到 30cm 的定點，依序射擊蠟塊。
- 三、觀察孔洞的外觀形狀(如照片三十九)，並測量孔洞的深度以及大小。
- 四、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表六，畫出統計圖如圖五。



照片三十九

| 表六 牛奶糖與蠟塊不同接觸點數影響孔洞撞擊情況紀錄表 |     |       |         |             |                  |
|----------------------------|-----|-------|---------|-------------|------------------|
| 接觸點數                       |     | 一個    | 二個      | 三個          | 四個               |
| 孔洞深度<br>(cm)               | 第一次 | 1.1   | 0.7、0.5 | 0.6、0.5、0.6 | 0.5、0.4、0.4、0.5  |
|                            | 第二次 | 0.9   | 0.9、0.8 | 0.7、0.5、0.6 | 0.4、0.5、0.3、0.4. |
|                            | 第三次 | 1.1   | 0.8、0.6 | 0.5、0.5、0.6 | 0.3、0.4、0.4、0.4  |
|                            | 平均  | 1.03  | 0.72    | 0.57        | 0.41             |
| 孔洞大小<br>(g)                | 第一次 | 0.66  | 0.67    | 0.52        | 0.29             |
|                            | 第二次 | 0.82  | 0.65    | 0.57        | 0.33             |
|                            | 第三次 | 0.76  | 0.72    | 0.65        | 0.31             |
|                            | 平均  | 0.75  | 0.68    | 0.58        | 0.31             |
| 孔洞形狀                       |     | 傾斜四角錐 | 傾斜四角錐   | 傾斜四角錐       | 傾斜四角錐            |

圖五 牛奶糖與蠟塊不同接觸點數影響孔洞撞擊情況統計圖



結果：

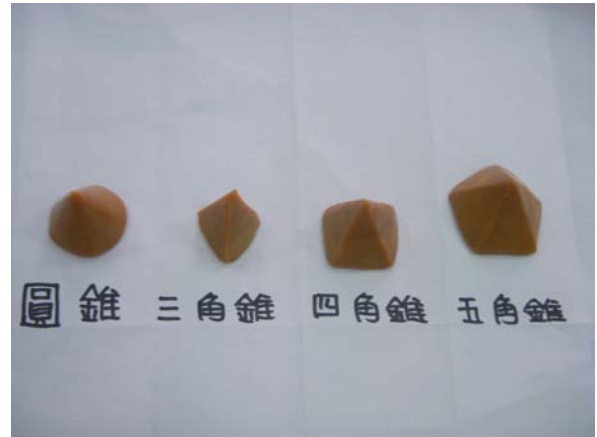
牛奶糖與蠟塊的接觸點愈多，刺入的深度愈淺，雖然孔洞的個數較多，但孔洞累計的大小還是比較小。

#### 實驗十一：牛奶糖不同角錐形狀會影響牛奶糖刺穿硬物嗎？

- 一、製作四種高度一樣,但形狀不一樣的角錐，分別是圓錐、三角錐、四角錐、五角錐(如照片四十至四十一)。



照片四十



照片四十一

- 二、將彈性皮帶拉到 30cm 的定點，依序射擊蠟塊。
- 三、觀察撞擊後牛奶糖的形狀以及孔洞的外觀形狀(如照片四十二、四十三)，並測量孔洞的深度以及大小。
- 四、實驗三次，取其平均值，將結果記錄於表七，畫出統計圖如圖六。

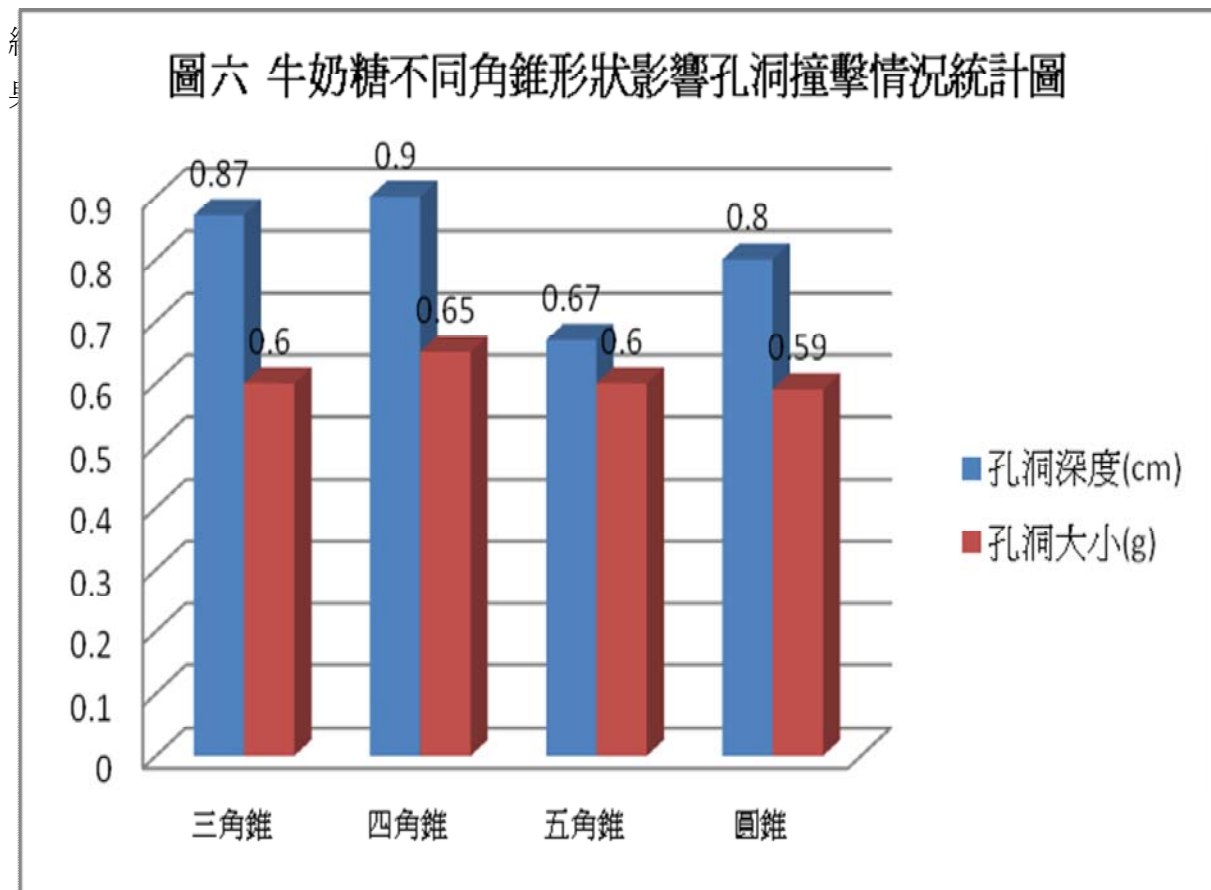


照片四十二



照片四十三

| 表七 不同角錐形狀影響孔洞撞擊情況紀錄表 |     |       |       |       |      |
|----------------------|-----|-------|-------|-------|------|
| 角錐形狀                 |     | 三角錐   | 四角錐   | 五角錐   | 圓錐   |
| 孔洞深度<br>(cm)         | 第一次 | 1.0   | 1.1   | 0.8   | 0.7  |
|                      | 第二次 | 0.8   | 0.7   | 0.6   | 0.8  |
|                      | 第三次 | 0.8   | 0.9   | 0.6   | 0.9  |
|                      | 平均  | 0.87  | 0.9   | 0.67  | 0.8  |
| 孔洞大小<br>(g)          | 第一次 | 0.62  | 0.66  | 0.55  | 0.58 |
|                      | 第二次 | 0.65  | 0.61  | 0.59  | 0.62 |
|                      | 第三次 | 0.52  | 0.69  | 0.67  | 0.57 |
|                      | 平均  | 0.60  | 0.65  | 0.60  | 0.59 |
| 孔洞形狀                 |     | 傾斜三角錐 | 傾斜四角錐 | 傾斜五角錐 | 傾斜圓錐 |



角

錐差不多，圓錐其次，五角錐最淺。

2. 四種錐體形狀撞出來的孔洞大小差異並不大。
3. 孔洞的形狀跟牛奶糖的形狀類似。

#### 研究目的四：探討牛奶糖刺入椰子殼的關鍵因素

##### 實驗十二：找出能讓牛奶糖順利刺入椰子殼的關鍵因素

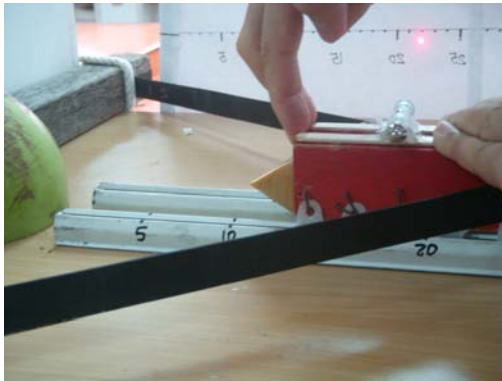
###### [我們的想法]

- 一、前面的實驗都是用蠟塊模擬椰子殼，我們想用椰子殼實際操作，讓牛奶糖能順利刺入椰子殼。
- 二、從研究目的三變因的探討，我們發現要能將蠟塊撞得深，主要是力量要大，還有牛奶糖要尖銳，接觸點不能多，接觸面積不能大。
- 三、日常生活中的經驗，被重的東西砸到比較痛，因為重的東西可以產生比較大力氣，但是我們的實驗是用牛奶糖撞椰子，我們發現牛奶糖快速移動也會產生力氣。
- 四、到底牛奶糖在不同尖銳程度下，要多快的速度可以刺入椰子殼？這是實驗十二的重點。

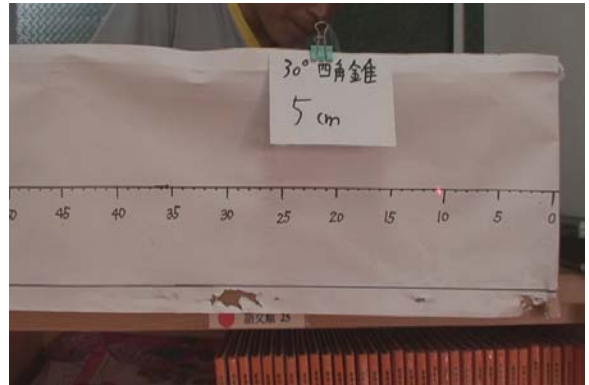
###### [測牛奶糖移動速度的步驟]

- 一、在原先的實驗發設平台旁架一紙幕，紙幕的長度要適當，能搭配軌道車的移動距離，並畫上刻度。

二、軌道車上黏一雷射筆，軌道車啟動時雷射筆的燈光要固定開啓(用膠帶固定)，使燈光打在紙幕上，用攝影機攝影燈光移動的情形(如照片四十四、四十五)。



照片四十四



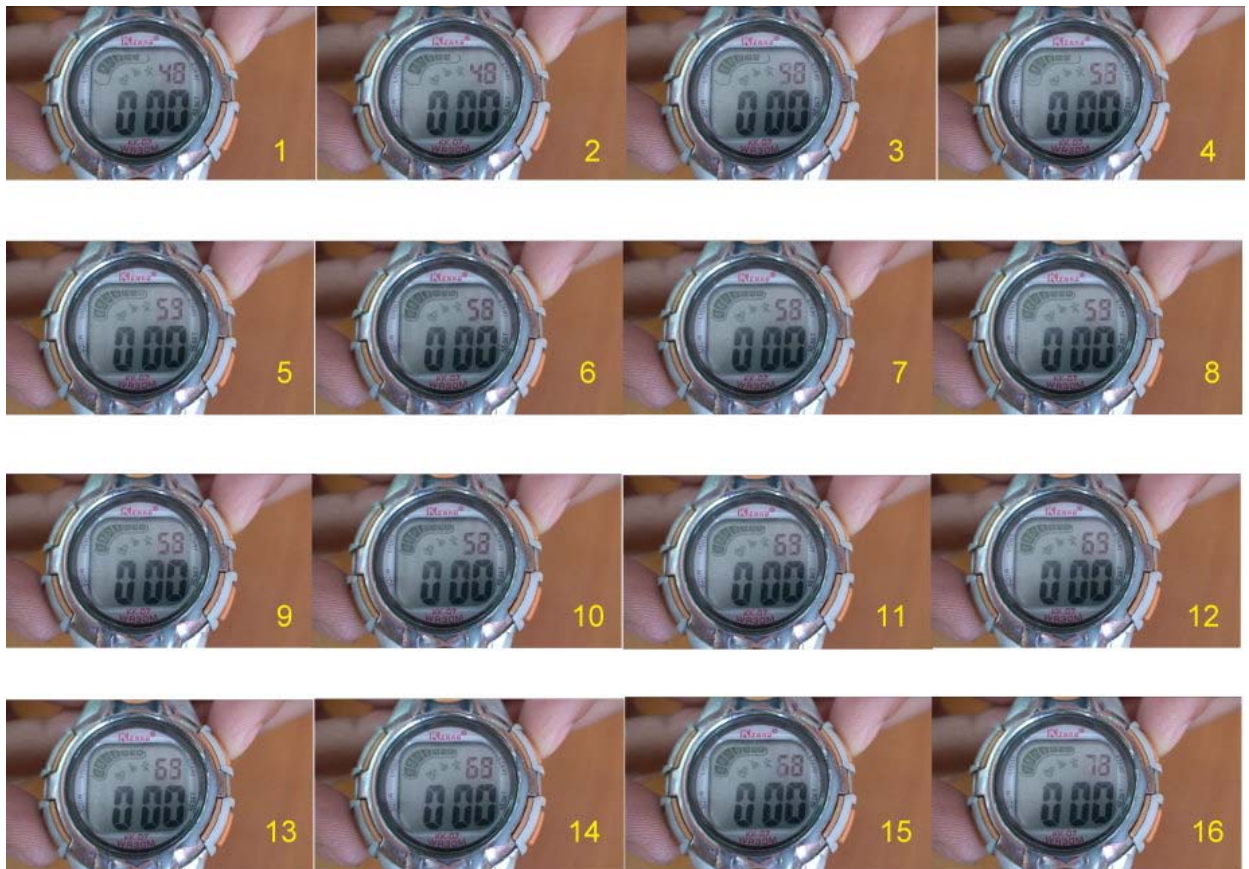
照片四十五

三、用 PowerDVD 軟體逐格撥放燈光移動影片，用 XnView 軟體擷取畫面。

四、從影片每秒拍攝格數，搭配燈光移動的距離，去推線軌道車移動的瞬間速度。

#### [測牛奶糖移動速度的方法]

一、我們先推算攝影機拍攝每秒鐘有幾個畫格，我們拿學校攝影機拍碼表，在 PowerDVD 軟體播放，算算一秒鐘有幾個畫格(擷取碼表片斷如照片四十六)。結果每秒鐘有六十個畫格間隔，也就是說兩個畫格間相距  $1/60$  秒。

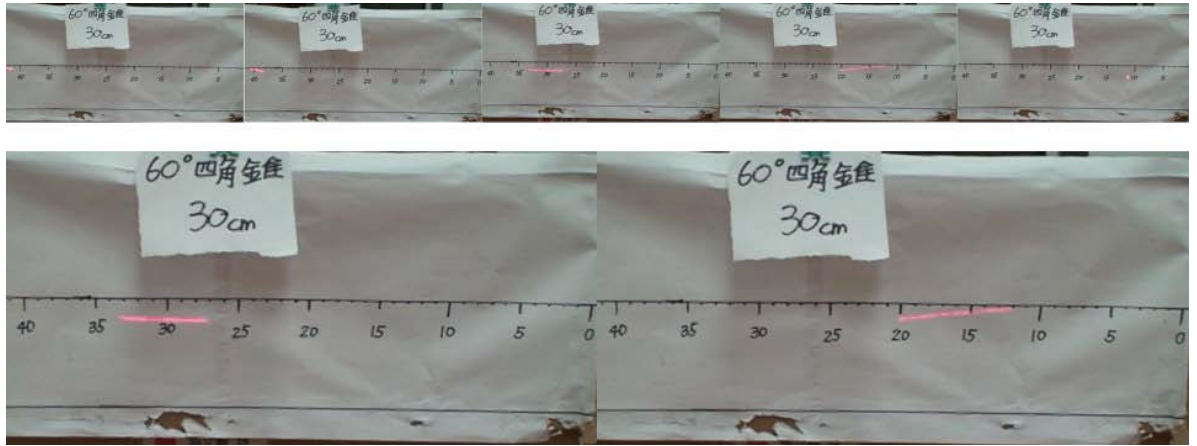


照片四十六

二、用 XnView 軟體逐格自螢幕擷取，因為光線移動愈來愈快，老師說這叫做加

速度運動，我們取最接近撞擊點的兩相鄰畫格，以找出最接近撞擊時的瞬間速度。

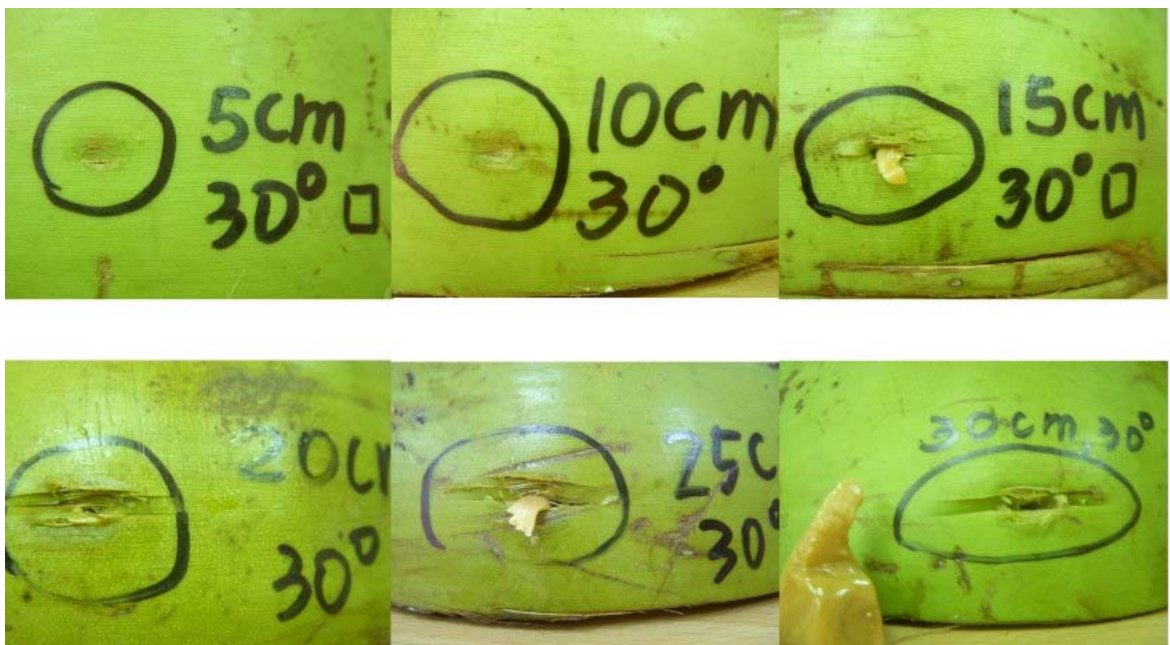
- 三、我們以牛奶糖四角錐 60 度頂角距離 30cm 為例(如照片四十七)。我們一畫格光線起點在 27cm 處，另一畫格光線起點在 12cm 處，光線在 1/60 秒移動了 15cm，也就是每秒移動 9m，每小時時速就是 32.4km。



照片四十七

[實驗步驟]

- 一、製作 30°、45°、60° 的牛奶糖四角錐，依序分別黏於軌道車前端。
- 二、將每顆椰子殼都切成六等份，取一片固定在軌道前端，將軌道車拉至 5、10、15、20、25、30 cm 處再放開，觀察椰子殼被撞擊情形。
- 三、椰子受撞擊的相片如照片四十八至五十。
- 四、將觀察結果紀錄於表八。



照片四十八



照片四十九



照片五十

| 表八 不同速度的牛奶糖刺穿椰子殼的比較表 |             |                 |                         |        |
|----------------------|-------------|-----------------|-------------------------|--------|
| 牛奶糖的角度               | 牛奶糖的距離 (cm) | 牛奶糖的瞬間速度 (每秒公尺) | 椰子殼被撞擊的情形               | 椰子是否撞裂 |
| 30°<br>四角錐           | 5           | 2.1             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 10          | 3.6             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 15          | 5.4             | 牛奶糖刺入椰子殼，卡在椰子內果皮內       | ✓      |
|                      | 20          | 6.3             | 牛奶糖刺入椰子殼，卡在椰子內果皮內       | ✓      |
|                      | 25          | 6.9             | 牛奶糖刺入椰子殼，卡在椰子內果皮內       | ✓      |
|                      | 30          | 9.3             | 牛奶糖刺入椰子殼，卡在椰子內果皮內       | ✓      |
| 45°<br>四角錐           | 5           | 2.4             | 椰子殼表皮撞凹一小塊，但深度比 30 度角錐深 | ✕      |
|                      | 10          | 3.6             | 椰子殼表皮撞凹一小塊，但深度比 30 度角錐深 | ✕      |
|                      | 15          | 4.8             | 表皮撞凹一小塊，但深度比 30 度角錐深    | ✕      |
|                      | 20          | 6.6             | 椰子殼撞出長條狀裂痕已達內果皮         | ✓      |
|                      | 25          | 7.5             | 椰子殼撞出長條狀裂痕已達內果皮         | ✓      |
|                      | 30          | 9.6             | 椰子殼撞出長條狀裂痕已達內果皮         | ✓      |
| 60°<br>四角錐           | 5           | 2.4             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 10          | 4.5             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 15          | 4.8             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 20          | 7.2             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 25          | 8.7             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |
|                      | 30          | 9.0             | 椰子殼表皮撞凹一小塊              | ✕      |

結果：

1. 只要牛奶糖夠尖銳，加上產生的力量夠大，就可以使牛奶糖刺破椰子的硬殼。
2. 牛奶糖角錐 60 度頂角只能撞凹椰子綠色外皮，無法撞裂內果皮。
3. 牛奶糖角錐 30 度頂角移動秒速達到 5.4 公尺(約時速 19.4 公里)，或 45 度頂角達到秒速 6.6 公尺(時速約 23.8 公里)都能刺入椰子內果皮的硬殼。

## 伍、 討論：

- 一、在這個研究中，我們遇到了很多的困難，像我們在做牛奶糖錐體時就想了很久，不知該怎麼做出錐體，後來才想出用墊板剪出錐體展開圖，才順利做成錐體模型。而牛奶糖軟軟的，製作時要很細心才能做出完整形狀。
- 二、水果行賣的椰子的大小、成熟度、放置時間……都不一樣，不容易做變因控制，所以我們才會想找一種替代的材質，蠟塊可以明確清楚表現出牛奶糖撞擊力的強弱，呈現不同深度與大小的孔洞，而且蠟塊還可以融化重複使用，相當好用與環保。
- 三、因為撞擊出的孔洞的形狀很單純，所以用竹籤測孔洞深度並沒有太大困難。用鹽巴量測孔洞大小是我們想出來的方法，但要注意測量時一定要先把洞口多出的鹽巴刮掉，測出來的數據才會正確。
- 四、用彈性皮帶拉動軌道車，軌道車移動的速度真的很快，播放影片的軟體兩張畫格的間隔時間是 1/60 秒，已經能讓我們大概測出撞擊前的瞬間速度，學校家裡找不到更高速的攝影機，否則如果畫格間隔的時間能更短，測出的瞬間速度就更準確了。

## 陸、 結論：

- 一、牛奶糖真的可以刺破椰子殼，所以網路上的影片不是造假騙人的，是真的。
- 二、椰子最外層是綠色外果皮，接著內果皮充滿纖維呈硬殼狀，最內層是椰肉，果實內部的空間貯藏有椰子水。
- 三、關於變因的探討，我們用蠟塊替代椰子殼，我們發現撞擊力量愈大、牛奶糖頂角角度愈小、頂面面積愈小愈尖銳、牛奶糖與硬物的接觸點數愈少，撞出的孔洞就會愈深，撞出的孔洞也愈大。但牛奶糖頂角角度相同，高度不同，差異就不大。
- 四、四角錐撞擊出的孔洞最深，但和三角錐差不多，圓錐其次，五角錐最淺，但四種錐體撞出來的孔洞大小差異並不大。
- 五、撞出的孔洞形狀跟牛奶糖原本的形狀很類似。
- 六、牛奶糖角錐 60 度頂角只能撞凹椰子綠色外皮，無法撞裂內果皮硬殼。
- 七、牛奶糖角錐 30 度頂角移動秒速達到 5.4 公尺(約時速 19.4 公里)，或 45 度頂角達到秒速 6.6 公尺(時速約 23.8 公里)都能刺入椰子內果皮的硬殼。

## 柒、 參考資料及其他：

- 一、<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!8G8NejiRHRb9.jMPEhYwuw--/article?mid=113>
- 二、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1610032904646>
- 三、<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105050505499>
- 四、<http://www.wretch.cc/blog/z6789926/6516191>

**【評語】 080104**

取材生活化且兼顧國小課程之科學概念延伸，探討找出原因，學童表現的研究態度可佳。