

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080808

遇強則強的玉米漿

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

作者： 小六 黃芊惠 小六 黃欣怡 小六 黃曄家 小六 陳宥瑾 小六 蔡岳霖	指導老師： 黃佳慧 葉明宗
---	-------------------------

關鍵詞：玉米漿、流體

遇強則強的玉米漿

摘要

玉米漿是由玉米粉和清水泡製而成，是一種特別的流體，當玉米粉和水的比例達到 3：2 時，人在其上兩腳不斷輪流踩踏，玉米漿會變成像固態一樣堅硬而撐住人的重量，使人不下陷，但人若停止踩踏，玉米漿又會變成液態流體，人便會慢慢往下沉。如果玉米漿濃度未達該比例，則上述所有現象皆會消失。我們推測玉米粉的顆粒小，玉米漿流動速度慢，可能是主要原因。我們發現玉米漿能有效緩衝重物的撞擊，我們利用玉米漿「遇強則強」的特性，找出一個最佳的包裹雞蛋方式，保護易碎的雞蛋在不小心摔落地面時不會破裂。

壹、研究動機

有一次，我在一個日本節目中看見主持人表演『輕功水上漂』，節目現場準備了一個大桶子，裡面裝滿了玉米漿，接著主持人踏進玉米漿並快速向前跑，他安全的通過玉米漿；但另一位來賓就沒這麼幸運了，因害怕而使得他動作太慢因此深陷在玉米漿中。接著主持人又抓了一把玉米漿緊握在手中，打開手掌瞬間，玉米漿竟先呈現固體狀態，緊接著馬上變成流體，逐漸流出主持人的手中。我看了覺得很神奇，玉米漿和我們自然課所學的物體有三態—固態、液態、氣態的特性不同，因此便和同學決定把它當成科展研究的題目。

貳、研究目的

- 一、分析「輕功水上漂」的現象並探究原因
- 二、探究影響玉米漿變化的因素
- 三、尋找玉米漿除了會瞬間變硬外的其他特性
- 四、利用玉米漿的特性應用在生活上

參、研究設備及器材

玉米粉、沙子、泥土、粉筆灰、中筋麵粉、地瓜粉、太白粉、電子天秤、彈簧秤、扭蛋殼、肥皂、奇異筆、沙拉油、醋、酒精、自來水、量杯、雞蛋、塑膠手套、夾鍊袋、螞蟻雄兵、指示劑、鐵條、節拍器、電池、電池座、LED 燈，碼錶、游標尺。

肆、研究過程或方法

研究目的：分析「輕功水上漂」的現象並探究原因

實驗一、實驗驗證節目『輕功水上漂』的真實性

1. 觀賞節目「輕功水上漂」的玉米漿表演，搜尋網路資料，找出調製玉米漿流體的比率，並按比例調製玉米漿備用。
2. 尋找能模擬人在水面上踩踏的『機構』，將『機構』放置在調配好的玉米漿流體上運動，觀察並記錄其結果。
3. 以人實際在玉米漿上踩踏，觀察並記錄其結果。
4. 所有實驗觀察結果記錄於〈表一〉

結果：〈表一〉

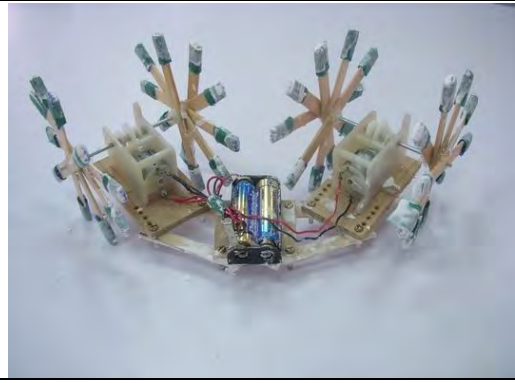
1. 網路上『調製玉米漿流體的比例』資料眾多，比例多樣。我們綜合歸納後將「玉米粉：水」的比例調製成 2：1、3：2、1：1 三種，依此比例調製玉米漿。（照片一）
2. 上學期我們參加「全國少年科技創作競賽」時曾製作螞蟻雄兵，我們發現冰棒棍製成的螞蟻腳轉動時，每根冰棒棍接觸地面的頻率就像人的兩隻腳踏地一樣，因此，我們製作了一隻螞蟻雄兵，將螞蟻雄兵放在上述玉米漿流體上運動（照片二），記錄觀察結果於下表〈表一〉內。
3. 我們找了學校的老師同學在玉米漿上實際踩踏（照片三、照片四），記錄觀察結果於下表〈表一〉內。
4. 因為玉米粉與水的比例在 3：2 時，實驗效果比較好，也比較符合節目「輕功水上漂」的表演，因此後續的玉米漿實驗就按照 3：2 的比例調製。

〈表一〉

玉米粉與水的比例	2：1	3：2	1：1
玉米漿的外觀	無法調製成漿狀，乾乾碎碎的。	稠稠糊糊的。	稀稀黏黏的，靜置一段時間後，有一層水浮在上頭
螞蟻雄兵行進情形	玉米漿太硬，螞蟻雄兵能在上頭行進。	螞蟻雄兵可以在玉米漿上頭行進，且不會沉下去。（照片五）	螞蟻雄兵前進一下，就被黏住無法行進。
螞蟻雄兵靜置在玉米漿情形	螞蟻雄兵能停在表面上。	螞蟻雄兵慢慢往下沉。（照片六）	螞蟻雄兵慢慢往下沉。
人兩腳持續踩踏情形	玉米漿踩下去乾乾沙沙的，感覺有些硬度，人能持續在上頭踩踏，讓玉米漿更紮實。	人可以持續在玉米漿上踩踏，而且不會沉下去。（照片七）	人一踩就被黏住，並慢慢陷下去，無法持續踩踏。
人兩腳踩踏停止情形	雙腳會稍微陷下去，不會陷下去到底，停在玉米漿上半部。	人會慢慢往下沉，沉到玉米漿底部。（照片八）	人會往下沉，沉到玉米漿底部。



照片一



照片二



照片三



照片四



照片五



照片六



照片七



照片八

實驗二、只有玉米漿才能做出『輕功水上漂』嗎？

- 1.搜集日常生活中常見的粉末。
- 2.利用五官及顯微鏡觀察其物理特性，利用同一根頭髮寬度比較其大小(用游標尺測出頭髮粗細是 0.06mm)。
- 3.將上述粉末分別加入 10 cc的蒸餾水，調製成流體並測量其酸鹼性、導電性及觀察是否溶於水(照片九、十、十一、十二)
- 4.<實驗一>讓人實際踩踏玉米漿時，我們購買大袋包裝玉米粉調製，但若各種粉末都買大袋包裝，對我們來說價錢太高，而且用螞蟻雄兵實驗就能符合實驗目的，因此我們就用螞蟻雄兵觀察其行進情形。
- 5.所有實驗觀察結果記錄於<表二>

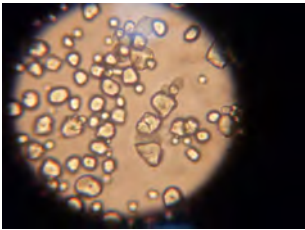
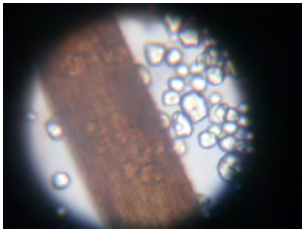
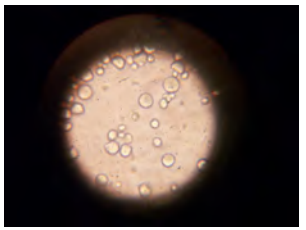
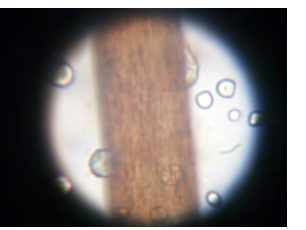
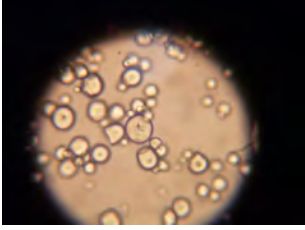
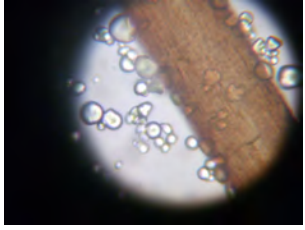
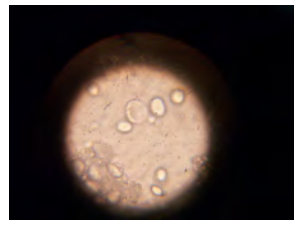
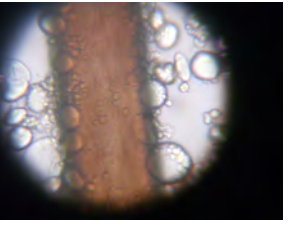


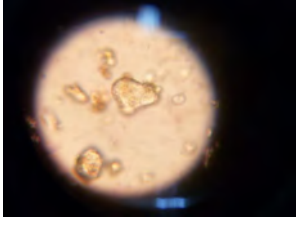

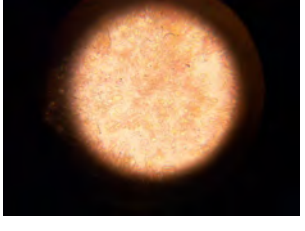
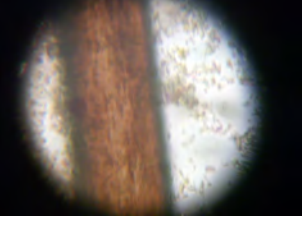

結果：<表二>

1. 各種粉末都不溶於水，液體部分呈現中性。
2. 液體部分都能使 LED 燈泡發亮，因此都可導電，但並不太亮。我們學過純水不會導電，或許粉末中有其他物質溶入水中。
3. 跟頭髮寬度比較後，這些粉末顆粒最粗的是沙子，其次是泥土，接著是中筋麵粉，玉米粉、太白粉、地瓜粉的顆粒較小，粉筆灰的顆粒普遍都小，但會穿插大顆粒在其中，大小最不一致的是泥土和粉筆灰。
4. 沙子、泥土、粉筆灰的形狀大都是破碎不規則形，玉米粉、太白粉、地瓜粉和中筋麵粉的形狀都接近圓形或橢圓形。
5. 玉米漿、太白粉漿和地瓜粉漿用手搓壓時會變硬，放鬆後又會變回流體，很像電視節目中表演的情形。
6. 沙子調成稠狀流體時，螞蟻雄兵在上方移動時越陷越深，無法動彈。而泥土和粉筆灰調成稠狀流體時，螞蟻雄兵一開始動就陷入流體中。中筋麵粉調成稠狀流體時，黏黏糊糊的，螞蟻雄兵無法在上方移動。
7. 玉米粉、太白粉及地瓜粉調成稠狀流體時，螞蟻雄兵仍可在上方移動。所以不只玉米漿可以呈現輕功水上飄的功夫，太白粉漿和地瓜粉漿也都可以。

<表二>

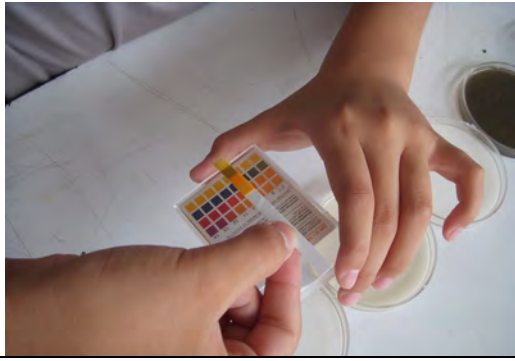
粉末名稱	玉米粉	太白粉	地瓜粉	中筋麵粉	沙子	泥土	粉筆灰
粉末主要成分	玉米	樹薯	樹薯	小麥	沙	土	石膏
視覺	白白的	白白的	大小顆粒不一	白白的	有細小的石子	灰灰黃黃的	粉狀
嗅覺	有點像麵粉	香香的	有麻糬的味道	有麵包的味道	有土的味道	有樹木的味道	有嗆鼻味
觸覺	滑滑的	滑滑的	粗粗的 用力擠壓會變成細粉末	滑滑的	粗粗的	細細的粉末	細細的粉末
是否溶於水	否	否	否	否	否	否	否
加水後的變化	變成黏稠狀，靜置一段時間會沉澱	變成黏稠狀，靜置一段時間會沉澱	地瓜粉會沉澱	變成麵粉糊	沙子不溶於水，一下子就沉澱	泥土會懸浮在流體中，一會兒便沉澱	粉筆灰不溶於水，一下子就沉澱
用手搓壓的情形	用手施加壓力會變硬，放鬆後又變成流體	用手施加壓力會變硬，放鬆後又變成流體	用手施加壓力會變硬，放鬆後又變成流體	變成軟軟的麵粉糰	太多的水會流掉，感覺硬硬的很鬆散	一搓就變成鬆鬆散散，不容一搓成一整團	一搓就變成鬆鬆散散，不容一搓成一整團
導電性	可	可	可	可	可	可	可
酸鹼性	中性	中性	中性	中性	中性	中性	中性
螞蟻雄兵行進情形	螞蟻雄兵可以順利行進。	螞蟻雄兵可以順利行進。	螞蟻雄兵可以順利行進。	螞蟻雄兵不可行進。	螞蟻雄兵越動陷得越深。	螞蟻雄兵會陷入泥巴中。	螞蟻雄兵無法行進。

顯微鏡觀察結果

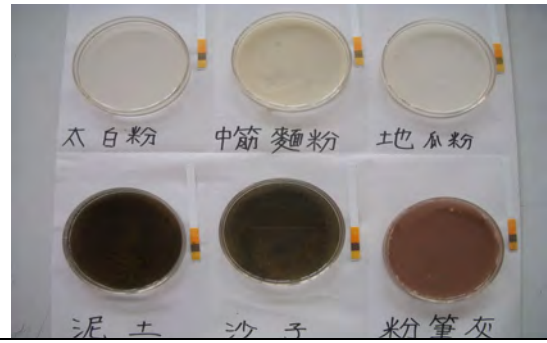
			
玉米粉		太白粉	
			
地瓜粉		中筋麵粉	
			
沙子		泥土	
			
粉筆灰		顯微鏡觀察	

加水後粉末的變化

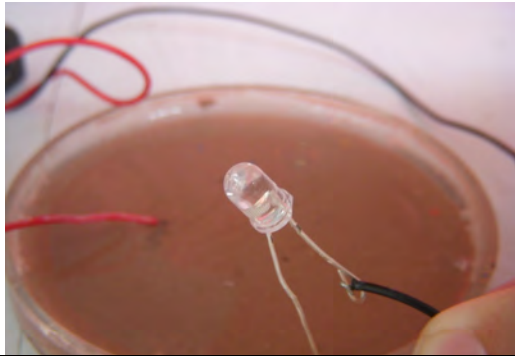
		
中筋麵粉	太白粉	地瓜粉



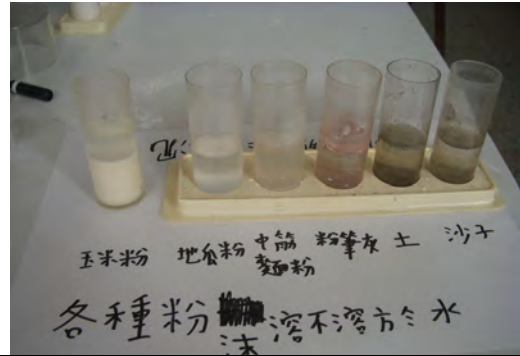
照片九



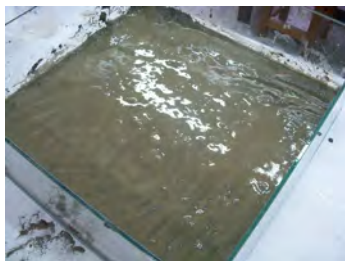
照片十



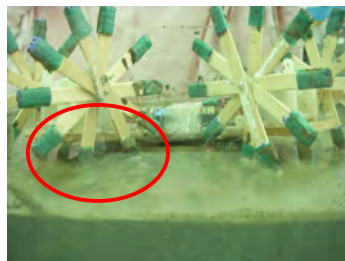
照片十一



照片十二



加了水的沙子



螞蟻雄兵未轉動



螞蟻雄兵轉動---越陷越深

實驗三、不同液體調出的玉米漿受力後的變化如何？

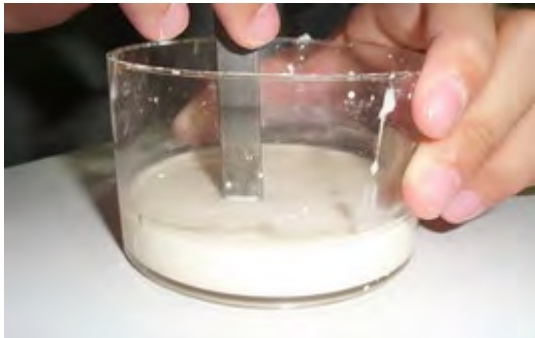
- 1.將製作玉米漿的水改為醋、沙拉油、酒精。
- 2.實驗一中我們觀察到，如果兩腳踩踏得夠快，則玉米漿會變硬，腳就不會陷到玉米漿裡面，因此我們準備一根長鐵條，以不斷敲擊的動作模擬腳的踩踏。拿節拍器測試多種不同頻率後，找出固定一拍音(140次/分)做為鐵條敲打玉米漿的頻率，經過不斷測試學習，直到學校音樂老師認為頻率符合。
- 3.測量鐵條陷進到玉米漿的深度，將實驗結果記錄於<表三>(相片十三至十六)。
- 4.用竹筷挑起玉米漿。



照片十三



照片十四



照片十五



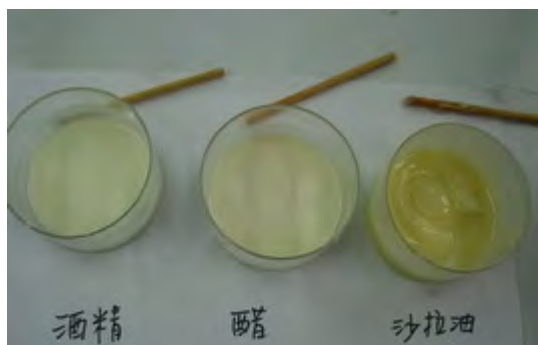
照片十六

結果：〈表三〉

1. 敲擊的玉米漿速度越快玉米漿會變得更硬。
2. 只有溶劑是水時，玉米漿會因敲擊而變硬。(照片十七至二十一)

〈表三〉

溶劑種類	水	沙拉油	醋	酒精
玉米漿變化情形	黏黏稠稠的	流體看起來像沙拉醬一樣	猶如白膠用水稀釋後，白白稀稀的	一開始比 3:2 的玉米漿還稀，10 分鐘後會變得像慕斯一樣。
鐵條沾到玉米漿的高度	鐵條重複敲擊玉米漿，玉米漿會變得硬硬的。	鐵條會直接掉到杯底	鐵條會直接掉到杯底	鐵條會直接掉到杯底
竹筷挑起玉米漿的情形	玉米漿整塊被挑起，接著馬上變得像流體狀、不規則流下。	玉米漿整團黏在竹筷上但不滑落	竹筷濕濕的但沒沾附玉米漿	在竹筷尚有一小團玉米漿黏在上面，但隨即滴下



照片十七



照片十八



照片十九



照片二十



照片二十一

實驗四、觀察玉米漿受力後的變化。

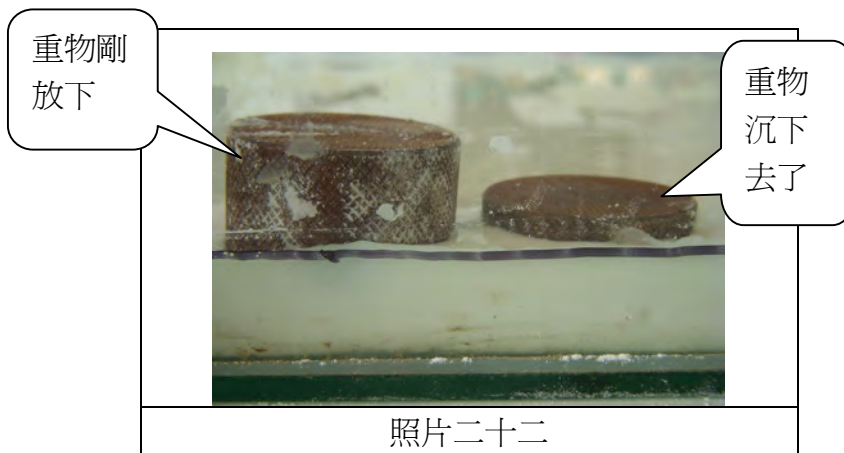
- 1.準備一池玉米漿。
- 2.將重物從 10 cm高往下丟，觀察其變化。
- 3.用重物重複敲擊玉米漿，觀察其變化。
- 4.用手按壓玉米漿，觀察其變化。
- 5.用手扳開玉米漿，觀察其變化。
- 6.用手將玉米漿往上拉，觀察其變化。

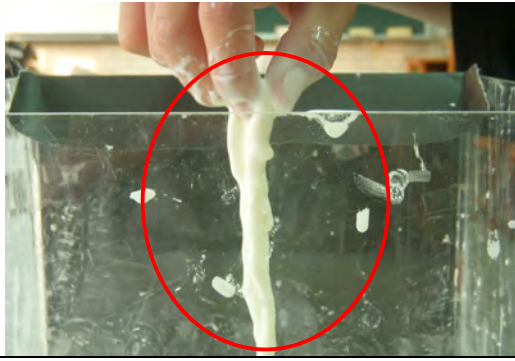
結果： <表四>

玉米漿受到壓力時會變硬，但壓力若沒持續或被釋放後，就立刻變成流體。

<表四>

	玉米漿變化情形
用重物往下丟	重物微微反彈一下，就陷入玉米漿內。(照片二十二)
用重物重複敲擊	敲擊時，玉米漿變硬，使重物無法陷入玉米漿。
用手指按壓	手指按壓時，手指周圍玉米漿的水瞬間往外擴，玉米漿變得很硬。手指移開時變硬的那塊玉米漿瞬間溶化。(照片二十三、二十四)
用手扳開玉米漿	玉米漿可以一塊塊被扳開，但放手後又溶成液狀了。(照片二十五、二十六)
用手將玉米漿往上拉	一開始如固體，停止時就如流體流下。(照片二十七、二十八)





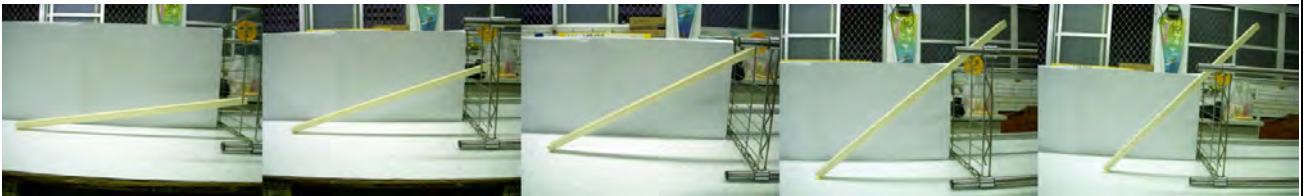
照片二十七



照片二十八

實驗五、不同濃度玉米漿的流動速度相同嗎？

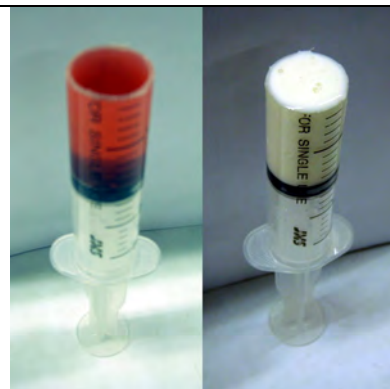
1. 因為可以做「輕功水上漂」的流體都是黏稠不易流動，我們想了解不同比例的玉米漿流動情形跟清水的比較。
2. 準備 A、B、C 三種不同比例的玉米漿，比例分別為 2：1、3：2、1：1。
3. 以長 60cm 的倒口字型長條凹槽作為流體流動的溝槽，使其分別呈 10 度、20 度、30 度、40 度、50 度的坡度(相片二十九)。
4. 因為玉米漿容易黏滯，不容易完整傾倒，因此我們設計將針筒底部切開，注滿玉米漿後，用推把便可以將玉米漿完整推出(相片三十、三十一)。
5. 將清水與 A、B、C 三種比例的玉米漿各 10ml，分別滴入倒口字型長條凹槽的頂端，使其自由流下。
6. 用錄影機錄製影片檔，透過攝影機的畫格的數量計算流體流動的時間。每個實驗進行三次，並算出平均值，記錄於〈表五〉



相片二十九



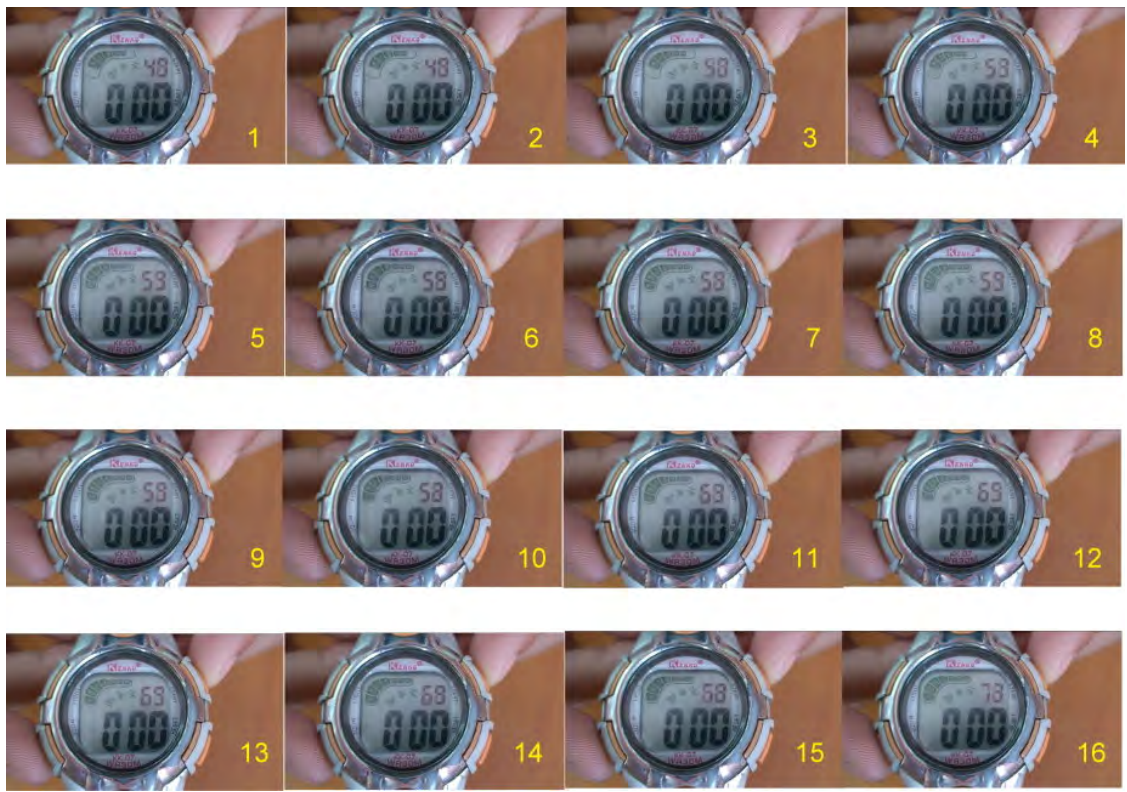
相片三十



相片三十一

[如何透過攝影機計算流體流動時間]

一、我們將去年科展的方式加以應用，先拿學校攝影機拍碼錶，在 PowerDVD 軟體播放，算算一秒鐘有幾個畫格(擷取碼錶片斷如照片三十二)。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。



照片三十二

二、先看流體開始流動時，是位於攝影機的第幾秒的第幾個畫格(例如：相片三十三)，接著再看流體到達目標後，是位於攝影機的第幾秒的第幾個畫格(例如：相片三十四)，計算兩者的差，就能精確算出流體流動的時間。



照片三十三

照片三十四

結果：〈表五〉

1. 清水隨著坡度愈陡，流下來的時間就愈短。但玉米漿不一定有這樣的特性，坡度太緩或太陡流下來的時間都會比較久。
2. 玉米漿 2：1 的比例時，因為太乾硬，一開始便無法流動。
3. 清水流動的時間比較穩定，玉米漿流動的時間常不穩定，會產生較大的差異。
4. 玉米漿流動的速度比水慢很多，我們推測這是造成輕功水上漂的原因，因為玉米漿流動慢，兩腳快速踩踏時玉米漿來不及流開而撐住身體不下陷，但若靜止在玉米漿上一段時間，因為玉米漿能慢慢流開，兩腳就陷下去了。

〈表五〉

玉米漿比例	清水	(A) 2：1	(B) 3：2	(C) 1：1
坡度 10 度	1.17 秒	無法流完全程	119.38 秒	102.18 秒
坡度 20 度	0.73 秒	無法流完全程	86.60 秒	60.37 秒
坡度 30 度	0.67 秒	無法流完全程	52.13 秒	44.85 秒
坡度 40 度	0.60 秒	無法流完全程	56.67 秒	55.67 秒
坡度 50 度	0.53 秒	無法流完全程	57.53 秒	54.13 秒

研究目的二：探究影響玉米漿變化的因素。

[實驗方式說明]

實驗方式一：延續實驗五玉米漿的流動速度，第一個方式我們想探究重物在玉米漿內的流動速度，我們利用實驗五的攝影與計算方式，算出重物在玉米漿內流動的速度。

實驗方式二：參考實驗三第二步驟，準備一根長鐵條，以不斷敲擊的動作模擬腳的踩踏。以節拍器的固定一拍音（140）做為鐵條敲打玉米漿的頻率，經過不斷測試學習，直到學校音樂老師認為頻率符合。觀察鐵條敲打玉米漿的狀況，並測量鐵條陷進玉米漿的深度。

實驗六、重物的重量是否會影響玉米漿受力的變化？

1. 準備三支底面相同，但重量不同的長鐵條，進行實驗方式二。（照片三十五）
2. 分別將一元硬幣 17、34、51 個以透明膠帶黏貼成一長串，使呈底面相同，但重量不同的長條，進行實驗方式一。（照片三十六）
3. 每個實驗進行三次，計算平均數，實驗結果記錄於表六並畫統計圖表。

結果：〈表六〉

若重物的底面積相同，重量愈重時，在玉米漿內的下沉速度愈慢，且在夠快的敲擊頻率下，重量愈重，玉米漿越容易變硬。

<表六>

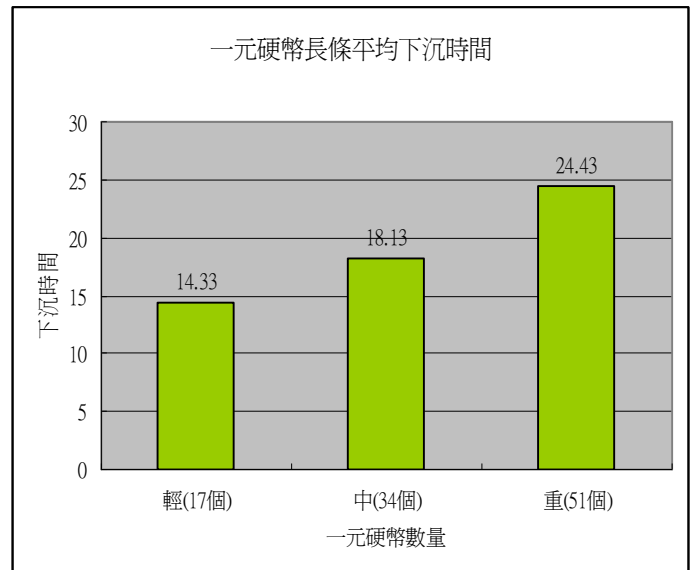
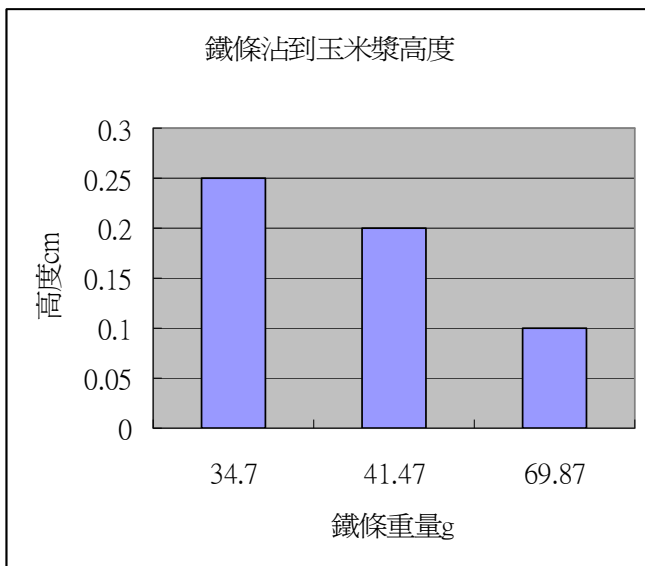
鐵條的重量	輕(34.70g)	中(41.47g)	重(69.87g)
玉米漿變化情形	玉米漿敲起來軟軟的	玉米漿變得比較硬	玉米漿變得更硬了
鐵條沾到玉米漿的高度	0.25cm	0.2cm	0.1cm
一元硬幣個數	輕(17 個)	中(34 個)	重(51 個)
平均下沉時間	14.33 秒	18.13 秒	24.43 秒



照片三十五



照片三十六



實驗七、重物接觸面積的大小是否會影響玉米漿受力的變化？

- 1.準備三疊重量相同的 10 元、5 元及 1 元硬幣當作不同底面積但重量相同的重物。
- 2.進行實驗方式一與實驗方式二，每個實驗進行三次，計算平均數，實驗結果記錄於表七並畫統計圖表。

結果： <表七>

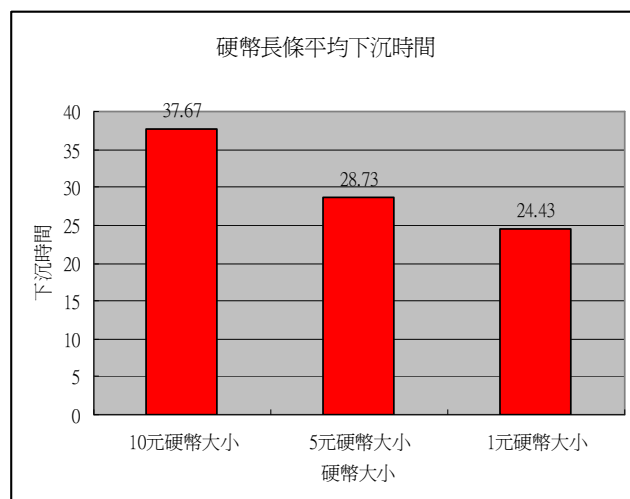
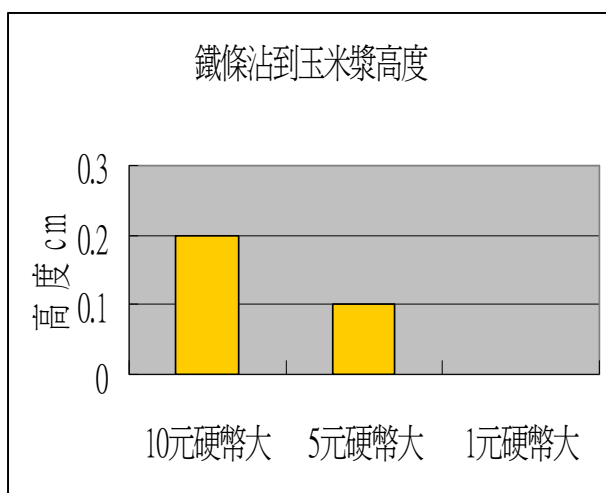
重物底面積越大，雖然下沉的速度會比較慢，但敲擊玉米漿時卻反而容易和玉米漿相黏，不容易連續敲擊，玉米漿也不容易變硬。(照片三十七)

<表七>

底面積	10元硬幣大小	5元硬幣大小	1元硬幣大小
玉米漿變化情形	玉米漿會和10元硬幣相黏	玉米漿有點黏、但比10元硬幣敲擊時應一些	玉米漿變硬了
重物撞擊玉米漿的高度	0.2 cm	0.1 cm	0 cm
平均下沉時間	37.67 秒	28.73 秒	24.43 秒



照片三十七



實驗八、玉米漿的高度是否會影響玉米漿受力的變化？

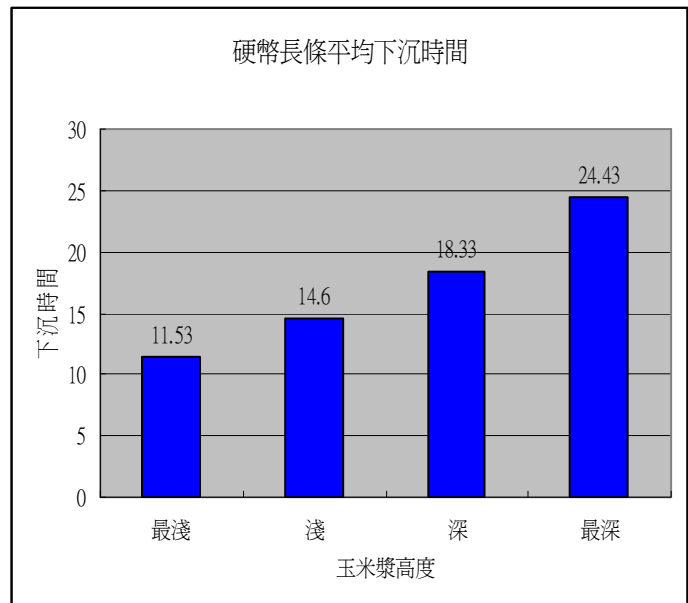
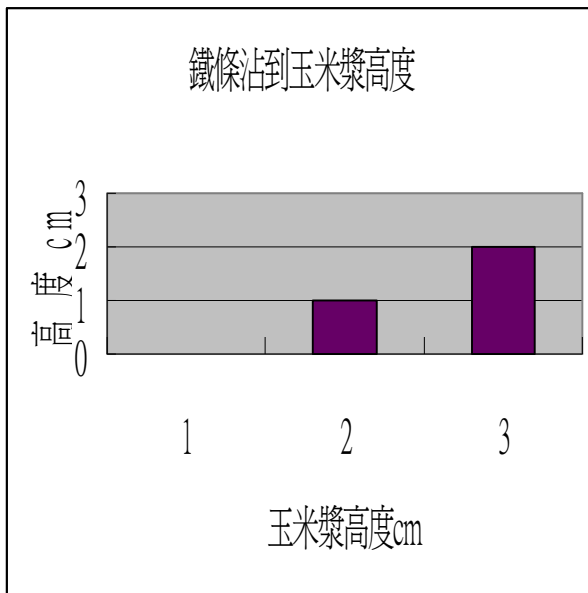
- 1.準備三杯高度分別是 1 cm、2 cm、3 cm的玉米漿，進行實驗方式二。(照片三十八)
- 2.用同一容量筒分別量取 50ml、100ml、150ml、200ml 的玉米漿，將 34 個一元硬幣串成長條進行實驗方式一。(照片三十九、四十)
- 3.每個實驗進行三次，計算平均數，實驗結果記錄於表八並畫統計圖表。

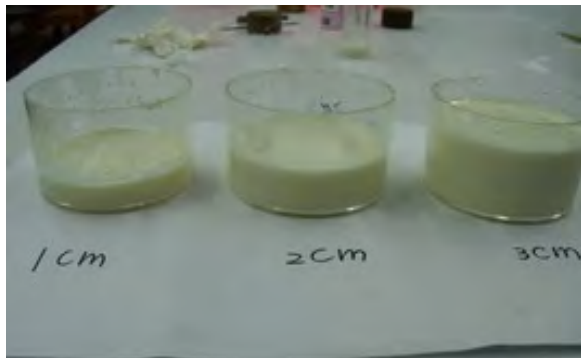
結果：<表八>

玉米漿的高度越低，下沉到底的時間雖然愈短，但受敲擊後比較容易變硬。(照片四十一)

<表八>

玉米漿高度	1	2	3	4
玉米漿變化情形	玉米漿敲起來硬硬的	玉米漿敲起來有點軟	玉米漿軟軟黏黏的	
鐵條沾到玉米漿的高度 (cm)	0	1	2	
平均下沉時間	11.53 秒	14.60 秒	18.33 秒	24.43 秒





照片三十八



照片三十九



照片四十



照片四十一

實驗九、盛玉米漿容器的口徑大小是否會影響玉米漿受力的變化？

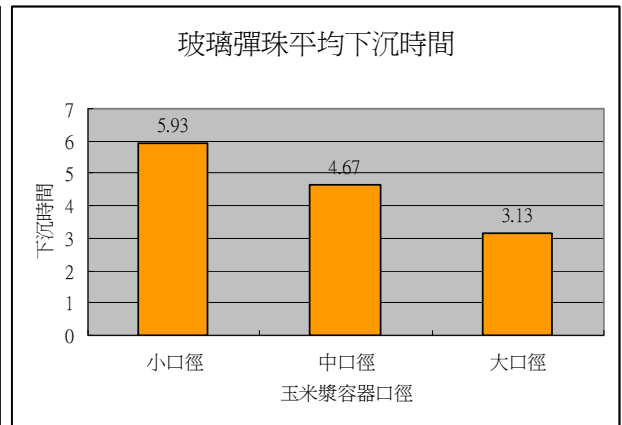
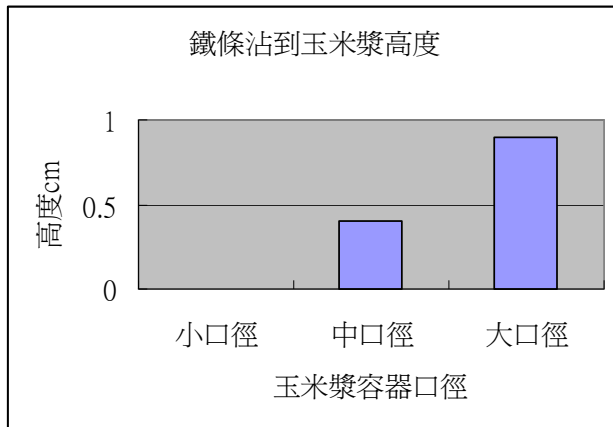
1. 準備三個口徑不一樣大小的容器，裝盛一樣高的玉米漿，進行實驗方式一與實驗方式二（照片四十二）。每個實驗進行三次，計算平均數，實驗結果記錄於表九並畫統計圖表。
2. 本來想用 34 個一元硬幣串成的長條做實驗，但是在中、大口徑中，硬幣長條常會變成橫躺，因此我們改用玻璃彈珠做實驗(照片四十三)。

結果：〈表九〉

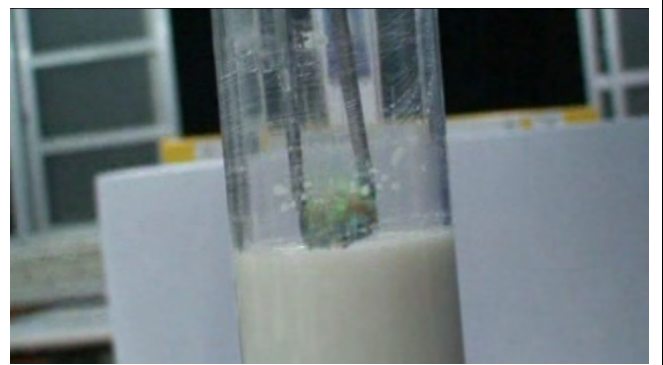
雖然改使用玻璃彈珠，但下沉的時間長短還是不一樣。容器的口徑愈小，下沉到底的時間愈長，而受敲擊後比較容易變硬。

〈表九〉

容器口徑	小口徑	中口徑	大口徑
玉米漿變化情形	玉米漿敲起來硬硬的	玉米漿敲起來有點軟	玉米漿感覺最軟
鐵條沾到玉米漿的高度 (cm)	0	0.4	0.9
平均下沉時間	5.93 秒	4.67 秒	3.13 秒



照片四十二



照片四十三

實驗十、重物的粗糙程度是否會影響玉米漿受力的變化？

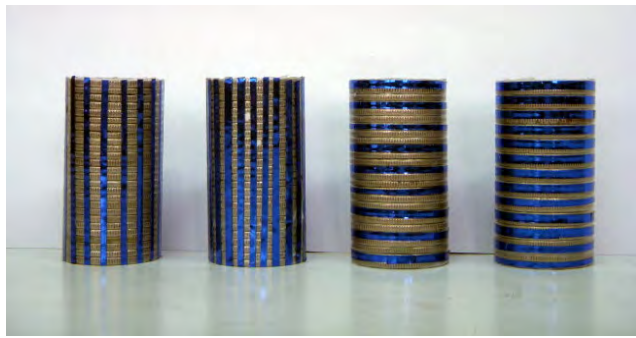
- 1.在十元硬幣長條上分別用膠帶黏上紋路，使其呈橫條疏、橫條密、直條疏、直條密四種紋路，進行實驗方式一(照片四十四)。
- 2.在十元硬幣長條的底部及側面分別用膠帶黏上紋路，使其呈網格密、網格疏、直條密、直條疏四種紋路，進行實驗方式二(照片四十五)。
- 3.每個實驗進行三次，計算平均數，實驗結果記錄於表十並畫統計圖表。

結果：<表十>

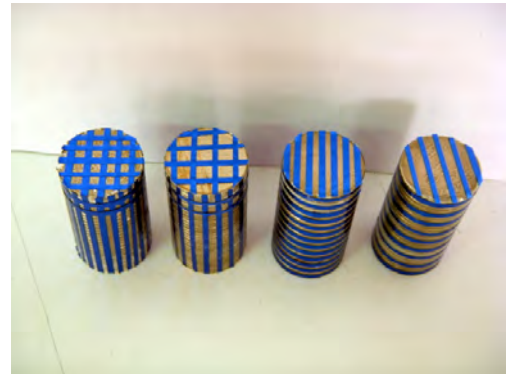
- 1.網格紋路較密的敲擊玉米漿較容易變硬，直條紋路較疏的玉米漿比較不容易變硬。
- 2.下沉到底的時間從長到短依序是橫條密>橫條疏>直條密>直條疏。

<表十>

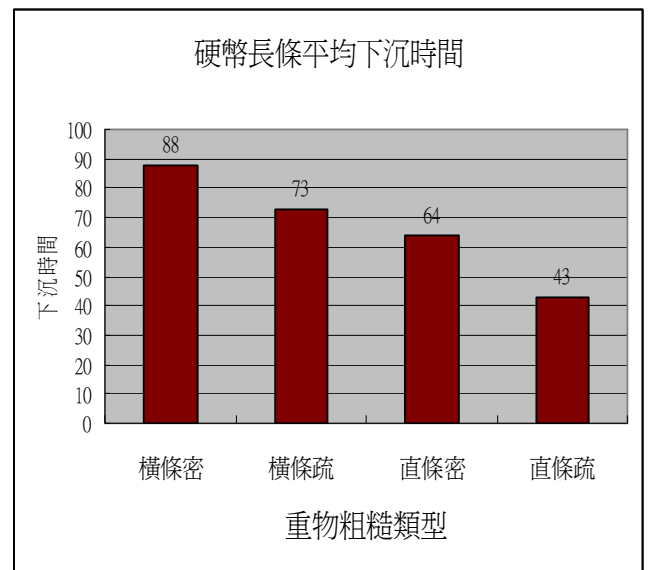
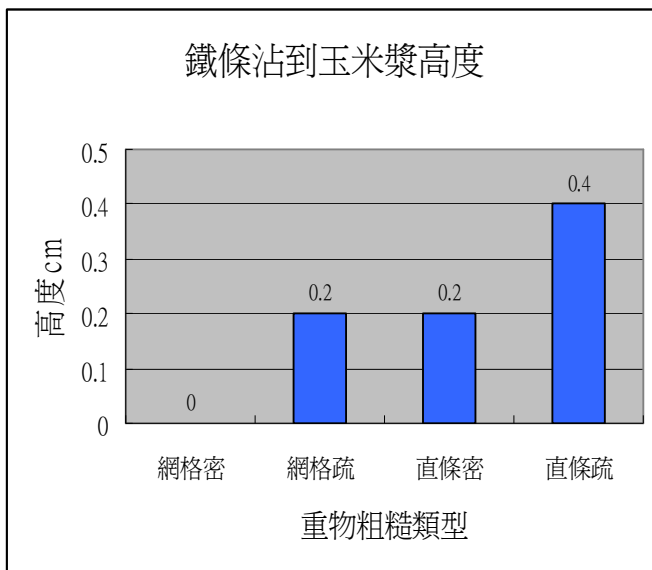
重物底部粗糙類型	網格密	網格疏	直條密	直條疏
玉米漿變化情形	玉米漿感覺最硬	玉米漿的硬度其次，沾附少許玉米漿	硬度跟”網格疏”差不多，沾附一些玉米漿	玉米漿的硬度最不硬，容易被玉米漿黏住
鐵條沾到玉米漿的高度 (cm)	0	0.2	0.2	0.4
重物粗糙類型	橫條密	橫條疏	直條密	直條疏
平均下沉時間	88 秒	73 秒	64 秒	43 秒



照片四十四



照片四十五



研究目的三：尋找玉米漿除了會瞬間變硬外的其他特性

實驗十一、玉米漿除了受力後會變硬外還有別的現象嗎？

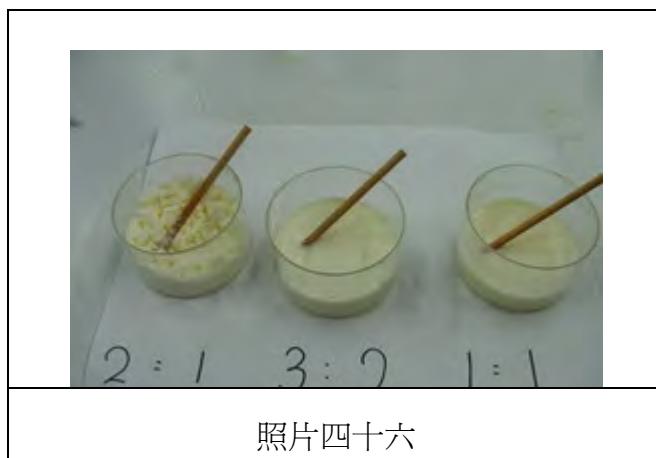
- 1.準備 (2:1、3:2、1:1) 三種不同比例的玉米漿。
- 2.分別將玉米漿從高 15 cm 往下倒，並觀察玉米漿其形變。
- 3.用竹筷往上拉，並觀察玉米漿其形變。

結果： <表十一> (照片四十六~五十二)

- 1.從高處往下倒時 3:2 的玉米漿流動情形不順暢，會不斷的歪扭。
- 2.用竹筷往上拉，3:2 的玉米漿能整塊挖起並且馬上變成長長的液狀。

<表十一>

	2:1	3:2	1:1
從 15 cm 高的地方 往下倒的情形	太乾了，粉、塊狀 往下掉。	黏稠的往下流	像清水一樣，很順 的向下流
用竹筷往上拉的 情形	太乾了，粉、塊不 會跟著竹筷往上。	拉得上來，又如水 流下	拉不太上去，太稀 了





照片四十九



照片五十



照片五十一



照片五十二

實驗十二、不同濃度的玉米漿黏滯性相同嗎？

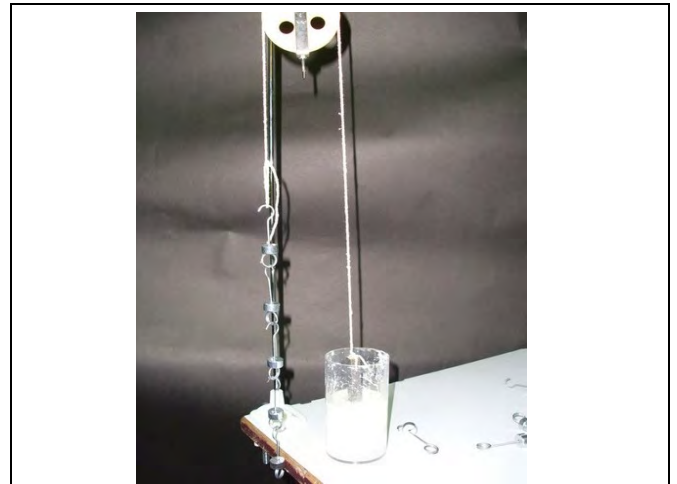
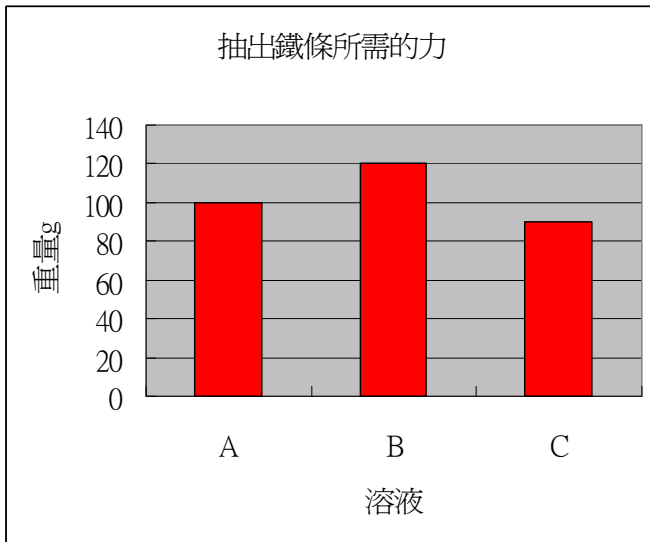
- 1.準備 A、B、C 三種不同比例的玉米漿（2：1、3：2、1：1）。
- 2.將鐵條插到玉米漿的底部。
- 3.利用定滑輪，繩子一端綁上鐵條、另一端則可掛砝碼。
- 4.依序掛上砝碼直到鐵條被拉出，並測量砝碼的重量。

結果：<表十二>（照片五十三）

玉米漿的比例是 3：2 時，需要花較大力氣才能將鐵條抽出。

<表十二>

玉米漿比例	(A) 2：1	(B) 3：2	(C) 1：1
砝碼的重量	100g	110g	90g



照片五十三

實驗十三、鐵條抽出的速度會影響玉米漿的黏滯性嗎？

1. 準備三種不同比例的玉米漿（A、B、C），將鐵條插到玉米漿的底部。
2. 利用定滑輪，繩子一端綁上鐵條、另一端則可掛彈簧秤。
3. 分別用快速和慢速拉起鐵條，並利用錄影機記錄彈簧秤的變化情形。
4. 將影片用 Xnview 軟體擷取彈簧秤上最大值作為拉出鐵條所需力量。

結果：

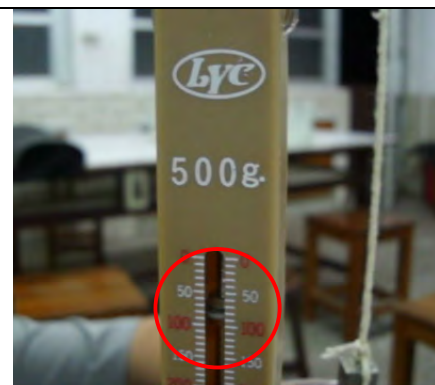
1. 抽出鐵條的速度越快，所需力量越大。〈表十三〉
2. 玉米漿比例 3：2 的黏滯性最強。

〈表十三〉（照片五十四~五十六）

不同濃度玉米漿	A (2:1)	B (3:2)	C (1:1)
慢慢拉所需的力	102g	115g	93g
快速拉所需的力	300g	440g	105g



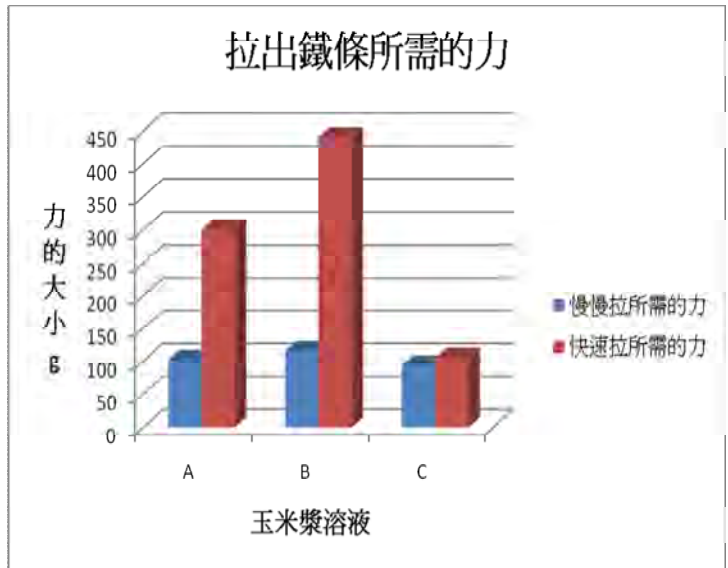
照片五十四



照片五十五



照片五十六



研究目的四：玉米漿在生活上的應用

※因為玉米漿受力會變硬，我們想利用這個特性是否當作包裹時保護物體的避震器。

實驗十四、玉米漿是否能緩衝撞擊力？

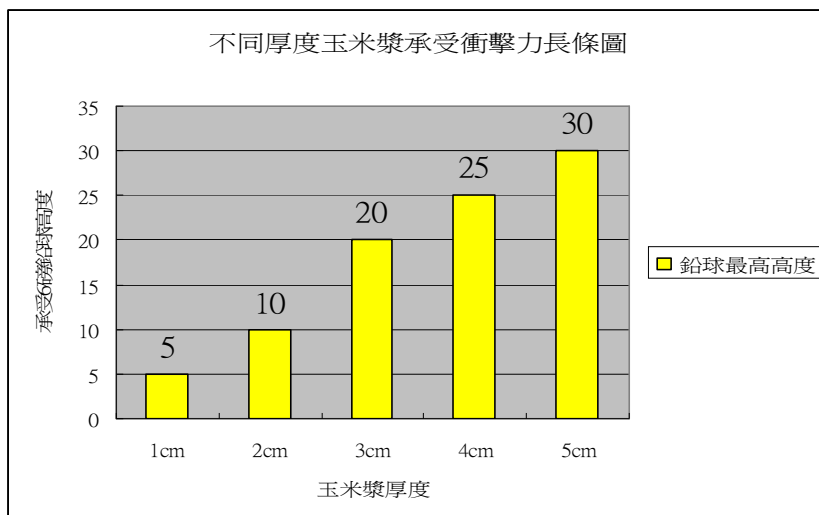
1. 準備同一種類的磁磚，一次放置一塊磁磚。
2. 設計實驗平台，方便控制鉛球掉落的高度(照片五十七、五十八)。
3. 將 6 磅的鉛球置於磁磚上方使其自由下落，發現只要距離 1cm，磁磚就會被鉛球壓破碎裂。
4. 接著於磁磚上分別覆蓋 1cm、2cm、3cm、4cm、5cm 厚的玉米漿，將 6 磅重鉛球每次升高 5cm，使其下落砸磁磚，記錄磁磚不破裂的最高高度。(照片五十九、六十)

結果: <表十四>

玉米漿真的能緩衝重物的撞擊力，原本鉛球在上方 1cm 即會撞破磁磚，但覆蓋 1cm 厚的玉米漿之後，竟能承受 6 磅鉛球拿至 5 公分高處的撞擊，而且覆蓋的玉米漿愈厚，承受的撞擊力就愈大，覆蓋 5cm 厚的玉米漿就能承受 6 磅鉛球拿至 30 公分高處的撞擊。

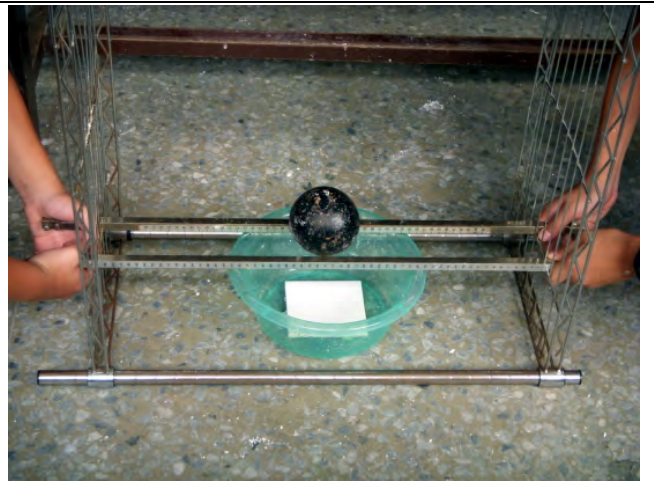
<表十四>

玉米漿厚度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
鉛球最高高度	5	10	20	25	30

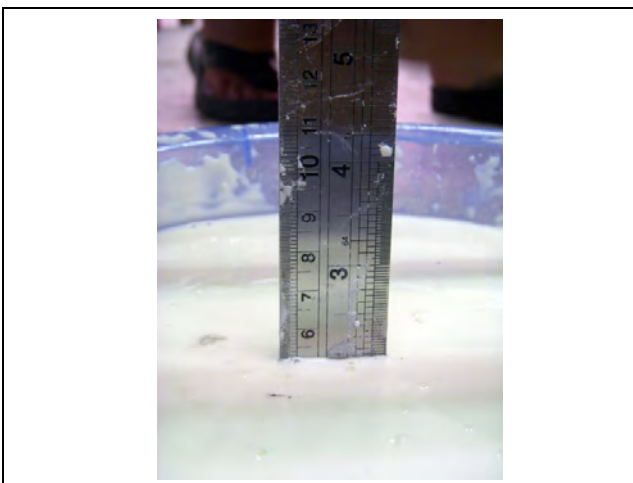




照片五十七



照片五十八



照片五十九



照片六十

實驗十五、尋找「要被保護的物體」

1. 準備相同重量的香皂塊、油土、石膏塊、加了重物蛋型寶麗龍及雞蛋。
2. 將上述重物放置在高 71 cm 高的桌緣處自由落下。
3. 再將上述物體放入玉米漿流體中，從高 71 cm 高的桌緣處自由落下。
4. 觀察被保護物的外表、變化。

結果: <表十五> (照片六十一~六十四)

1. 香皂太硬了、油土太容易變形、加了重物蛋型寶麗龍太有彈性不易變形，皆不適合做為實驗時的「被保護物」
2. 雞蛋很脆弱，一丟就破；但放入玉米漿中不容易破，所以以下的實驗保護物皆使用雞蛋。

<表十五>

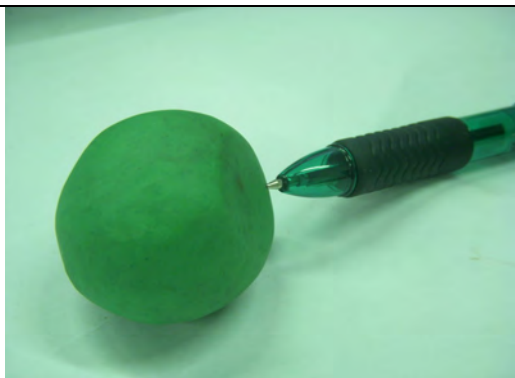
被保護物	香皂	球型油土	加了重物蛋型寶麗龍	雞蛋
直接從高處落下	只有一點點凹點	接觸地面那一面變平了	外型不變	碎裂
放入玉米漿中在落下	外型不變	撞歪了	外型不變	碎裂



照片六十一



照片六十二



照片六十三



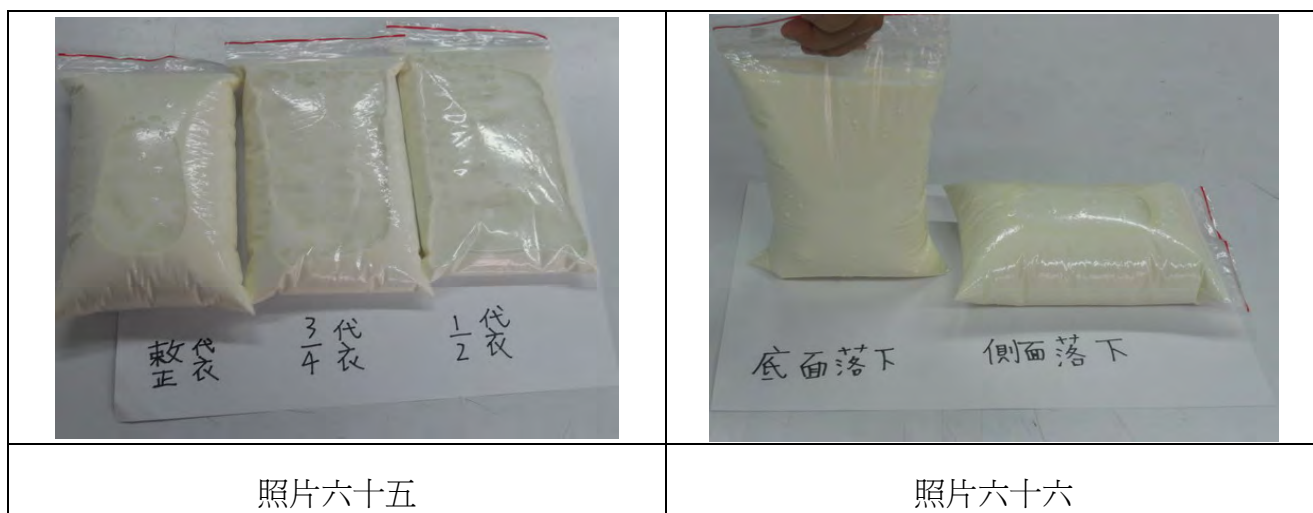
照片六十四

實驗十六、玉米漿的多寡是否會影響其保護力？

- 1.準備三袋玉米漿，分別是整袋、3/4 袋、1/2 袋。(照片六十五、六十六)
- 2.將雞蛋放入玉米漿中，使玉米漿均勻包裹雞蛋。
- 3.從一樓頂將上述物體往下丟，觀察雞蛋是否破裂。

結果：〈表十六〉

1. 玉米漿愈多，保護力越強。
2. 若是側面先著地，袋子側邊玉米漿較少，所以雞蛋容易破



〈表十六〉

玉米漿的 量	整袋	3/4 袋	1/2 袋
第一次丟	雞蛋沒破 (袋子底端先著地)	雞蛋破了 (袋子側面先著地)	雞蛋破了 (袋子底端先著地)
第二次丟	雞蛋破了 (袋子側面先著地)	雞蛋破了 (袋子底端先著地)	雞蛋破了 (袋子底端先著地)
第三次丟	雞蛋沒破 (袋子底端先著地)	雞蛋沒破 (袋子底端先著地)	雞蛋破了 (袋子底端先著地)

實驗十七、尋找最佳的包裹雞蛋容器。

※塑膠袋無法讓玉米漿均勻的包裹在雞蛋外圍，是否有更加的容器來裝玉米漿。

1. 準備橡膠手套、將手指綁住反面的手套和氣球。
2. 將玉米漿裝入上述容器中，並包裹住雞蛋。
3. 同實驗十六步驟(3)

結果：〈表十七〉（照片六十七~七十）

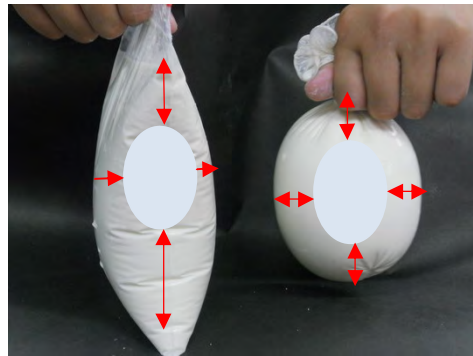
1. 橡膠手套從高處丟下時，手掌先著地，所以雞蛋破了。
2. 將手指綁住反面的手套裝入玉米漿後可以脹成近似球型的樣子，不管手套哪一面先著地，雞蛋都受到等量玉米漿保護。
3. 由於氣球彈性較佳但開口較小，不容易填裝玉米漿，所以無法實驗

〈表十七〉

裝玉米漿容器	密封夾鏈袋	橡膠手套	將手指綁住反面的手套	氣球
從一樓頂往下丟	雞蛋沒破	雞蛋沒破	雞蛋沒破	不容易裝入玉米漿及雞蛋，無法實驗
從二樓頂往下丟	雞蛋破了 (夾鏈袋側面先著地)	雞蛋破了 (手掌處先著地)	雞蛋沒破	不容易裝入玉米漿及雞蛋，無法實驗



照片六十七



照片六十八



照片六十九



照片七十

實驗十八、製作一頂玉米漿安全帽

1. 準備二個大氣球及多個小氣球。
2. 將大氣球剪裁成一半並套上 A、B 兩顆雞蛋。
3. 將小氣球裝入玉米漿並綁成一顆小球。
4. 將玉米漿小球黏貼在 A 雞蛋上方的氣球，至成一頂玉米漿安全帽。(相片七十一)
5. 將 A、B 兩顆雞蛋從高度 10 cm、20 cm...逐一增高並往下丟，觀察雞蛋是否破裂。(相片七十二至七十四)

結果：

1. B 雞蛋從 10 cm 處往下丟時，雞蛋馬上破掉。
2. A 雞蛋從 10 cm、20 cm...逐一增高並往下丟，雞蛋都沒破，直到 240 cm 雞蛋才破掉。



伍、結論

- 一. 玉米漿、太白粉、番薯粉所調製的容易在一定頻率的踩踏會瞬間變硬；蛋沙子調製出來的容易在上方踩踏，卻會是自己越陷越深。
- 二. 我們試調了很多比例的玉米漿，發現玉米粉：水的比例 3：2 時，人在其上兩腳不斷輪流踩踏會變成像固態一樣堅硬而撐住人，但人若停止踩踏，玉米漿就變成液態流體，人便會慢慢往下沉。

- 三. 玉米漿流動的速度比水慢很多，我們推測這是造成輕功水上漂的原因
- 四. 敲擊物的底面積越小、重量越大、表面愈粗糙，盛玉米漿容器口徑愈小、玉米漿的高度較低，以及敲擊的頻率越快，都會使玉米漿敲擊瞬間越容易變硬。
- 五. 玉米漿濃度不同除了會影響瞬間敲擊變硬外，玉米漿倒下時的流動性及黏滯性都會有影響。
- 六. 抽出鐵條的速度越快，玉米漿的黏滯性更大。
- 七. 玉米漿能有效緩衝撞擊力，且玉米漿愈厚緩衝效果愈好。
- 八. 玉米漿越多，且能平均包覆雞蛋外部，保護雞蛋不破的能力就越強。包裹雞蛋的容器越接近球形，則玉米漿包裹雞蛋的厚度較均勻，保護雞蛋的能力較佳。
- 九. 玉米漿做的安全帽能安全的保護雞蛋從高處落下不會破，且取出的雞蛋不會被玉米漿弄得黏答答的。

陸、討論

- 一. 玉米漿是一種非常特別的流體，摸起來黏黏稠稠的，但用力擠壓會變硬，放鬆後卻會變成像流體狀流下。從資料中得知此種流體稱為「非牛頓流體」。
- 二. 玉米漿並不是任何濃度皆有上述特性，而是須在一特定比例下才会有上述特性。
- 三. 利用玉米漿受力會變硬的特性可以做為物品防震的保護，但每次將物品放入玉米漿中再拿出時會黏黏的，十分不方便，因此要找出一個個理想的包裝裝入玉米漿是我們還要再繼續研究的。
- 四. 玉米漿做的安全帽可以解決玉米漿碰到物體時的黏答答，若能在將套在頭部的那塊氣球皮改成透氣佳的柔軟材質，相信做出的安全帽一定比現在的安全帽更透氣、舒適及柔軟。

柒、參考資料

- 一、<http://www.youtube.com/watch?v=BUB76p0t68g>
- 二、<http://www.youtube.com/watch?v=ALBAcjJPJGY>
- 三、<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=20920>
- 四、康軒六上自然課本第三單元「水溶液」。
- 五、有止盡的黑洞—濕沙效應作用機制之探討--中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品
高中組 物理科 高裕維，陳建寧，羅培哲，羅紹驊

【評語】 080808

本作品探討玉米漿的物理特性，為何會時而呈現固體特性，時而變成流體的現象，作者以實驗證明『輕功水上漂』節目的真實性，並探討玉米漿受力後的變化，表現小朋友對玉米漿特性的好奇，但若能配合其化學成份的瞭解與基本物理化學原理加強說明與解釋，會增加其科學價值。