

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082907

告別心碎-膨性流體手機保護套

學校名稱：桃園市桃園區南門國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝佳妤	林子敬
小六 趙詩婷	曾莉雯
小六 翁翊宸	
小六 彭禹浩	
小六 李蘅哲	
小六 韋潔妘	

關鍵詞：膨性流體、螢幕碎裂、手機防護

摘要

現階段與非牛頓流體相關之科展研究，大多無法際應用，主因有以下三項：

- 一、在流體濃度極限的探究上還未有較全面的測試。
- 二、流體調製費時費工且容易受多項因素影響結果，如：溫度、濕度、保存。
- 三、成品目標過大，不容易實體化，結果較無說服力。

為了製作可貼近日常生活應用的非牛頓流體，使其在呈現為膨性流體(剪切增稠流、脹流性)時我們做出以下測試及應用：

- 一、測試出了市面上容易取得之安全食用材料中，哪些適合製成膨性流體。
- 二、同材料能保持膨性流體之濃度的最大與最小極限，其值介於 0.52~0.63 之間。
- 三、比較出玉米粉最適合製作以膨性流體為主的日常生活防護品之原因。
- 四、運用生活中容易取得之材料製出手機保護套，其防摔高度可達四層樓以上。

壹、研究動機

之前曾經將新買的手機放在外套口袋裡，然後不小心讓手機滑落在地上，造成手機螢幕破裂的慘劇，螢幕碎裂的時候我的心彷彿也碎了滿地，雖然有裝手機殼，但仍無法免於這場「災難」。之後就常常思索該如何避免這種心碎的故事再次發生，直到學到了抗力臂與施力臂兩者力量相同時會產生互相平衡的概念後(槓桿原理)，才聯想到了如果手機殼外能加上一層改變受力狀況的物質，讓衝擊力道在外殼達到平衡，也許就能解決這個問題，於是在搜尋資料後認為製作難度簡易的非牛頓流體，非常適合這個題材，也才有了這次的作品。

貳、研究目的

1. 確認市面上容易取得且可以調製出膨性流體的食用材料。
2. 測試出上述食用材料其能夠維持膨性流體特性之重量百分濃度的最大與最小極限。
3. 比較與選定材料，經由實驗找出最適合做手機保護套的重量百分濃度。
4. 製作出簡易且能有效防摔、防震的手機保護套及其他可能性產品。

參、研究設備及器材

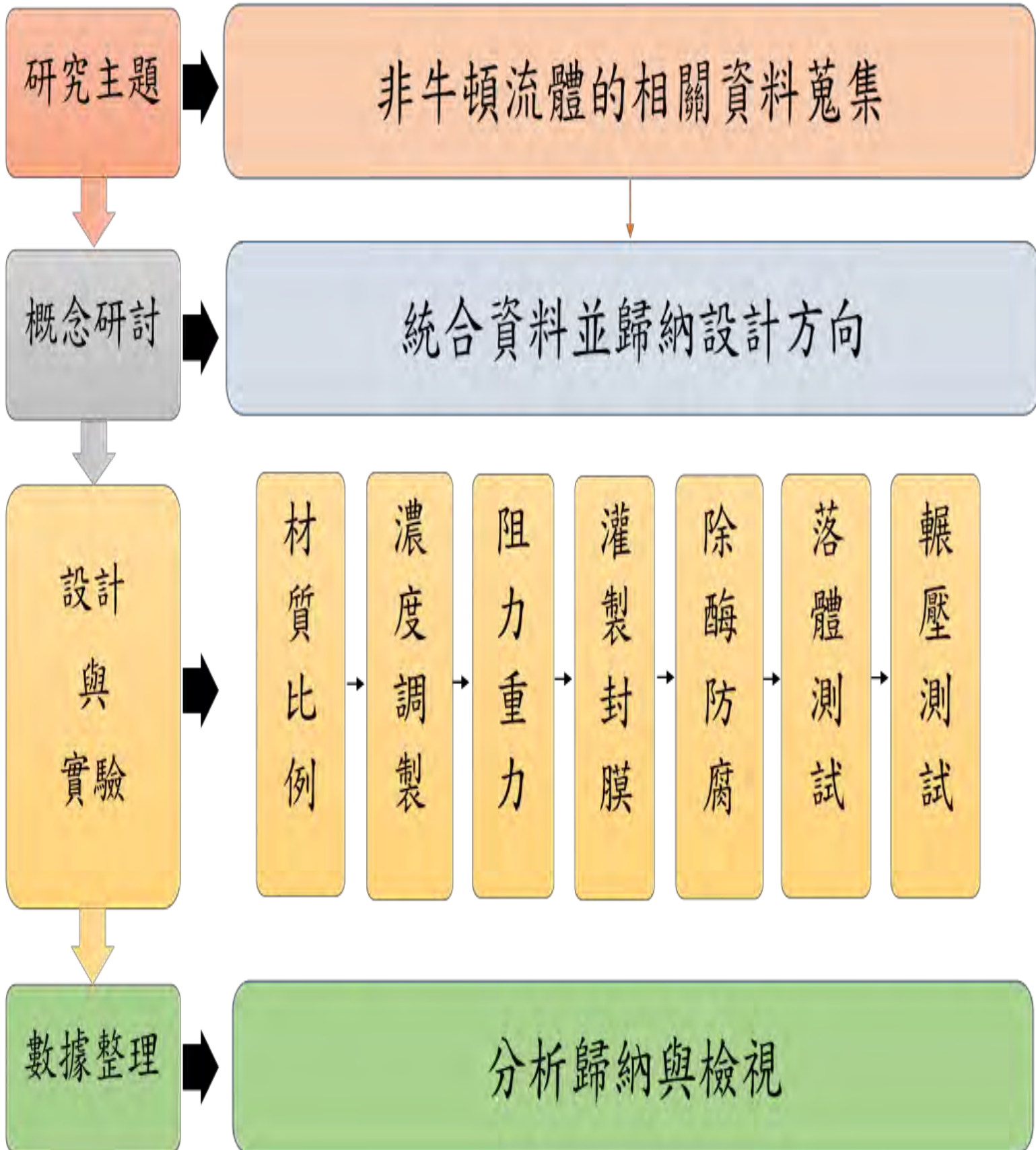
器材/材料	尺寸/重量/功率/材質	作用功能
玉米粉	10kg	研究之受測材料
太白粉	6kg	研究之受測材料
樹薯粉	2kg	研究之受測材料
高筋麵粉	400g	研究之受測材料
中筋麵粉	400g	研究之受測材料
低筋麵粉	400g	研究之受測材料
糯米粉	400g	研究之受測材料
酥炸粉	400g	研究之受測材料
綠豆粉	400g	研究之受測材料
果凍條包裝	35ml*25	實驗受測之主要半成品包裝
熱熔槍	聚乙烯	黏著果凍條包裝
自製球體降落架	高 50cm	作為阻力及重力實驗的支架
自製厚度測量架	高 1cm 底板*18	作為測量護袋厚度的支架
Sony FDR-AX40 4K 高畫質攝影機及三腳架	110v	拍攝實驗
電子秤	最小 0.1g~最大 1000g	測量粉材與水量
燒杯(中)	600ml	調和用
燒杯(大)	1000ml	調和用
鐵齒尺	30cm	計算高度
去水醋酸鈉	1kg	食品防腐劑
己二烯酸鉀	1kg	食品防腐劑
苯甲酸鈉	0.45kg	食品防腐劑
手套	無粉橡皮手套	做研究時防護之用
口罩	7cmx18cm	做研究時防護之用
護目鏡	15cmx5cm	做研究時防護之用

玻璃彈珠	3g	阻力實驗材料
鋼珠 3mm(半徑)	0.5g	重力實驗材料
鋼珠 9mm(半徑)	2.5g	重力實驗材料
鋼珠 12mm(半徑)	7g	重力實驗材料
鋼珠 15mm(半徑)	16.5g	重力實驗材料
鋼珠 25mm(半徑)	67g	重力實驗材料
瞬熱式塑膠袋封口機 300 型	高 120cm	果凍條封口用
Foodsaver 真空封膜機	型號 FM3941	護袋封口用
Foodsaver 專用封袋	20cm、30cm	護袋材質本體
電動攪拌機	110V/60Hz	調製流體用
夾鏈袋	12cm*7cm	保存流體用



肆、研究過程及方法

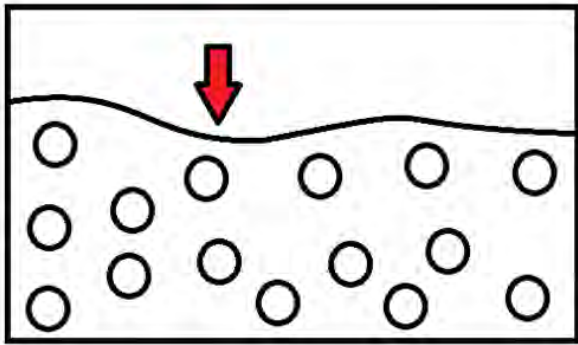
一、研究過程示意圖



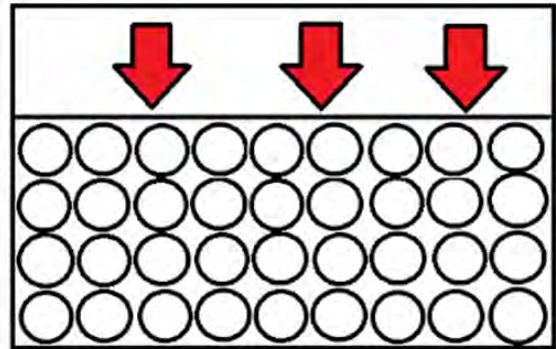
二、研究方法

(一)研究主題

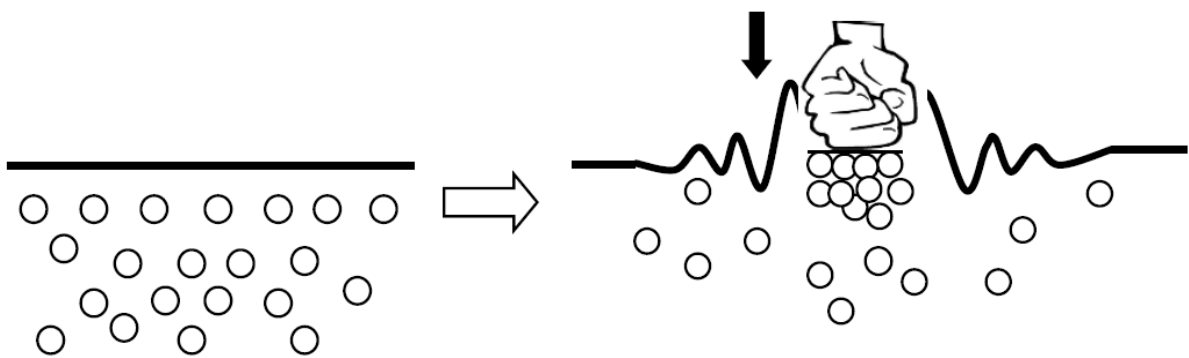
膨性流體所表現的擴溶現象



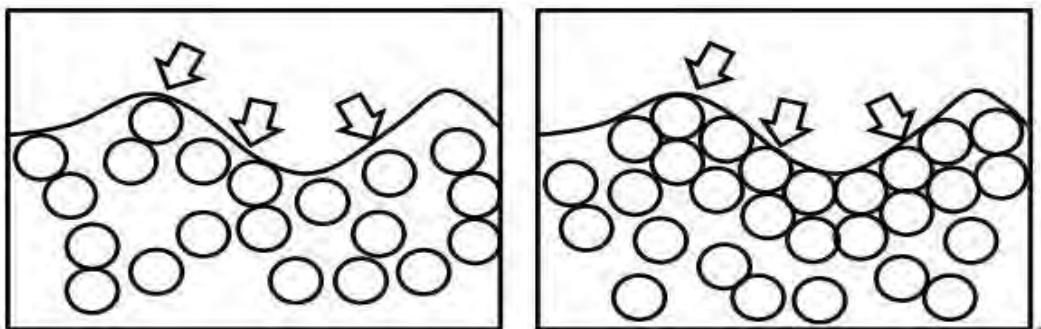
緩慢施力時，分子是分散的，呈現狀態為液體的特性。



瞬間接受外力時時，分子會被擠壓而排列整齊，變得有點像固體。



當粉漿急速受到外力時，粉漿顆粒相吸卡住彼此，形成堅硬固體狀表面，但未受力部分則是產生波動的液體。



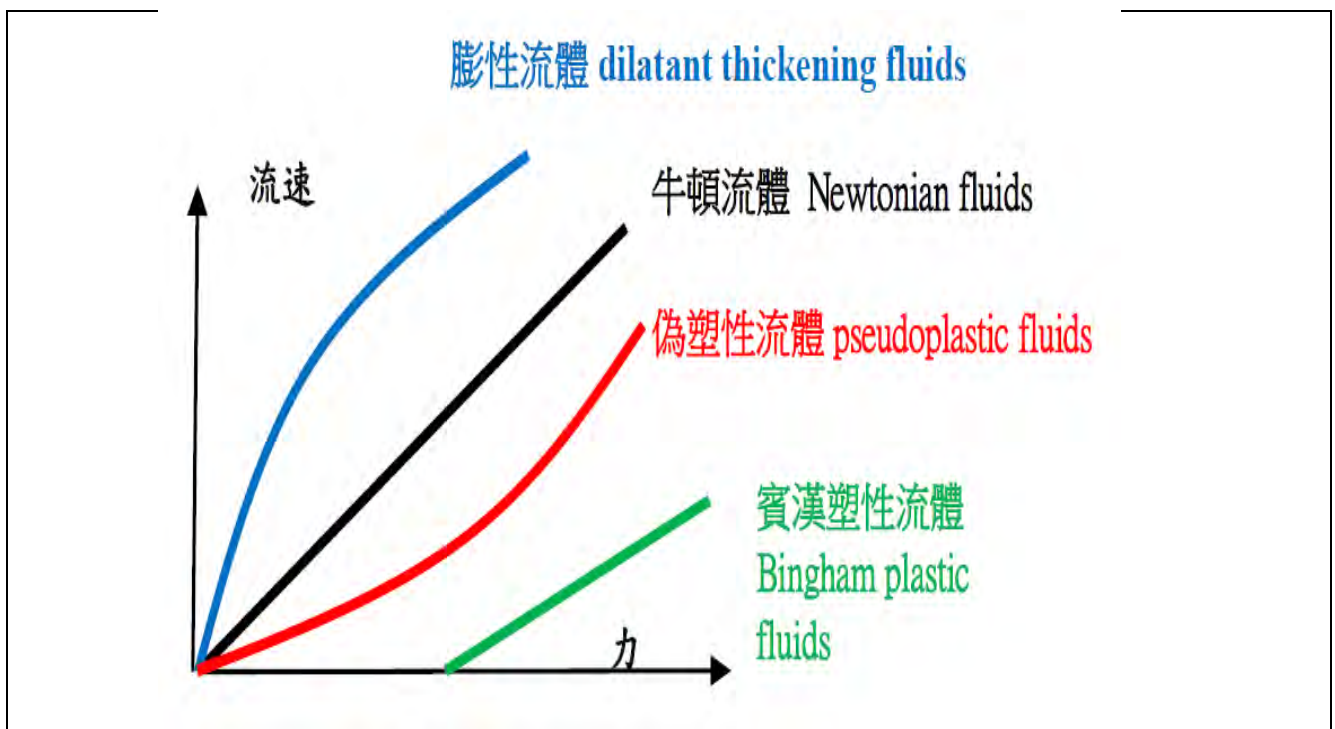
圖一。(左)緩慢施力(右)瞬間施力。

1. 非牛頓流體之定義

非牛頓流體受外力時，形狀變化快慢的程度會和施力大小成反比。而擴溶現象是非牛頓流體的一個類型，也稱為膨性流體或剪切稠化流體，含有分子的飽和溶液，當我們緩慢施力的時候，澱粉粒子是分散的，所以很容易陷下去；但是用力壓時，澱粉粒子會被擠壓而排列整齊，抵抗外來的力量，這就是擴溶現象的原因。玉米粉流體是一種含有高分子的飽和溶液，緩慢施力的時候其分子是分散的，呈現液體的特性；但瞬間施力時分子會因為被擠壓而排列整齊，抵抗外來的力量，這種特性，就稱為擴溶現象

2. 各種非牛頓流體

- (1)理想賓漢塑性流體：番茄醬、牙膏、發酵了的麵糰、油漆以及血液。
- (2)塑性流體：在受到外力作用時並不立即流動而要等外力增大到某一程度才開始流動的流體。
- (3)膨性流體：玉米粉漿、矽酸鉀溶液。
- (4)假塑性流體：無屈服應力，並具有粘度隨剪切速率增加而減小的流動特性，例：紙漿、乳膠漆、血漿、糖漿、髮膠、大部份高分子溶液及熔融態。
- (5)搖變增黏流體：潤滑油、生奶油。
- (6)觸變性流體：油漆、關節滑液、泥漿。



(二)概念研討

統合資料並歸納設計方向，將以上蒐集到的資料做過整理以及討論後，我們決定要做出能夠將膨性流體簡單應用在生活中的防護用品，過程中我們想過要做雞蛋保護袋、護膝、棒球護套、安全帽夾層等等...但在考量到測試與實體化的可能性，以及器材資源的限制、實用性等等因素之後，我們決定要做手機保護套，因此我們必須先朝以下 7 個問題去著手研究如何做出成品，問題如下：

問題 1. 什麼材料能調製成膨性流體？

問題 2. 什麼樣的比例能調製出膨性流體？

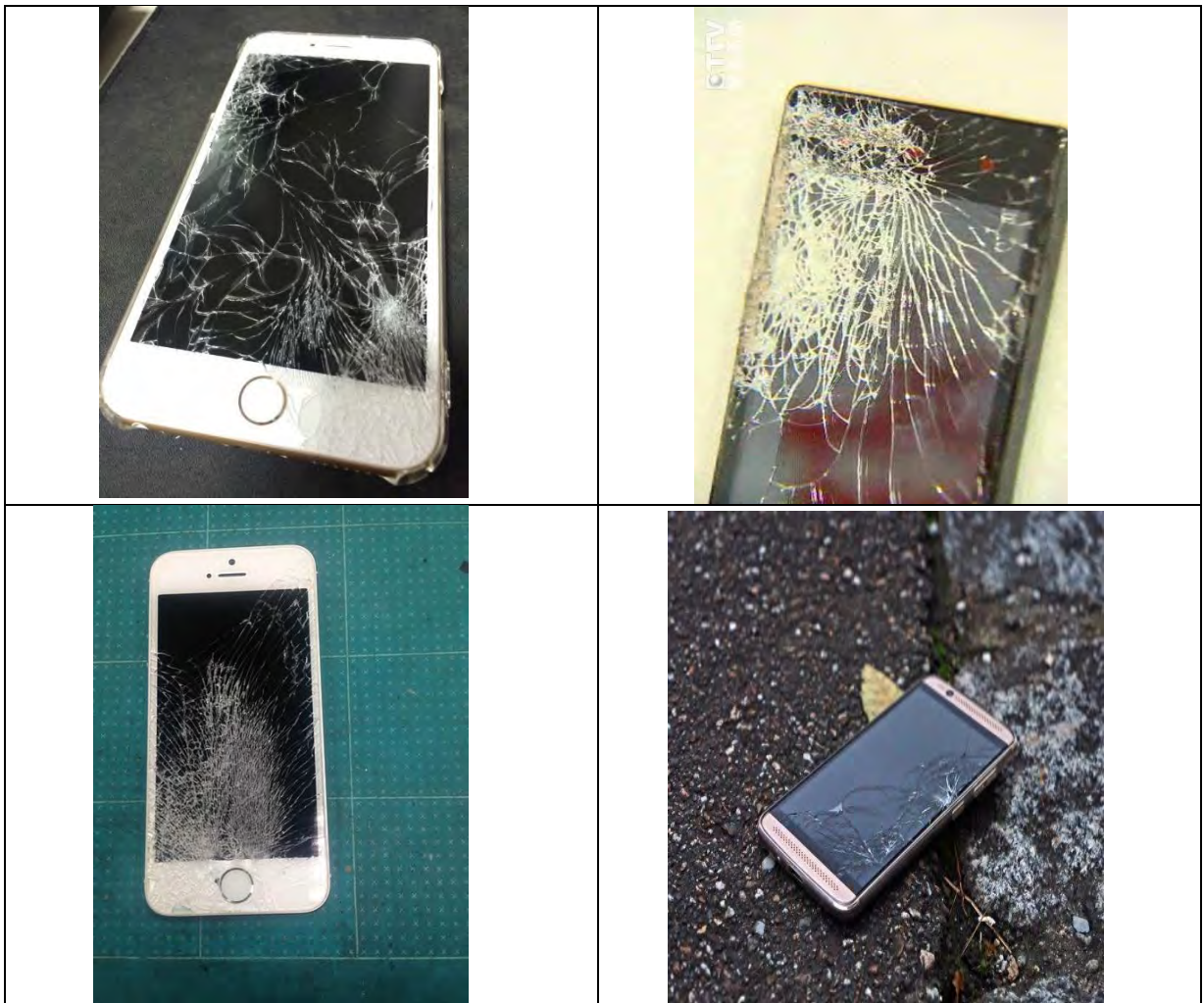
問題 3. 什麼材質的膨性流體具有最好的防護作用？

問題 4. 什麼比例的膨性流體具有最好的防護作用？

問題 5. 如何製成手機保護套？

問題 6. 測試手機保護套所能承受的墜落高度是多少？

問題 7. 測試手機承受不同交通工具輾壓後會變成什麼狀況？



(三)設計與實驗

針對概念研討所提出的五個問題，我們以下一一去解決。

問題1. 什麼材料能調製成膨性流體？

我們收集了市面上容易取得的9種粉類食材，全部都以粉水比例3:2為基準，調製出粉150克：水100克的流體。





回答 1. 以下針對 9 種粉類食材在粉水比例可否形成膨性流體以下三個表回答：

粉類名稱	糯米粉	綠豆粉	酥炸粉
可/否形成	否	否	否

粉類名稱	高筋麵粉	中筋麵粉	低筋麵粉
可/否形成	否	否	否

粉類名稱	樹薯粉	玉米粉	太白粉
可/否形成	是	是	是

整理：調製後以戳、搥、捏、拉四個動作確認是否符合膨性流體特性，樹薯粉、玉米粉、太白粉均能調製成膨性流體，而現在市面上樹薯粉與地瓜粉的原料大多都是以進口的泰國木薯為原料，純地瓜粉之價格為樹薯粉的 2 倍至 3 倍，為**避免資浪費**，故本次實驗暫不將純地瓜粉列入研究。接下來的實驗將會針對**玉米粉**與**太白粉**所調配的膨性流體為研究主體。

小知識補給站：

市面上販售的地瓜粉其實就是進口木薯粉製造的，地瓜雖是台灣盛產的農產品早年困苦年代的重要食物，不過近幾年地瓜身價翻漲，成本相對較貴，加上進口 WTO 低價樹薯粉的衝擊，生產純正地瓜粉的台灣工廠已所剩無幾，也不符合經濟效益，木薯也是一種澱粉作物，主要是提供碳水化合物及熱量，最大的好處就是它不甜比地瓜製造的地瓜粉更適合穩定血糖，吃了也比較不會發胖更不會引起脹氣。

問題 2. 什麼樣的比率能調製出膨性流體？

為了能夠有系統的歸納出所需要調製的比例，並且減少浪費所需調製的粉類，我們製作下表(一)來統整所需要實驗的區塊：

粉：水										
	10:1	10:2	10:3	10:4	10:5	(10:6)	(10:7)	(10:8)	(10:9)	10:10
	9:1	9:2	9:3	9:4	(9:5)	(9:6)	(9:7)	(9:8)	9:9	9:10
	8:1	8:2	8:3	8:4	(8:5)	(8:6)	(8:7)	8:8	8:9	8:10
	7:1	7:2	7:3	(7:4)	(7:5)	(7:6)	7:7	7:8	7:9	7:10
	6:1	6:2	6:3	(6:4)	(6:5)	6:6	6:7	6:8	6:9	6:10
	5:1	5:2	(5:3)	(5:4)	5:5	5:6	5:7	5:8	5:9	5:10
	4:1	4:2	(4:3)	4:4	4:5	4:6	4:7	4:8	4:9	4:10
	<u>3:1</u>	(3:2)	3:3	3:4	3:5	3:6	3:7	3:8	3:9	3:10
	<u>2:1</u>	2:2	2:3	2:4	2:5	2:6	2:7	2:8	2:9	2:10
	<u>1:1</u>	<u>1:2</u>	<u>1:3</u>	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10

回答 2.

圖表說明

先設定出要調製的粉水比例，由 1:1~1:10 及 1:1~10:1(如下圖)為範圍，接著篩選並標示同比例的組別(如 1:1=3:3，5:4=10:8)，再測試出符合膨性流體特性的最大與最小比例。

1. 紅色：優先調配，發現其比值在小於等於 1 或大於 2 時均無膨性流體特性。
2. 黃、淡紫(左上)、墨綠色(右下)：均符合以上條件，故無需再做測試。
3. 其餘顏色均確實做調配，確認其形成狀況。部分同色系，如：白色、灰色等，因比值相同，所以只擇一調配。
4. 括號部分為符合膨性流體特性的比例，水藍色是我們選定製作成品的比例。

整理：

根據表一的整理，我們將在以下的比例中測試出玉米粉以及太白粉能調至成膨性流體的對大極限以及最小極限。下表(二)是我們的 14 個測試目標粉水比例設定。

3 : 2	4 : 3	5 : 3	5 : 4
6 : 5	7 : 4	7 : 5	8 : 5
8 : 7	9 : 5	9 : 7	9 : 8
10 : 7	10 : 9		

在調配的過程中我們發覺使用粉水比值作為調製的單位以使用比例更為嚴謹且明確，如 3 : 2=1.5，4 : 3=1.33 等等，所以我們叫實驗中期的紀錄就改成在比值上的調整，每單位為 100g，如比值為 1.65 時，其配方為 165g 粉配上 100g 水，使用比值後我們發現：

比值數字越大，流體越乾燥；比值數字越小，流體越稀釋

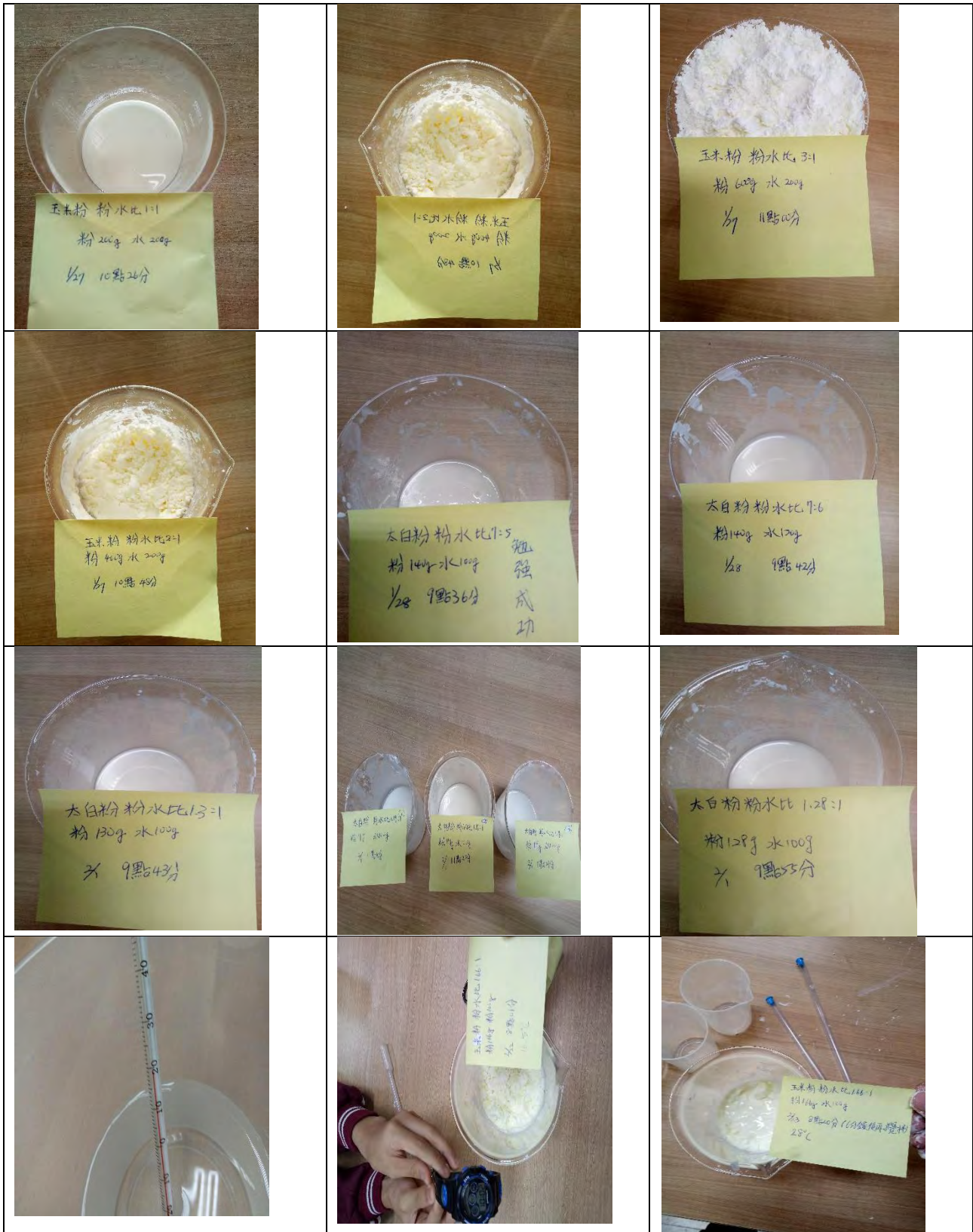
另：網路上的影片或網頁大多提供 3 比 2、4 比 3、7 比 5 三種粉水比例給大家做嘗試，但是大多沒有提到是重量比例或是容積比例，經我們實測後，確定是以重量為調製單位。

從比值到濃度

使用粉水比值讓我們在測試膨性流體之「粉水比」的最大和最小極限上，可以更細微的變化，並且不容易混淆，更不會有比例轉成比值時除不盡的困擾，所以非常實用，但是為了要有科普上統一的概念，最後老師建議我們再另外學習怎麼把比值轉化為重量百分濃度的公式來表示與呈現，公式如下：



重量百分濃度(%)=溶質質量/溶液質量 ×100%=溶質質量/(溶質質量+溶劑質量) ×100%

調製流體狀況節錄：



問題 3. 什麼材質的膨性流體具有最好的防護作用？

回答 3. 玉米粉比太白粉適合作為防護材質，理由如下：

		
玉米粉調製成的膨性流體靜置後較能保持黏性及脹流性。		太白粉膨性流體靜置後較能看見明顯的水層，且揉捏後容易脫水。

小知識補給站：

玉米粉在港式食譜中又稱『生粉』、『粟粉』、『鷹粟粉』、『豆粉』。生粉的作用和台式食譜中的太白粉類似，用來幫助肉質柔軟以及湯汁勾芡之用。但是，**太白粉勾芡的湯汁在放涼後會變得較稀，稱為『還水』，而玉米粉勾芡的湯汁『還水』現象較不明顯**，因此，雖然在中式料理中，玉米粉與太白粉經常是可以互替的，但在西點製作上，仍以玉米粉為主，尤其是派餡塔餡等。

問題 4. 什麼比例的膨性流體具有最好的防護作用？

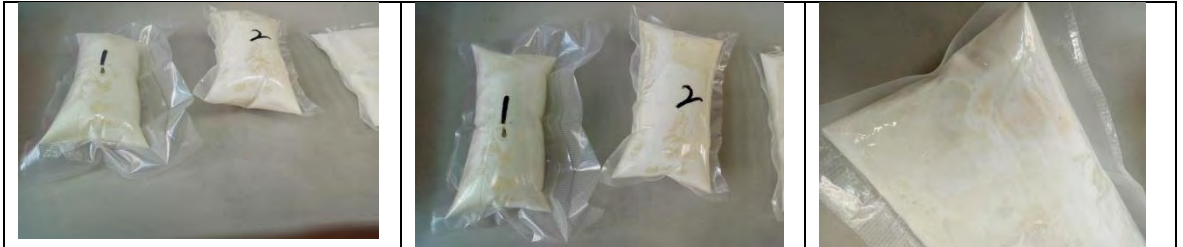
回答 4. 玉米粉能調製的膨性流體之重量百分濃度範圍值介於 52%~63%之間，我們用自製的自球體降落架做了阻力測試(實驗一)和重力測試(實驗二)，拍攝彈珠接觸流體表面到完全沉入流體的時間，再用剪接軟體回放功能紀錄時間，根據實驗數據顯示，濃度越大，阻力越強，同時重力越大，鋼珠下沉的越慢。然而經過多次實驗後發現，粉水比值從 1.61 開始以上，能成功形成膨性流體的機會大概只有一半左右，造成此現象的可能原因將會在【討論二】做說明。

因為上面講的原因，我們決定從表現最穩定之濃度最大比值 1.60 的玉米粉膨性流體作為防護套的統一調製濃度。

問題 5. 如何製成手機保護套?

回答 5. 在製作過程中，我們嘗試了以下七個調整，以下是我們遇到的困難以及提出的解決方法---

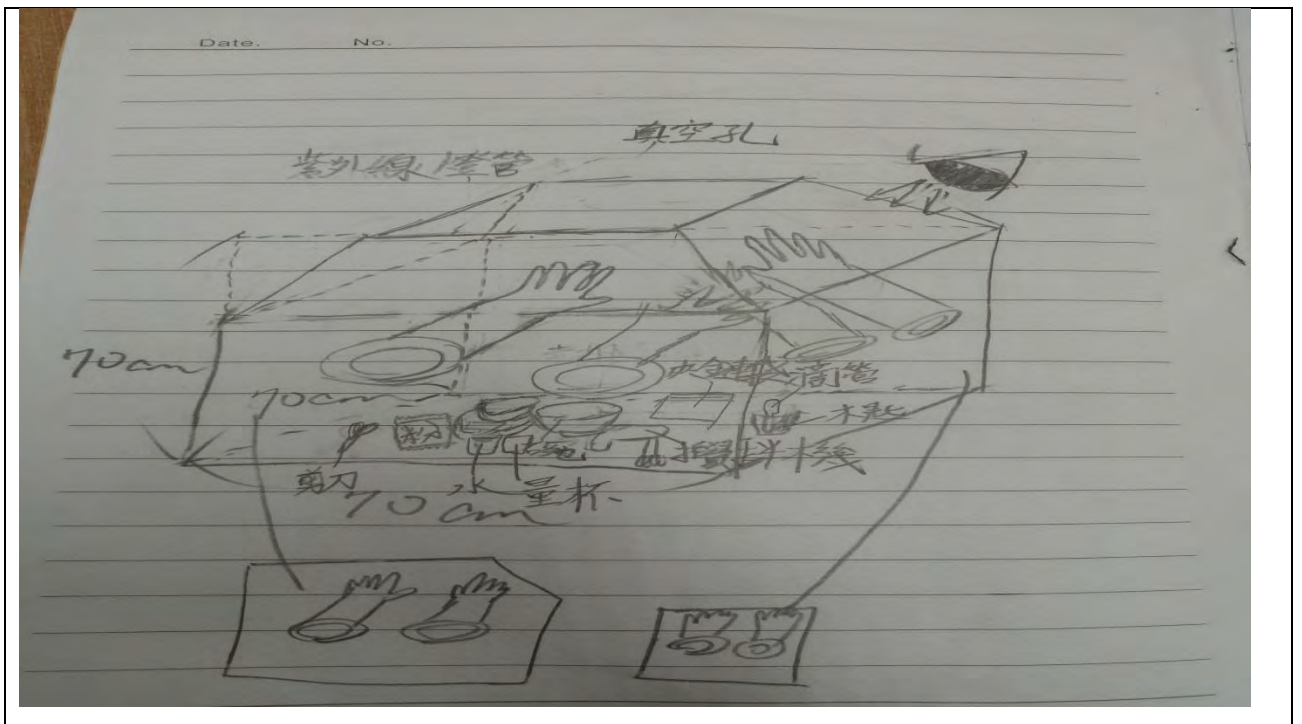
(一)果凍條:初期我們使用將流體灌入果凍條之中，但是由於果凍條容易膨脹或破裂、設計上或包裝上也很難使其穩固在手機外側，所以我們提升了製作技術。



說明:調製完的流體經過三到五天之後，會有不同程度的膨脹狀況，果凍條更嚴重。

(二)真空封膜機:為了防止流體腐敗而產生異味氣體，或防止產生的新氣體改變保護套之大小，我們使用了「真空封膜機」來做改良。

(三)無塵箱:考慮到玉米粉和水在攪拌的過程中可能會受到空氣中的細菌和黴菌汙染，我們便希望能「自製無塵箱」，概念是設計一個空間，把調製流體時需要的所有物件都集中在箱子裡面，接著藉由真空封膜機的真空管將無塵箱進行氣體抽離的工作，並且輔以紫外線裝照燈進行消毒，並且在箱子裡完成封膜。以下是我們想的設計圖:



說明:我們設計了幾個樣式後發現，我們的金費以及技術能力，是除了箱子外殼的壓克力材質可以製作除出來以外，閥門、空氣抽離孔、接電孔等等…都無法的設計出來，於是只好放棄，並尋求提其他方法來抑制流體腐敗。

(四)水質：雖然使用了真空封膜機的封膜程序製作，但是流體產生氣體使保護套膨脹的狀況只有些微的改善，我們因此也將水質對玉米粉造成的影響考慮進去，我們對此做了測試紀錄後，將根據不同水質造成保護套膨脹的狀況來作分析。



上圖為蒸餾的器材以及成品一覽。

(五)攪拌：初期調製流體時，我們都是直接用手攪拌，因為戴手套會使觸感變差，容易攪拌不均勻，但是不戴手套有可能讓手汗或指甲縫殘留的細菌滯留在流體之中，於是我們改採用電動攪拌機，降低細菌滋生的可能。



(六)防腐：為了大幅降低流體腐敗的狀況，我們選擇在調製流體前先將防腐劑加入水中攪拌均勻，以濃度1%的比例(若要食用則合法比例須在濃度0.1%以下)去調製，雖然我們製作的流體不是要拿來食用的，但是坊間容易取得的防腐劑仍然可以提供我們作為制菌防菌之功用，以下我們選擇了三種常見的防腐劑來使用，分別是：

1. 苯甲酸鈉(安息香酸)。
2. 去水醋酸鈉(脫氫乙酸)。
3. 己二烯酸鉀(又稱山梨酸鉀)。



由左至右為---
苯甲酸鈉、去水醋酸鈉、己二烯酸鉀



使用完再用真空夾鏈袋抽除空氣後，放置
收納櫃保存。

(七)去酶：酶又稱為酵素，在生物體內扮演極其重要的角色。舉凡細胞生長週期的調控、代謝反應、訊息傳導、基因的複製還有養分的運送及維持細胞生長等重要功能，都需要酵素的參與。酵素催化反應的選擇性高及催化效率佳，它的本質是具有特殊結構的蛋白質，但是由於酸鹼性及溫度會影響蛋白質的結構，因此酵素催化反應的效率受環境影響會很大。酵素是生物體內之催化劑，一般為蛋白質所組成，具有特殊的立體結構，對反應受質之選擇性高，且在一般體溫的溫度下就有很好的催化效率，若將澱粉酶溶液加熱至 80°C 以上的時候，澱粉酶會完全失去催化活性，縱然回復到了室溫，依舊無法催化澱粉之水解。這乃是由於高溫破壞了澱粉酶的結構，使其失去催化活性，因此後來我們就在調製流體前把玉米粉裝進夾鏈袋隔水加熱，用以破壞澱粉酶的活性，減少保護套腐敗後產生氣體的狀況。

符合以上 7 個條件後，我們再來進行最後的保護套製作，以下介紹製作流程：

果凍條手機保護套

初期我們使用的果凍條封膜方法，會讓產出的保護套品質非常不均勻，而且也沒有做任何制菌防腐的工法，因此後來將此方法完全淘汰，然而這個失敗的經驗確實引導我們朝更進一步的方向去做調整，故仍在此做簡單的介紹。我們進行下列四個步驟完成果凍手機保護套製作：

步驟一 調製膨性流體

調製適量的粉水比值 1.60 膨性流體。

步驟二 灌漿

將膨性流體灌入果凍條塑膠包裝至七分滿。



步驟三 封膜

將封膜機熱機，之後逐一小心將果凍條塑膠包裝封口。

步驟四 黏貼手機外層

將膨性流體膠條年著固定後包覆在手機外層。



真空封膜手機保護套

使用真空封膜機封膜能夠大幅度的提升保護的保護效能與品質，再輔以上述的七個調整，終於使得我們的保護套製作有了標準作業流程(SOP)，以下是我們使用真空封膜機製作保護套的步驟：



步驟一 調製膨性流體

調製適量的粉水比值 1.60 膨性流體，並將防腐劑事先與水調和成濃度 1%。



步驟二 灌漿

裁切封膜袋，先將單邊封膜，再將膨性流體灌入真空封膜袋。

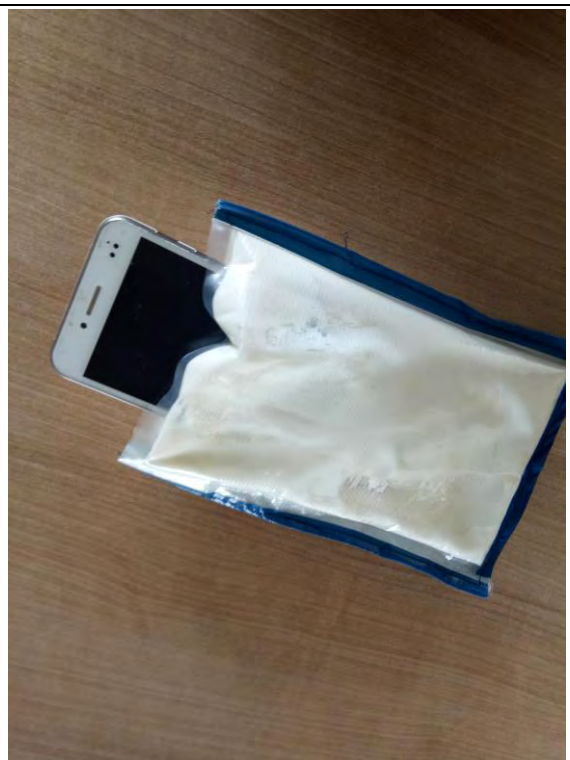


步驟三 封膜

將膨性流體灌入真空封膜袋後進行抽真空，接著封膜，一邊各封膜兩次，使封邊更牢固。



步驟四 重複以上步驟做出兩片封膜袋，將兩片封膜袋重疊後，使用布膠分別黏貼兩條長邊及一條短邊，接著將布膠邊以裁縫車縫紉牢固。



問題 6. 測試手機保護套所能承受的墜落高度是多少？

回答 6. 我們將手機放入保護套中，從二樓、三樓、四樓依序讓它成自由落體落下，並且拍攝影片，發現即使是從四樓落下，只要有我們的保護套，依然可以保持完整。（影片將在展場現場提供，並且提供對照組之手機狀況作比對）

問題 7. 測試手機承受不同交通工具輾壓後會變成什麼狀況？

回答 7. 用一般淑女腳踏車、125CC 機車、1700CC 汽車分別對手機保護套做行進時的輾壓，發現被包覆的手機並未受到損害。

(四)數據整理

1.

實驗一、阻力實驗									
彈珠從 45cm 接觸流體直到完全沉入流體的秒數(s)									
比值		1.60	1.61	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67
次數	1	1.23s	1.41s	1.45s	1.51s	2.48s	4.62s	5.69s	8.32
	2	1.21s	1.36s	1.48s	1.52s	2.47s	4.60s	5.66s	8.32s
	3	1.26s	1.37s	1.45s	1.50s	2.44s	4.63s	5.68s	8.33s
	均	1.23s	1.38s	1.46s	1.51s	2.46s	4.62s	5.68s	8.32s

2.

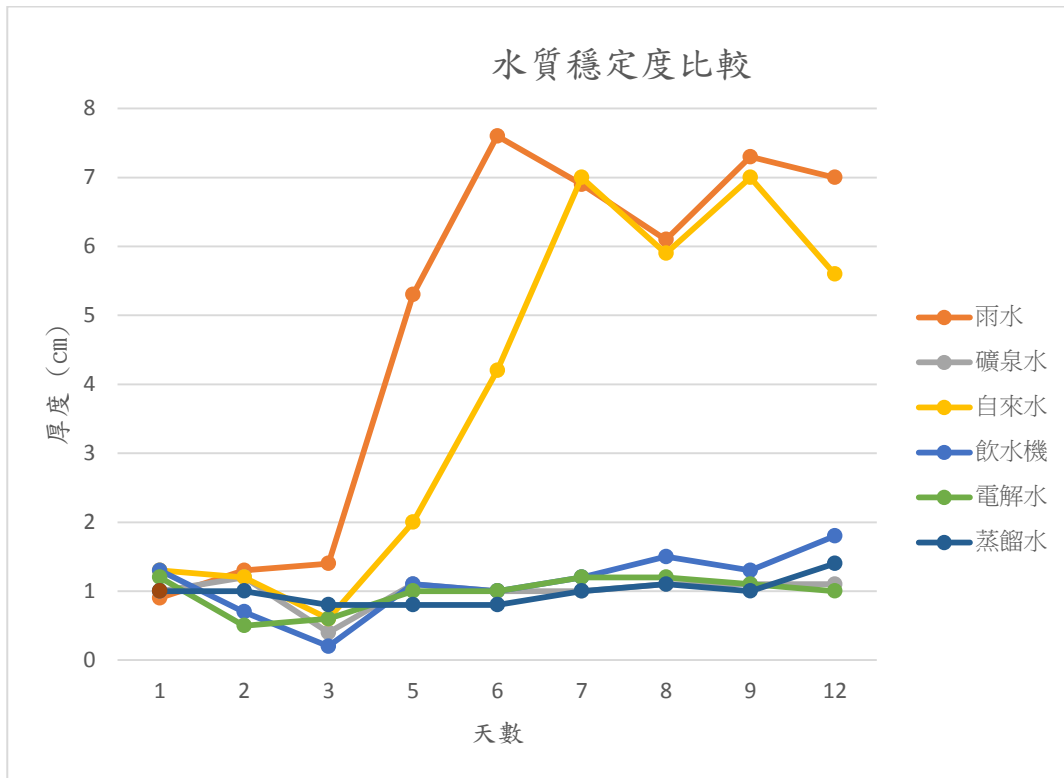
實驗二、重力實驗						
鋼珠從 45cm 接觸比值 1.60 流體直到完全沉入流體的秒數(s)						
重量		0.5g	2.5g	7g	16.5g	67g
次數	1	0.30s	1.33s	6.12s	23.00s	45.36s
	2	0.20s	1.34s	6.09s	21.15s	48.59s
	3	0.20s	1.36s	6.15s	25.11s	44.68s
	均	0.23s	1.34s	6.12s	23.09s	46.21s

手機墜落實驗						
手機從以下 5 個高度摔下來後螢幕呈現狀態						
高度		50cm	100cm	二樓	三樓	四樓
次數	1	完整	完整	完整	完整	完整
	2	完整	完整	完整	完整	完整
	3	完整	完整	完整	完整	完整

3. 水質穩定度實驗：

以下呈現實驗紀錄以及曲線圖變化。

日期	D	雨水	礦泉水	自來水	飲水機	電解水	蒸餾水	溫度 (° C)	溼度 (%)
5月23日	1	0.9	1	1.3	1.3	1.2	1	24	74
5月24日	2	1.3	1.2	1.2	0.7	0.5	1	24	72
5月25日	3	1.4	0.4	0.6	0.2	0.6	0.8	25.5	64
5月27日	5	5.3	1.1	2	1.1	1	0.8	25.9	80
5月28日	6	7.6	1	4.2	1	1	0.8	26	79
5月29日	7	6.9	1	7	1.2	1.2	1	20	59
5月30日	8	6.1	1.1	5.9	1.5	1.2	1.1	24	71
5月31日	9	7.3	1.1	7	1.3	1.1	1	26	75
6月3日	12	7	1.1	5.6	1.8	1	1.4	28	70
平均數		6.257	1.285	4.979	1.442	1.257	1.271		



伍、研究結果

- 一、玉米粉、太白粉、樹薯粉(地瓜粉)均可調製出膨性流體。
- 二、太白粉受力後後的脫水狀況以及靜置後的粉水分離狀況明顯，不適合製成用品。
- 三、粉水分離現象在玉米粉及太白粉均會發生，原因是當粉向下沉澱時，較為清澈的水分會浮在流體之上，從而形成的雙層溶液。
- 四、脫水現象分為三種，第一種是常見的「暫時性脫水」是指流體粒子受力時改變排列方式，形成能夠阻擋較大阻力的狀態，在受到速度較快且不大的力量時，水分暫時移動至附近沒受力的區塊，在力量被緩衝後，水分再次被一開始受力的區塊吸收回來，這種脫水現象通常來得快而恢復得快。第二種「受力永久性脫水」是水分在受力後離開「原流體容器」所造成的「不可逆」濃度改變現象，這個狀況會使得流體變乾，甚至是失去「膨性流體性質」，這種狀況通常是發生在緩慢而較大壓力的擠壓之下，在粉水分離發生時，水分直接離開流體主體而發生的狀況，這種現象通常發生的過程稍微緩慢，而且根據容器及施力物大小，很可能無法恢復膨性流體性質。第三種是「無受力永久性脫水」，也就是水分在正常空氣中因為蒸散而流失的現象，進而導致流體乾涸而改變濃度，最後失去膨性流體性質，這種狀況通常發生的最緩慢，根據常溫或是通風狀況而會有所變化。
- 五、玉米粉能調製的膨性流體之重量百分濃度範圍最大，其值介於 52%-63%之間。
- 六、太白粉能調製的膨性流體之重量百分濃度範圍最大，其值介於 54%-62%之間。
- 七、水質穩定度比較(穩定度高至低)：電解水>蒸餾水>礦泉水>飲水機>自來水>雨水。
- 八、用玉米粉灌製成的重量百分濃度 62%手機保護套其耐摔耐震高度達 4 層樓。
- 九、用一腳踏車、機車、汽車分別對手機保護套做輾壓，發現被包覆的手機並未受到損害。

陸、討論

- 一、純地瓜粉成本較高，本次研究尚未完整呈現測試結果。
- 二、在調製流體時，如果粉水比例接近該材質的極限時，成形狀況將會非常不穩定，水溫、攪拌物件、以及攪拌物件本身之溫度，都可以是操作變因。
- 三、粉水分離的狀況與濃度和時間之間的關係是一項可以探究的實驗。
- 四、在我們歸納的三種脫水現象中，暫時性脫水、受力永久性脫水與受力面積、速率之間的關係非常具有實驗的空間。
- 五、造成流體成形不穩定的最主要因素，除了水量之外，推測也與溫度和酸鹼性有關。
- 六、玉米粉膨性流體在受到不同表面積受力的反應狀況及數據十分值得研究。
- 七、膨性流體手機保護套的最高耐摔高度極限為何是仍能測試的實驗。

八、輾壓實驗在安全疑慮以及地理環境受限的情況下，較無法測試出不同時速對保護套可能造成的破壞情形。

九、雖然本研究主題是探討膨性流體作為手機保護套上的運用，但其實也可能有潛力運用在其他日用品上，如：電腦包、貴重文物防護層、易碎物包裝盒等…基於低成本、低污染的材質基礎上，其實還是一項充滿創造空間的作品。

柒、結論

非牛頓流體所表現出來的現象雖然十分有趣，但是若是針對粉類食材而調製此類流體，卻會發現許多不同的變化，同時也受到許多限制，我們在研究的過程中，發現了這種流體並不只是好玩有趣的白色粉團，而是非常有個性也非常有生命力的存在，以至於我們原本設定要實驗的目標需要不斷增加以及調整，部分項目也還需要繼續完成。

非牛頓流體的相關作品均較少挑戰重量百分濃度的範圍，也不常專注在粉漿製成的精確度或材質表現的比較層面，而我們對此已有較多的突破，若能繼續發展本研究，相信在實際應用方面也可以跟許多不同物品做結合。

而在實際運用方面，只要能夠克服保存期限以及腐壞問題，其實對於不同大小的物件都能夠輕易地做出結合，期許未來我們還能構成這個方向深入發展，運用得當。

捌、參考資料及其他

- 一、暴走楊的科學網-07. 翁子國小科研社 > 科研社課程內容 > 科學魔術-非牛頓流體 (羅淵學), 張貼者: 2012 年 10 月 29 日 上午 5:26 羅阿學 [已更新 2012 年 10 月 31 日 上午 12:59]
<https://sites.google.com/site/baozouyangdekexuewang/weng-zi-guo-xiao-ke-yan-she/weng-zi-guo-xiao-ke-yan-she/kexuemoshu-feiniudunliutiluoyuanxue>
- 二、非牛頓流體的奧妙-趙瑩珊。台中市立惠文高中。
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111422421588.pdf>
- 三、第 58 屆中小學科學展覽國小組 物理科--不可思議! 小小流體力量大-非牛頓流體與腳踏車減速帶之研究---臺北市大安區龍安國民小學
- 四、第 57 屆中小學科學展覽國中組 物理科---兵來漿擋-非牛頓流體防衝撞力之研究---台中市立居仁國民中學
- 五、謝曉星 (1991)。基本流體力學。台北市: 東華
- 六、任碩、張俊盛 (譯) (1982)。基本流體力學 (上)。台北市: 科技圖書
- 七、苗君易 (2003)。流體力學知多少。台南市: 國立成功大學
- 八、張大同家. 我是健康食物探索研究. 歡迎討論指教---地瓜粉、太白粉、玉米粉有何不同? (2012)
<https://blog.xuite.net/lohas3638/twblog/137371110-%E5%9C%B0%E7%93%9C%E7%B2%89%E3%80%81%E5%A4%AA%E7%99%BD%E7%B2%89%E3%80%81%E7%8E%89%E7%B1%B3%E7%B2%89%E6%9C%89%E4%BD%95%E4%B8%8D%E5%90%8C%EF%BC%9F>
- 九、痞客邦 靜姊廚房---木薯粉(地瓜粉)製作&地瓜球 (2017)
<http://lkk279.pixnet.net/blog/post/47633640-%E6%9C%A8%E8%96%AF%E7%B2%89%28%E5%9C%B0%E7%93%9C%E7%B2%89%29%E8%A3%BD%E4%BD%9C%26%E5%9C%B0%E7%93%9C%E7%90%83>
- 十、張馨云、余瑞琳(2016)微量化學實驗: 誰是口水王—酸鹼性和溫度對澱粉酶催化效率之影響
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17345>

【評語】 082907

1. 探討由食用粉體製備膨性(或剪切稠化)非牛頓流體的可行性及其做為手機保護套的應用，極富創意。惟鑑定流體種類的方法宜更明確。
2. 保護成效的呈現宜再斟酌。

摘要

製作出非牛頓流體，使其在呈現為膨性流體(剪切增稠流、脹流性)時做出以下測試及應用：

- 一、測試出了市面上容易取得之安全食用材料中，哪些適合製成膨性流體。
- 二、不同材料能保持膨性流體之濃度的最大與最小極限，其值介於0.52~0.63 之間。
- 三、比較出玉米粉比太白粉更適合製作以膨性流體為主的日常生活防護品之原因。
- 四、用生活中容易取得之材料製作出手機保護套，其防摔高度可達四層樓以上。

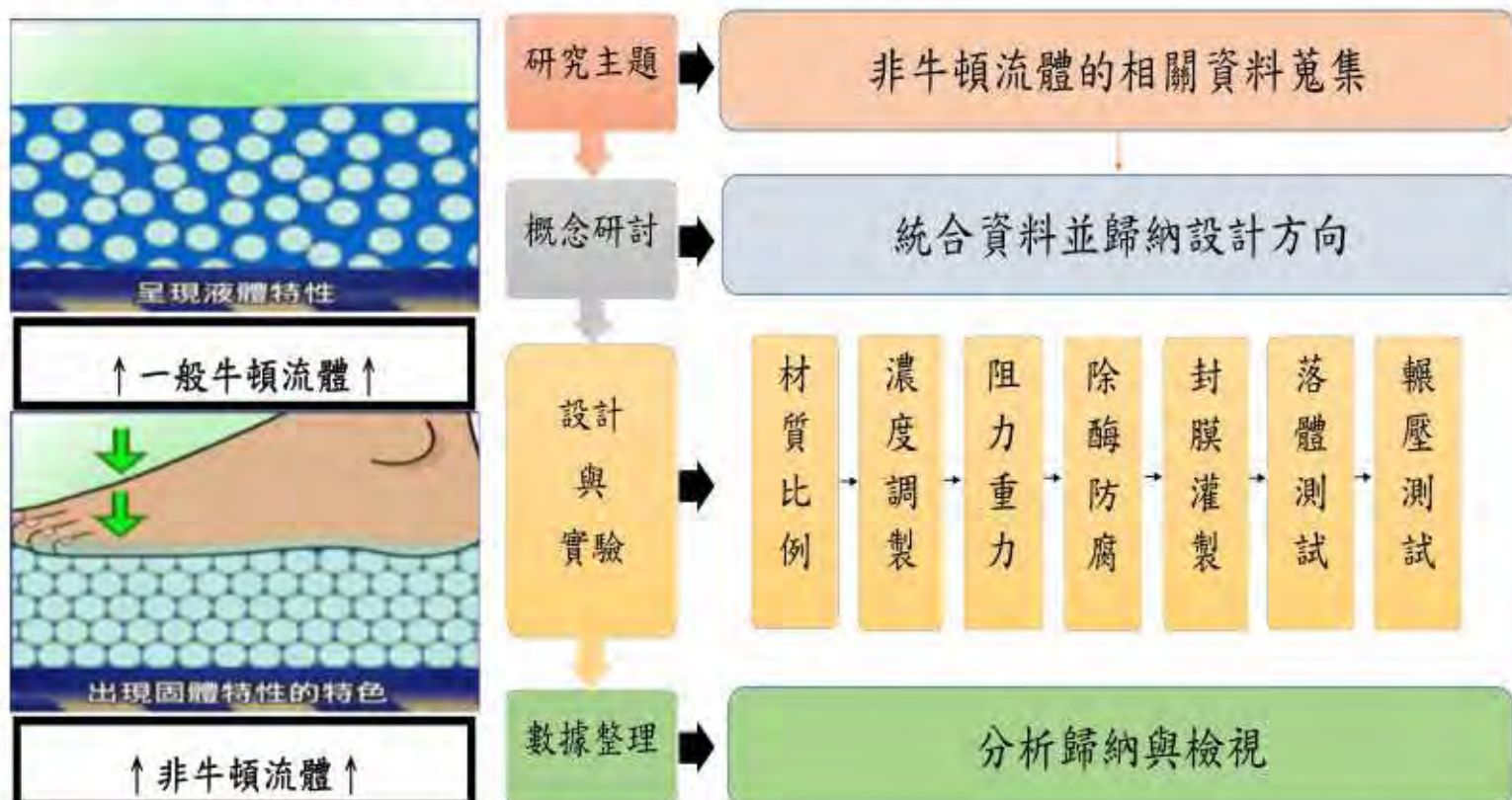
研究動機

之前曾經將新買的手機放在外套口袋裡，然後不小心讓手機滑落在地上，造成手機螢幕破裂的慘劇，螢幕碎裂的時候我的心彷彿也碎了滿地，雖然有裝手機殼，但仍無法免於這場「災難」。之後就常常思索該如何避免這種心碎的故事再次發生，直到學到了抗力與施力在兩者力量相同時會產生互相平衡的概念後(槓桿原理)，才聯想到了如果手機殼外能加讓上一層改變受力狀況的物質，讓力量在外殼達到平衡，也許就能解決這個問題，於是在搜尋資料後認為製作難度簡易的非牛頓流體，非常適合這個題材，也才有了這次的作品。



研究目的

1. 確認市面上容易取得且可以調製出膨性流體的食用材料。
2. 測試出上述食用材料其能夠維持膨性流體特性之重量百分濃度的最大與最小極限。
3. 比較與選定材料，經由實驗找出最適合做手機保護套的重量百分濃度。
4. 製作出簡易且能有效防摔、防震的手機保護套。



設計與實驗

一、材質測試 二、濃度比例調製



調製前，各準備3：2的粉與水(150g：100g)

調製後以戳、搓、捏、拉四個動作確認是否符合膨性流體特性



糯米粉 綠豆粉 蘇炸粉 低筋麵粉 中筋麵粉 高筋麵粉 樹薯粉 玉米粉 太白粉

10:1	10:2	10:3	10:4	10:5	(10:6)	(10:7)	(10:8)	(10:9)	10:10
9:1	9:2	9:3	9:4	(9:5)	(9:6)	(9:7)	(9:8)	9:9	9:10
8:1	8:2	8:3	8:4	(8:5)	(8:6)	(8:7)	8:8	8:9	8:10
7:1	7:2	7:3	(7:4)	(7:5)	(7:6)	7:7	7:8	7:9	7:10
6:1	6:2	6:3	(6:4)	(6:5)	6:6	6:7	6:8	6:9	6:10
5:1	5:2	(5:3)	(5:4)	5:5	5:6	5:7	5:8	5:9	5:10
4:1	4:2	(4:3)	4:4	4:5	4:6	4:7	4:8	4:9	4:10
(3:1)	(3:2)	3:3	3:4	3:5	3:6	3:7	3:8	3:9	3:10
(2:1)	2:2	2:3	2:4	2:5	2:6	2:7	2:8	2:9	2:10
(1:1)	(1:2)	(1:3)	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10

先設定要調製的粉水比例(如左圖)為範圍，並篩選出符合膨性流體特性的最大與最小比例。

圖表說明：

1. 紅色：優先調配，發現其比值在小於等於1或大於2時均無膨性流體特性。
2. 黃、淡紫(左上)、墨綠色(右下)：均符合以上條件，故無需再做測試。
3. 其餘顏色均確實做調配，確認其形成狀況。部分同色系，如：白色、灰色等，因比值相同，所以只擇一調配。
4. 括號部分為符合膨性流體特性的比例，水藍色是我們選定製作成品的比例。

※比較材質特性※



玉米粉調製成的膨性流體靜置後較能保持黏性及脹流性



太白粉膨性流體靜置後較能看見明顯的水層，且揉捏後容易脫水

三、阻力實驗&重力實驗

比值	1.60	1.61	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	
次	1	1.23	1.41	1.45	1.51	2.48	4.62	5.69	8.32
	2	1.21	1.36	1.48	1.52	2.47	4.60	5.66	8.32
	3	1.26	1.37	1.45	1.50	2.44	4.63	5.68	8.33
數	均	1.23s	1.38s	1.46s	1.51s	2.46s	4.62s	5.68s	8.32s

重量	0.5g	2.5g	7g	16.5g	67g	
次	1	0.3	1.33	6.12	23.00	45.36
	2	0.2	1.34	6.09	21.15	48.59
	3	0.2	1.36	6.15	25.11	44.68
數	均	0.23	1.34	6.12	23.09	46.21

四. 除霉防腐1封膜機 & 規劃設計無塵箱

為了防止流體腐敗而產生異味氣體，或防止產生的新氣體改變保護套之大小，我們使用了「真空封膜機」來做改良。



五. 封膜灌製1 果凍條保護套

使用果凍條會讓產出的保護套品質非常不均勻，且沒有做任何制菌防腐的工法，因此後來將此方法完全淘汰。



六. 落體測試

手機放入保護套中，從四樓落下。



四. 除霉防腐2防腐劑 & 去除澱粉酶活性

使用苯甲酸鈉、去水醋酸鈉、己二烯酸鉀作為防腐劑。玉米粉加熱至80°C以上會使澱粉酶完全失去催化活性，縱然回復到了室溫，依舊無法催化澱粉水解。



五. 封膜灌製2 真空封膜保護套

用真空封膜機封膜能的提升保護的效能與品質，再加上上述的調整，使得我們的保護套製作有了標準作業流程(SOP)。



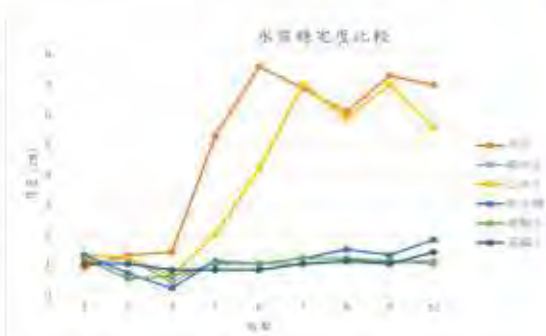
七. 輾壓測試

用一般腳踏車、125CC機車、1700CC汽車分別對手機保護套做行進時的輾壓，發現被包覆的手機並未受到損害。



※比較不同水質對流體的影響※

日期	D	雨水	礦泉水	自來水	軟水機	電解水	蒸餾水	溫度 (°C)	硬度 (°dH)
5月23日	1	0.9	1	1.3	1.3	1.2	1	24	74
5月24日	2	1.3	1.2	1.2	0.7	0.5	1	24	72
5月25日	3	1.4	0.4	0.6	0.2	0.6	0.8	25.5	64
5月27日	5	5.3	1.1	2	1.1	1	0.8	25.9	80
5月28日	6	7.6	1	4.2	1	1	0.8	26	79
5月29日	7	6.9	1	7	1.2	1.2	1	20	59
5月30日	8	6.1	1.1	5.9	1.5	1.2	1.1	24	71
5月31日	9	7.3	1.1	7	1.3	1.1	1	26	75
6月3日	12	7	1.1	5.6	1.8	1	1.4	28	70
平均數		6.257	1.285	4.979	1.442	1.257	1.271		



研究結果

- 一. 玉米粉能調製的膨性流體之濃度範圍最大，其值介於0.52~0.63之間。
- 二. 使用去除澱粉酶活性的玉米粉，與加入防腐劑的電解水調製膨性流體，再抽真空封膜，能有效抑制流體腐敗及產生氣體，增加使用期限。
- 三. 用玉米粉灌製成的重量百分濃度0.62手機保護套其耐摔耐震高度最少達四層樓以上。

討論

- 一. 脫水現象的改變與受力面積、重力加速度之間的關係以及不同表現成因非常具有實驗的空間。
- 二. 膨性流體手機保護套若在不同時速的行進車輛上落下，所能表現出的保護效果十分值得研究。
- 三. 雖然本研究主題是探討膨性流體作為手機保護套上的運用，但其實也可能運用在其他日用品上。

結論

過去研究非牛頓流體的相關作品均較少挑戰重量百分濃度的範圍，也不常專注在粉漿製成的精確度或材質表現的比較層面，而我們對此已有較多的突破，若能繼續發展本研究，相信能做出更多實用數據及應用方向。