

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱:地牛翻身靠得住~非牛頓流體之探討及應用

一、摘要

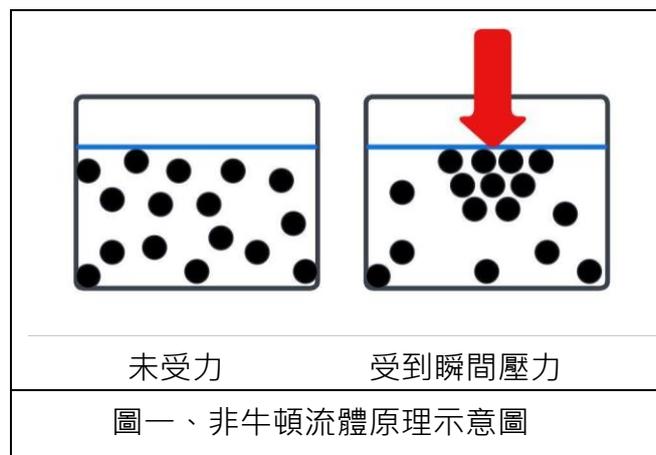
非牛頓流體是一種流體力學的概念，當流體受到的壓力或速度而產生變化時，壓力越大，黏度越大，甚至成為暫時性的固體，原因是高分子化合物（例如各種澱粉）在接受外力擠壓時，會自動排列整齊而抵抗外力，形成不符合牛頓黏性定律的流體，因此當用力用手指戳或搥打「非牛頓流體」時，接觸的地方因為壓力大而黏度增加，使手指或拳頭就無法進入水溶液內部。依據這些特性，我們挑選了生活中容易取得的粉類設計了三個實驗。實驗中我們觀察到在 3:2(粉:水)的比例中，太白粉與玉米粉的表現最接近非牛頓流體，經過反覆執行實驗，我們發現玉米粉的防震較太白粉好。而第三個實驗中我們發現太白粉與玉米粉在溫度 70、100 度中都呈黏土狀，我們猜測這個現象可能跟勾芡的原理很類似。因此根據我們的實驗結果可知，可以使用所需比例較少的樹薯粉，製作非牛頓流體，作為防震材料或於日常生活中緩衝物品。

二、探究題目與動機

就在不久前，今年的 2 月 6 日在土耳其敘利亞發生強烈的地震，此後更有多次餘震。此地震造成傷亡慘重，至少包括五萬三千多人死亡、十餘萬人受傷，更有大量房屋倒塌。知道消息的我們十分震撼，一個天災竟造成如此慘重的傷亡，同時也讓我們對於防震相關的研究產生興趣，搜尋資料的過程中，我們發現非牛頓流體這個東西，他受到壓力時黏性增加，甚至成為暫時性固體的特性，可以用來當成生活中的緩衝物品，用以保護物品因為突然的壓力受損，例如門擋、手機保護殼或是安全帽，這個特型如果應用得當，應該也可以用來進行防震及其相關應用。於是我們開始了關於非牛頓流體防震的相關研究，也期望實驗的結果，可以利用較少的花費保護更多受到地震所害的人們。

三、探究目的與假設

非牛頓流體的主要特徵有：流體的黏度會因為受到的瞬間的壓力時，流體中的高分子化合物互相吸引自動排列整齊而抵抗外力，使其物理性質發生變化，如圖一所示。壓力越大，黏度也會增加，甚至成為暫時性的固體。澱粉是生活中常見的高分子化合物，所以太白粉水溶液就是一種具有高分子化合物的水溶液，而其水溶液在一般狀態下稱為牛頓流體。為了更加了解非牛頓流體發生的情況與其現象，所以我們設計了下列三個實驗：



- (一) 自製非牛頓流體。
- (二) 觀察不同種類非牛頓流體的防震效果。
- (三) 探討溫度與非牛頓流體的關係。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 自製非牛頓流體

1. 實驗說明：考量到之後的所有實驗都要有一個固定比例的非牛頓流體，所以我們要先以第一個實驗來決定出一個固定的比例，以使用於之後的實驗。同時也要篩選出能用於調製非牛頓流體的粉類。
2. 實驗：使用日常生活中容易取得的澱粉太白粉、玉米粉、樹薯粉及麵粉，每一種粉依序進行 5：2、3：2、6：5、7：5 (粉：水)的比例，充分攪拌後，觀察自製流體是否具有非牛頓流體現象，並觀察不同澱粉與水在不同比例下的狀況。表一為本實驗的設置。
3. 器材：電子秤、量筒、燒杯、小湯匙、太白粉、玉米粉、樹薯粉及麵粉。

表一、非牛頓流體調配比例與等比例放大倍率

粉：水	5：2	3：2	6：5	7：5
粉	30公克	30公克	30公克	35公克
水	12毫升	20毫升	25毫升	25毫升

4. 實驗結果

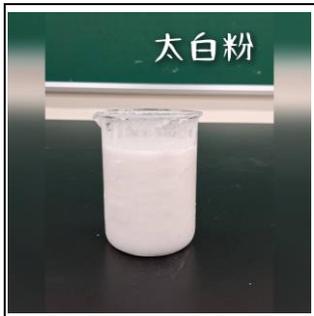
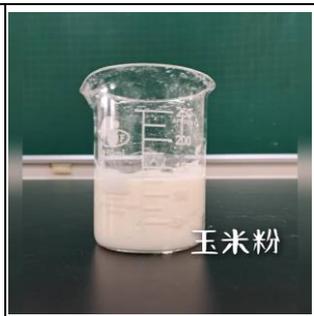
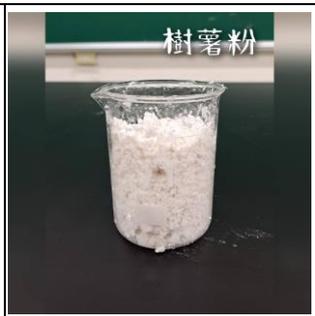
表二、不同粉與不同比例非牛頓流體調製結果

種類： 比例	5：2	3：2	6：5	7：5
太白粉	過於乾燥，無法形成流體狀態，為結塊粉狀（太乾）。	非牛頓流體狀。看似液體，受力時卻暫時性變為固體。	介於水與非牛頓流體之間（太濕），攪拌起來有一點點阻力。	非牛頓流體狀。比太白粉 3：2 比例更加水一點點。
玉米粉	過於乾燥，無法形成流體狀態，為結塊粉狀（太乾）。	非牛頓流體狀。比相同比例太白粉非牛頓流體黏性更大（更硬）。	介於水與非牛頓流體之間（太濕），攪拌起來有一點點阻力。	同太白粉，不過黏性稍大一點。
樹薯粉	過於乾燥，無法形成流體狀態，呈現結塊粉狀（太乾）。	過於乾燥，無法形成流體狀態，呈現結塊粉狀（太乾）。	非牛頓流體狀。看似液體，受力時卻暫時性變為固體。	過於乾燥，無法形成流體狀態，呈現結塊粉狀（太乾）。

麵粉	過於乾燥，無法形成流體狀態，為結塊粉狀（太乾）。	黏性大，不具非牛頓流體現象。狀態介於麵團與麵糊之間。	流體狀，類似於麵糊的物體。	黏性大，不具非牛頓流體現象。狀態介於麵團與麵糊之間。
----	--------------------------	----------------------------	---------------	----------------------------

(註：上表的「非牛頓流體狀」皆代表：看似液體，受力時卻暫時性變為固體。因為已在太白粉 3：2 比例敘述，因此後續不再說明。)

如表二所示，比例5：2的實驗全部沒有成功；而比例6：5雖然樹薯粉實驗成功，但卻造成太白粉與玉米粉太濕無法成行的結果，因此後續實驗的比例將是成功率最高的3：2和7：5比例，不過實驗只需一個比例即可，所以我們**挑選放大比率較容易計算的3：2比例**，作為後續實驗基準。圖二至圖五為四種澱粉水在 3:2 比例的實驗照片。

			
圖二、太白粉 3：2比例	圖三、玉米粉 3：2比例	圖四、樹薯粉 3：2比例	圖五、麵粉 3：2比例

(二) 觀察不同種類非牛頓流體的防震效果。

1. 實驗說明：根據實驗一的數據（3：2的比例），利用地震模擬器（如圖六），模擬套用到防震的實驗上。測試成功的太白粉與玉米粉非牛頓流體，在**相同條件下的防震效果誰比較好**。
2. 步驟：
 - (1). 調製比例為3：2的太白粉非牛頓流體（如圖七）
 - (2). 將調製完成的太白粉非牛頓流體放置於地震模擬器上
 - (3). 開啟地震模擬器，搖晃五秒鐘
 - (4). 測量太白粉非牛頓流體的起伏幅度（如圖八）
 - (5). 重複上述相同步驟，並將太白粉非牛頓流體改為玉米粉非牛頓流體（如圖九）

- (6). 觀察兩種非牛頓流體的起伏幅度。
 (7). 起伏幅度較小者，防震效果較佳
3. 實驗器材：電子秤、量筒、燒杯、小湯匙、太白粉、玉米粉、地震模擬器、尺（測量起伏幅度）
4. 實驗結果：



圖六、地震模擬器

- (1). 如表三所示，不管是實驗的單次數據或是平均數據，都顯示「玉米粉」非牛頓流體的防震效果比太白粉非牛頓流體好。
- (2). 我們認為會造成這樣的結果是因為，不管是之前何種比例的玉米粉非牛頓流體都比太白粉乾（更硬），黏性更大所以起伏的幅度較小果也較好。

表三、地震模擬器搖晃後非牛頓流體起伏幅度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
太白粉	9mm	8.5mm	8.5mm	9mm	8mm	8.6mm
玉米粉	5.5mm	4.5mm	5mm	5.5mm	5mm	5.1mm



圖七、非牛頓流體調製情形



圖八、太白粉非牛頓流體起伏幅度測量



圖九、玉米粉非牛頓流體起伏幅度測量

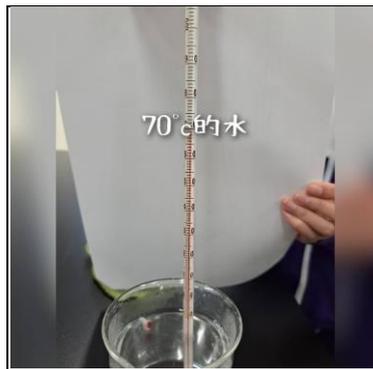
（三） 探討水溫與非牛頓流體的關係。

- 實驗說明：測試完太白粉與玉米粉的起伏幅度（防震效果）後，決定進一步探討「水溫」於非牛頓流體的關係。我們用20°C（水龍頭裝出來的水）的水作為對照組，與70°C與90°C的水進行對比。
- 實驗步驟：
 - 用燒杯裝出兩杯飲水機的熱水水，置於陶瓷纖維網與三腳架之上。
 - 將酒精燈放在三腳架下，點燃酒精燈。
 - 用溫度計測量水溫分別到達70°C（如圖十）與90°C（如圖十一）。

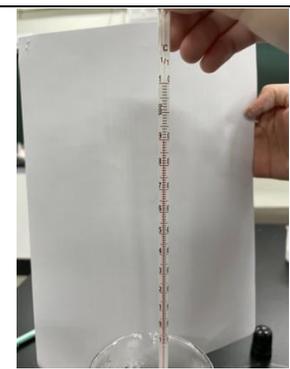
- (4). 用抹布包裹，避免燙傷；將水分別到入量筒，測量60毫升。
 - (5). 將測量好的水分別倒入兩杯90公克的玉米粉內，完成3：2非牛頓流體調製。
 - (6). 重複上述步驟，完成太白粉的調製。
 - (7). 重複二、的實驗步驟，進行防震測試
 - (8). 最後用20°C的水調製兩種粉的非牛頓流體。
 - (9). 觀察結果
3. 實驗器材：燒杯、量筒、小湯匙、三腳架、陶瓷纖維網、酒精燈、溫度計、太白粉、玉米粉、電子秤。

4. 實驗結果：

(1). 與常溫的20°C太白粉非牛頓流體相比，70°C的太白粉(如圖十二)非牛頓流體黏性更大。



圖十、加熱至70°C的水



圖十一、加熱至90°C的水

(2). 用70°C太白粉非牛頓流體進行防震測試，測試結果比相同比例但溫度為20°C的玉米粉非牛頓流體防震效果更佳，測試結果如表四所示。

(3). 除了上述的70°C太白粉非牛頓流體，其餘的70°C玉米粉(如圖十三)非牛頓流體、90°C太白粉(如圖十四)&玉米粉(如圖十五)非牛頓流體黏性都非常大，不具非牛頓流體現象，形成固體。

(4). 因為已形成固體，所以沒有繼續進行防震測試。

表四、70°C 太白粉水非牛頓流體起伏幅度

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
70°C太白粉	4 mm	3 mm	4 mm	4.5 mm	3.5 mm	3.8 mm



圖十二、70°C太白粉非牛頓流體



圖十三、70°C玉米粉非牛頓流體



圖十四、90°C太白粉非牛頓流體



圖十五、90°C玉米粉非牛頓流體

5. 問題討論：

因為沒有料想到出現這樣的結果，所以馬上上網查詢原因。上網查詢後，並沒有資料顯示為什麼會有這樣的結果。所以我們詢問師長的意見後猜測，這跟勾芡的原理很類似；澱粉遇熱後會產生糊化現象，澱粉分子間的氫鍵鍵結受熱破壞，產生較大的空隙，使水分子能進入結構中與澱粉分子結合，導致澱粉粒吸水而膨脹，硬化，形成固體。

五、結論與生活應用

根據以上的實驗，我們得到的結論如下：

(一) 自製非牛頓流體

1. 若是按照維基百科上對於非牛頓流體的介紹使用5：2的比例，我們所使用的所有澱粉皆無法成為水溶液。
2. 麵粉無法形成非牛頓流體。
3. 我們依照實驗結果推出各種澱粉水溶液形成非牛頓流體所需的比例（澱粉:水）為：「太白粉>玉米粉>樹薯粉」，也就是說樹薯粉僅需最少的比例就可以做出非牛頓流體。所以若要用於應用的話，使用樹薯粉非牛頓流體的成本是最低的（因為要用的澱粉最少）。

(二) 觀察不同種類非牛頓流體的防震效果。

1. 在相同的條件下，「玉米粉」非牛頓流體的防震效果比太白粉非牛頓流體好。
2. 玉米粉非牛頓流體都比太白粉黏度更大（更硬），所以起伏幅度較小，防震效果也較好。

(三) 探討溫度與非牛頓流體的關係。

1. 溫度變高，非牛頓流體的黏度越大。
2. 超過臨界的溫度，流體會變成固體。

由於本次的實驗，未來可以將非牛頓流體運用於生活應用上：

- (一) 利用非牛頓流體承受壓力固化的特性，用於防震的作用。
- (二) 也可以利用此特性，用於防撞的東西上，例如：手機殼、安全帽
- (三) 也可用於防護瞬間衝擊力，例如：防彈衣、盾牌

參考資料

- (一) 中華民國第54 屆中小學科學展覽會作品說明書第一名 - 國際科展
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080110.pdf>
- (二) 非牛頓流體 - 維基百科
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%9D%9E%E7%89%9B%E9%A0%93%E6%B5%81%E9%AB%94>
- (三) 非牛頓流體- 太白粉 - 科學遊戲實驗室
<http://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-011.html>
- (四) 咕啾肉如何鎖住酸甜滋味？澱粉與水共舞的「勾芡」功不可沒
<https://www.foodnext.net/science/knowledge/paper/5234458807>