

## 【2023 科學探究競賽-這樣教我就懂】

### 高中(職)組 成果報告表單

研究題目:蘋果也能飛~探討非牛頓流體的保護效果

#### 一、摘要

本實驗將探討非牛頓流體是否可以作為汽車的安全氣囊使用,我們利用各種粉末並依不同的粉水比例調出許多非牛頓流體,再用Nurf 槍和衛生紙模擬車禍撞擊中的車與人,並計算各組的保護效果。結論為樹薯粉在粉水比例為5:4 時,最適合作為安全氣囊使用。

#### 二、研究動機

在這個人人有車的年代,我們經常在網路上看到人在車禍中傷亡的新聞,我們分析出此悲劇會發生的主要原因:

第一、人因車子停止往前傾倒後,頭部撞上方向盤。

第二、撞到方向盤後反彈撞擊駕駛座造成二度傷害。

第一點可以靠把硬的東西(如鐵板)放置駕駛座前,讓車撞到牆的第一時間會停下來,但這樣在出事時無法使得人生還。但如果使用軟墊當安全氣囊,雖然人可以陷在軟墊裡,但人不一定停得下來。因此目前市場上的安全氣囊多為噴出式的氣墊,但也很常發生駕駛受不了氣墊的衝擊而導致四肢骨折甚至死亡等慘案;這引發我們思考:有沒有什麼東西在撞擊的第一時間會硬化,但後續又會軟化讓人能陷進去且不易反彈。我們在網路上偶然看到「非牛頓流體」,其特性符合我們的需求,因此想利用這次實驗探討非牛頓流體的保護效果。

#### 三、研究目的

探討玉米粉、太白粉、樹薯粉以不同粉水比例混合,製作成非牛頓流體後,面對 Nurf 槍的衝擊,對於衛生紙的保護效果。

#### 四、研究方法

實驗器材與儀器:



透明管



衛生紙



橡皮筋



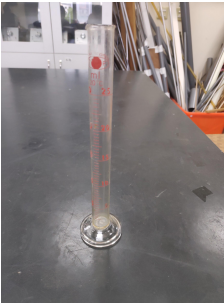
玉米粉



太白粉



樹薯粉



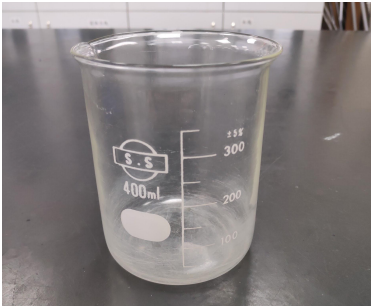
量筒 (25 mL)



玻璃棒



刮勺



燒杯 (300 mL)



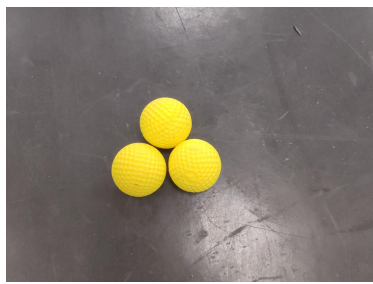
燒杯 (100 mL)



方盒



Nurf 槍



Nurf 槍子彈



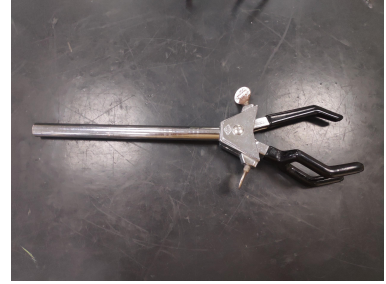
保鲜膜



支撐架



S型夾



三叉夾



電子秤



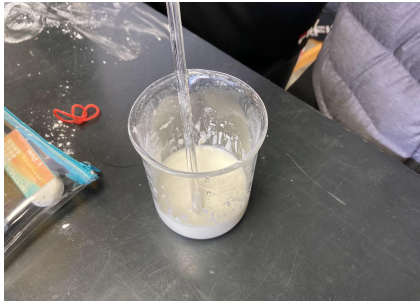
測速器

#### 名詞解釋：

1. 非牛頓流體：不服從牛頓流體定律，其剪應力與剪應變呈非線性關係。
2. 脹流性流體：又稱剪切增稠流體，是非牛頓流體的一種，當剪切速率或者剪應力增加到某一個數值時，會形成新的結構，引起了阻力的增加，導致液體的表觀黏度增大，同時伴隨著體積的脹大的現象。

#### 實驗步驟：

1. 將三叉夾固定在支撐架上，調整至適當高度。
2. 取樹薯粉、玉米粉、太白粉，分別以「配置待測物：水」為「5:3、5:4、5:5」的三種比例將溶液備好足夠的量。
3. 取數張衛生紙(4、5、6)當作衡量溶液抵抗外力的標準，於衛生紙上方鋪上一層保鮮膜以防止衛生紙吸收水分。再以透明管在保鮮膜和衛生紙上壓出一個圓形的洞，並倒入5 mL配置好的溶液，最後用橡皮筋把此架構固定在透明管的下方。
4. 用三叉夾固定好底層保鮮膜裝有粉水溶液的120 cm透明管子，使其垂直於地面。
5. 用 Nurf 槍從管子上方射擊受溶液保護的衛生紙層。
6. 射擊時紀錄回彈高度(若有回彈)，後取下衛生紙層，檢查衛生紙和保鮮膜分別是否有破洞。



(圖一)配置非牛頓流體



(圖二)倒入非牛頓流體至保鮮膜



(圖三)Nurf 槍射擊受保護的衛生紙層



(圖四)光電計時器測Nurf 槍子彈速率

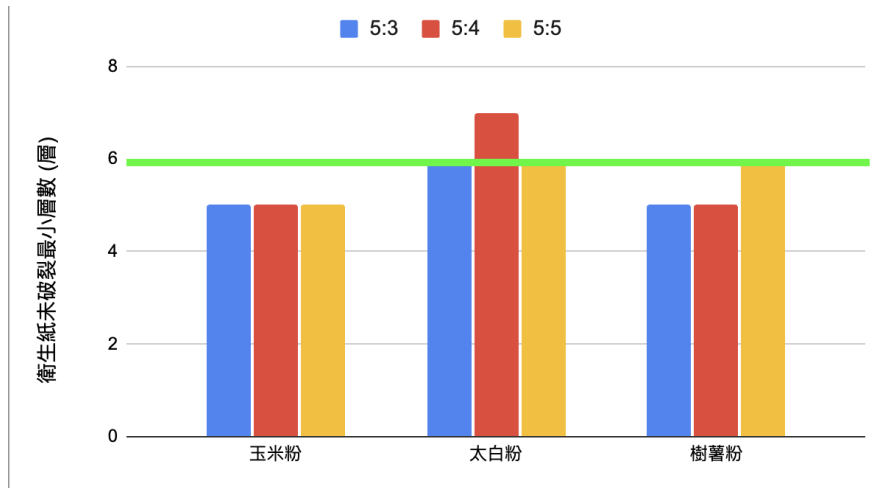
**實驗結果：**

初期進行實驗時，我們並沒有使用保鮮膜，導致衛生紙經常被非牛頓流體弄濕而無法使用實驗數據。因此，我們將非牛頓流體先以保鮮膜包覆後再鋪上衛生紙，以確保實驗的準確性。(本實驗將忽略保鮮膜的保護作用)

(表一)不同非牛頓流體在不同比例下：衛生紙沒有破裂的最小層數

無非牛頓流體	粉：水	玉米粉	太白粉	樹薯粉
6	5:3	5	6	5
	5:4	5	7	5
	5:5	5	6	6
	保鮮膜情形	破裂	沒破	沒破

由表可知，在沒有非牛頓流體保護的情況下，至少需在透明管底下包覆6層衛生紙才不至破裂。我們將此數據做為對照組，與有加入非牛頓流體的組別進行比較，發現太白粉溶液的所有比例以及樹薯粉5:5的保護效果在對照組以下(所需的衛生紙  $\geq 6$ )；而玉米粉雖然只需5層衛生紙就不會破裂，但保鮮膜卻有破裂的情形。

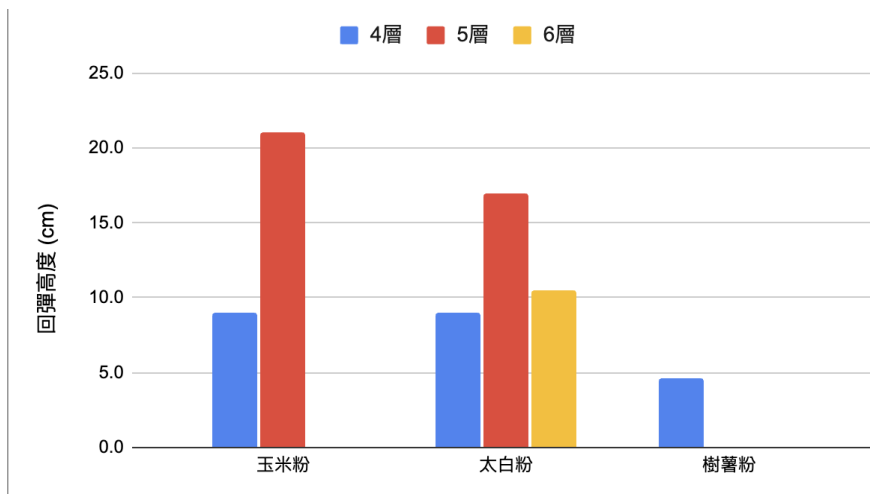


(圖五)不同非牛頓流體在不同粉水比，衛生紙未破裂最小層數  
備註：綠線為對照組張數(6張)

(表二)不同非牛頓流體在不同比例下：子彈的回彈高度 (cm)  
備註：括號內是該數據時所包覆的衛生紙層數

無非牛頓流體	粉:水	玉米粉	太白粉	樹薯粉
無	5:3	6.0 (4)	9.7 (4)	無 (4)
		12.2 (4)	17.8 (5)	9.3 (4)
		21.1 (5)	10.5 (6)	無 (5)
	5:4	無	無	無
5:5	無	無	無	

在實驗過程中我們發現三種非牛頓流體，在粉水比為5:3時，皆會有回彈的現象，高度與衛生紙張數無法觀察到明顯關係。



(圖六)不同粉末在粉水比為5:3時，Nurf 槍子彈回彈高度

根據 (表一) 和 (表二) 的實驗結果，我們要來找出最適合作為安全氣囊的非牛頓流體種類和其粉水比例。在此實驗中，成功保護衛生紙沒有破裂的層數越少表示非牛頓流體的保護效果越好，而沒有非牛頓流體，僅有保鮮膜時，需要6張衛生紙才擋得住 Nurf 槍

的威力。根據(表一)，我們只能留下測出張數小於6張的組別，因此三組太白粉和5:5的樹薯粉被我們排除。而三組玉米粉因導致保鮮膜破裂，換作現實生活中就是氣囊的膜破裂，駕駛還是會直接撞上車子，因為氣囊是不成形的，我們也因此排除掉玉米粉。最後，因粉水溶液為5:3時會導致子彈回彈，換作現實就是駕駛會被氣囊彈回，無法緩緩地陷進去氣囊裡，這樣也不安全，所以也排除樹薯粉5:3。總和上述幾點，我們推測適合作為安全氣囊的非牛頓流體為樹薯粉溶液，其中粉水比為5:4。

接下來，我們要把此實驗所受到的保護力數據化，並推算至現實生活中的車禍情形。首先，我們假設保鮮膜不具保護力，經過測量可得到以下數據：

(表三) 子彈質量、速度和接觸時長表		
子彈質量(g)	子彈速度(m/s)	子彈接觸時長(s)
1.800	0.802	0.005

計算後得到加速度 =  $160.4 \text{ m/s}^2$ ，力 =  $0.29 \text{ N}$ 。依照我們的最佳配方，能抵擋Nurf 槍子彈的最低限度為六張衛生紙或五張衛生紙加上非牛頓流體，因此非牛頓流體可提供約  $0.05 \text{ N}$  的支撐力(等同於一張衛生紙)。若將子彈等比例放大到等同人的質量(假定  $60 \text{ kg}$ )，則非牛頓流體可提供  $1604 \text{ N}$  的支撐力。

實際車禍情況如下：

(表四) 模擬人 (60 kg) 在時速30 英哩 (標準狀況) 下的數據表		
人的質量(kg)	開車速度(m/s)	人接觸安全氣囊時長(s)
60.000	13.400	1.000

計算後可得到加速度 =  $17.7 \text{ m/s}^2$ ，力 =  $804 \text{ N}$  (小於  $1604 \text{ N}$ )。

然而這實驗又會延伸出一個問題，雖然非牛頓流體得以緩衝車禍的撞擊，但保護力太大會不會導致反效果，人反而承受不了了。考量到這點，我們每次實驗都有計算子彈的回彈高度，在樹薯粉 5:4 時，並無記錄到回彈高度。但或許有回彈，只是我們肉眼無法觀測到，放大至實際交通情形可能就會對人體造成傷害。因此我們的未來展望，就是利用更精準的儀器，準確記錄每次實驗的回彈高度，以進行更詳細的分析。

## 五、結論

綜合(表三)及(表四)，子彈實驗中測出的保護力大於車禍時人所受到的力，可推論出車禍時，以非牛頓流體(樹薯粉，粉水比為5:4)當安全氣囊對於駕駛具有保護效果。

## 六、參考資料

1. 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>
2. 剪切增稠流體維基百科：  
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%83%80%E6%B5%81%E6%80%A7>