

鐵漢柔情的非牛頓先生

投稿類別：物理類

篇名：

鐵漢柔情的非牛頓先生

作者：

市立大同高中一年十班王韻婷

市立大同高中一年十班張家瑜

市立大同高中一年十班蔡政霖

指導老師：杜欣怡

鐵漢柔情－非牛頓流體力的探討

壹、前言

一、研究動機

記得一次在youtube上看到有外國人利用玉米粉加水可成為非牛頓流體的性質製作防彈背心的影片，令我們感到非常好奇，並想試試看是否有其他的粉可以和玉米粉有一樣性質。於是我們收集了許多的相關資料後，設計了以下的實驗。

二、研究目的

(一)、不同粉加水在不同比例時的性質差異以及選出本實驗中最佳的非牛頓流體比例。

(二)、球以不同速度撞擊不同流體時，流體所吸收的能量，是否越趨近於固體。

貳、正文

(一)虹吸現象定義非頓流體(圖一)

器材：玉米粉、太白粉、樹薯粉、燒杯、透明水管、玻棒

(二)探討非牛頓流體在不同力道撞擊下所吸收的能量關係(圖二)

器材：玉米粉、太白粉、樹薯粉、燒杯、電子秤、自製尺、網球、塑膠空盒，吹風機、單眼相機、高速攝影相機



圖一



圖二

參、研究過程或方法

一、原理

(一)流體的定義：

流體是一種物質，使它受到任何大小的剪應力時，會產生連續變形，分成牛頓流體及非牛頓流體。

1. 牛頓流體：

牛頓表示的「正常」的液體或流體，它們有恆定的黏度，這意味著它們的流動特性或黏度只隨著溫度的變化或壓力變化。

$$\text{微分式 } \tau = \mu \left(\frac{du}{dv} \right)$$

τ ：剪應力

$\frac{du}{dv}$ ：角速度

比例係數 μ ：流體的黏度

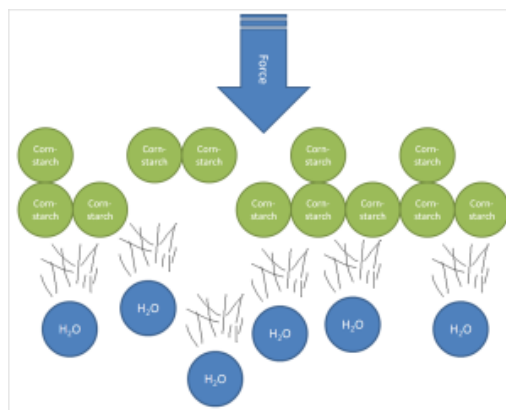
2. 非牛頓流體：

黏度會隨施加的力而改變(此舉玉米粉加水為例)

平常時，玉米粉顆粒會隨機漂浮在液體中：

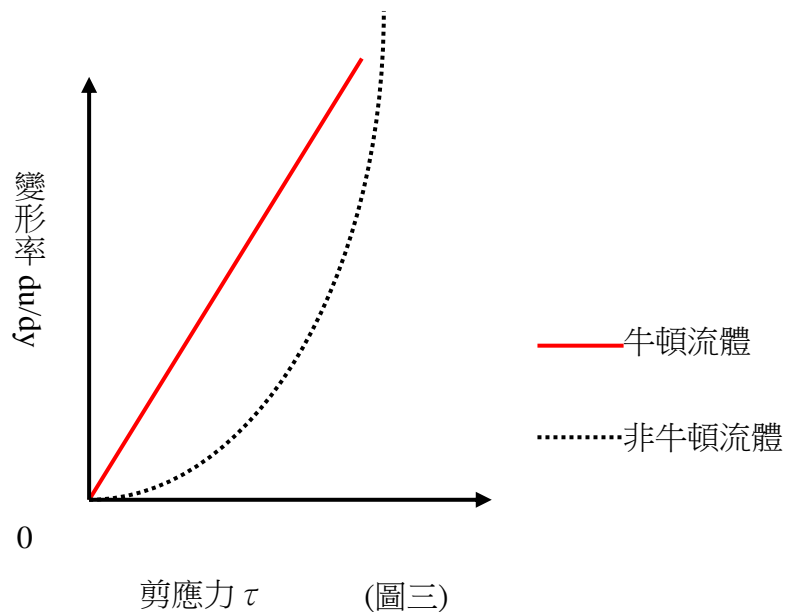


當受到外力時(必須是快速的)，水分子逃跑速度更快，玉米澱粉顆粒卡住彼此，形成了堅硬的固體狀表面，稱為「擴溶現象」：



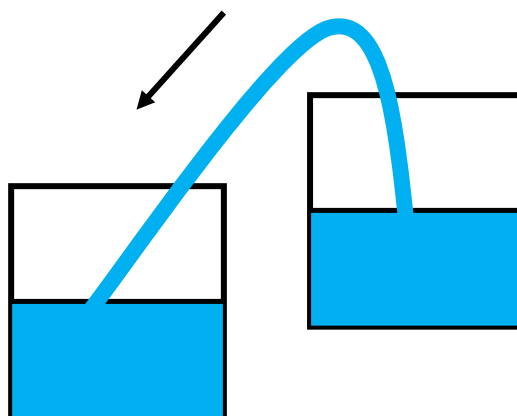
(圖取自 KENTUCKY CHEMISTRY)

- 流體
- 牛頓流體：所施的剪應力與變形率呈現線性關係
EX：氣體與薄液
 - 非牛頓流體(圖三)：所施的剪應力與變形率不呈線性關係
EX：長鏈碳氫化合物



(二)虹吸現象(圖四)

虹吸是一種流體力學現象，將管的一端放置低於另一端的地方。這種結構下，管子兩端的液體壓強差能夠推動液體越過最高點，向另一端排放，主要是由萬有引力讓虹吸管作用。



(圖四)

二、研究方法

(一)虹吸現象定義非牛頓流體(圖五)

利用虹吸現象是否達到，分別放入空氣一秒、二秒後，虹吸現象是否繼續，找出本實驗中之流體比例，流體太乾時，連最初的虹吸現象都無法達到，若是一般的水，會因為黏性不足而無法繼續虹吸，在流體太稀時也會有相同的情況，所以我們找到三種粉黏性不錯的範圍，再從此範圍中取最中間的值作為本實驗中的最佳比例。

(二)探討非牛頓流體在不同速度撞擊下所吸收的能量關係(圖六)

為了了解不同種類的非牛頓流體對於能量的吸收狀況，我們分別從 60、90、120、150、180 公分的高處丟球，利用球撞擊流體時，磅秤所讀的最大讀數和球彈起的高度，計算出球由自由落體打到非牛頓流體時，隨著撞擊速度的增加，非牛頓流體對於力和能量吸收的變化。



(圖五) 讓空氣進入水管，再放回流體

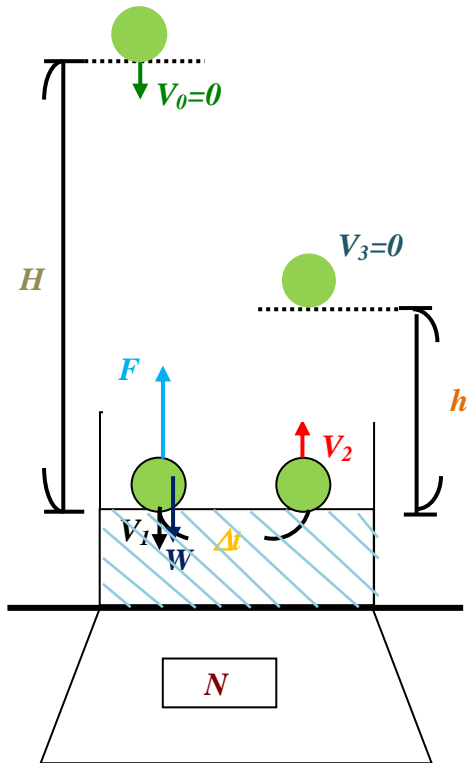


(圖六) 將容器放到磅秤上

(三)計算過程

(1)計算流體給球的作用力

方法一 (圖七)：



(圖七)

$$F_{\text{合}} = F - W$$

$$v_1^2 = v_0^2 + 2gH$$

$$F_{\text{合}} = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$v_3^2 = v_2^2 - 2gh$$

$F_{\text{合}}$ ：球接觸流體時所受的合力

F ：流體給球的作用力

W ：球的重量

V_0 ：球初始落下的速度

V_1 ：球打到液面的速度

V_2 ：球反彈起來的速度

V_3 ：球到達最高點之速度

Δt ：球打到液面到反彈起來的時間(流體作用在球上的時間)

g ：重力加速度(9.8 m/s^2)

H ：球落下的高度 (分別為 60、90、120、150、180 公分)

h ：球反彈的高度

方法二(圖八)：

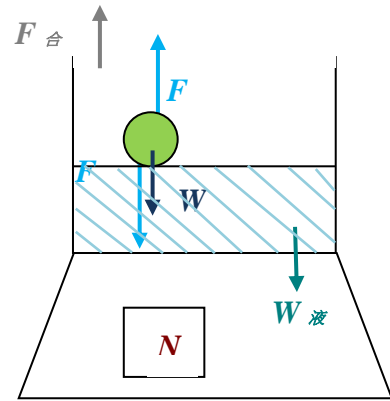
$$N = W_{液} + W$$

$F_{合}$ ：球接觸流體時所受的合力

F ：流體給球的作用力

N ：球打到流體時磅秤所測得的最大讀數

$W_{液}$ ：非牛頓流體和容器的重量



(圖八)

(2)球打到流體吸收的能量

$$\Delta E = WH - Wh$$

ΔE ：球撞擊流體時被吸收的能量

W ：球的重量

g ：重力加速度

H ：球落下的高度 (分別為 60、90、120、150、180 公分)

h ：球撞擊流體後反彈的高度

(3)計算非牛頓流體吸收的能量和地板吸收能量之比值(圖九)(圖十)

$$\text{比值} = \frac{\Delta E}{\Delta E_0}$$

$$\Delta E = WH - Wh$$

$$\Delta E_0 = WH - Wh'$$

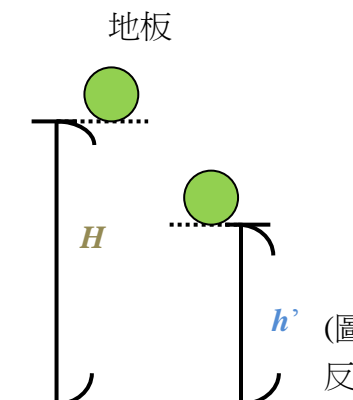
ΔE ：球撞擊流體時被吸收的能量

ΔE_0 ：球撞擊地板時被吸收的能量

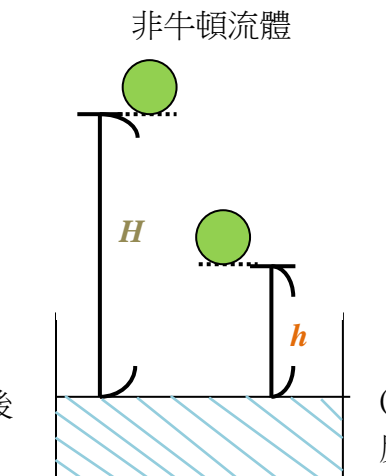
H ：球落下的高度 (分別為 60、90、120、150、180 公分)

h ：球撞擊流體後反彈的高度

h' ：球撞擊地面後反彈的高度



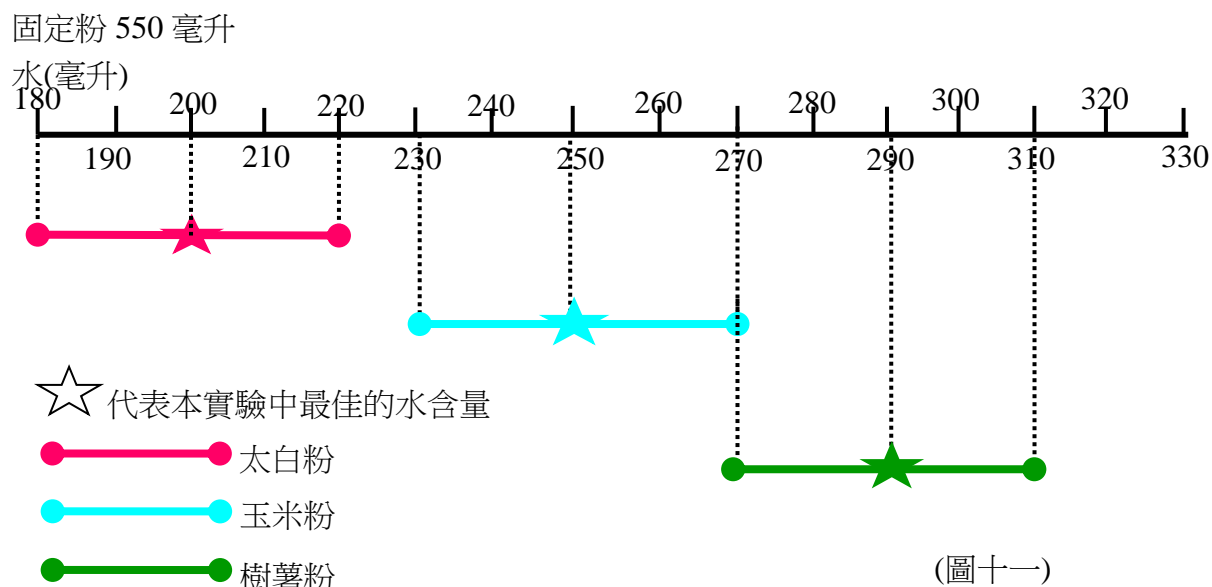
(圖九)：球撞擊地面後反彈的高度



(圖十)：球撞擊流體後反彈的高度

伍、研究結果

(一) 虹吸現象定義非牛頓流體(圖十一)



本實驗最佳的非牛頓流體比例範圍：

玉米粉：水 = 550 : 230 ~ 550 : 270

取 550 : 250 (11 : 5)

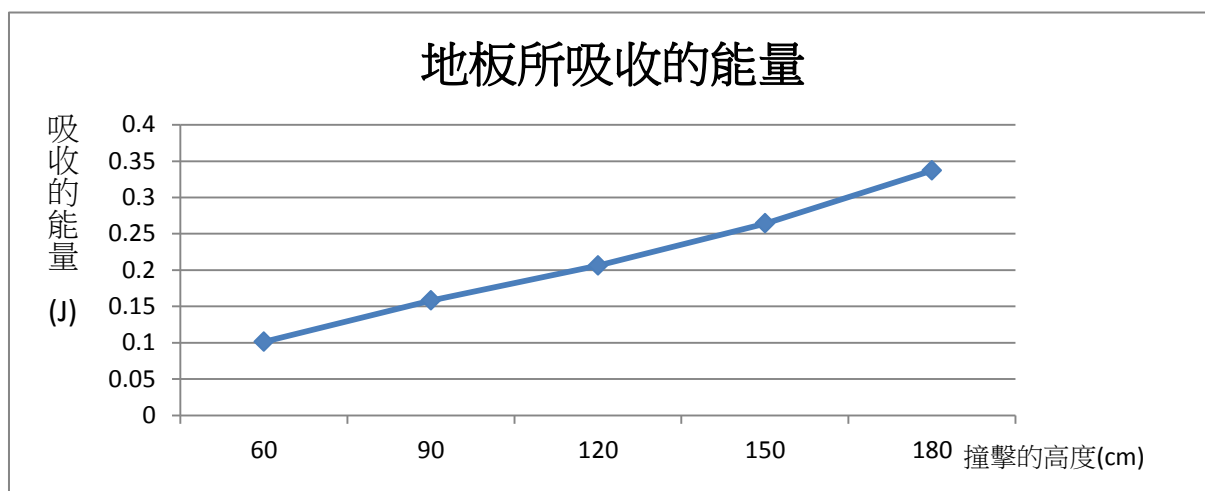
太白粉：水 = 550 : 180 ~ 550 : 220

取 550 : 200 (11 : 4)

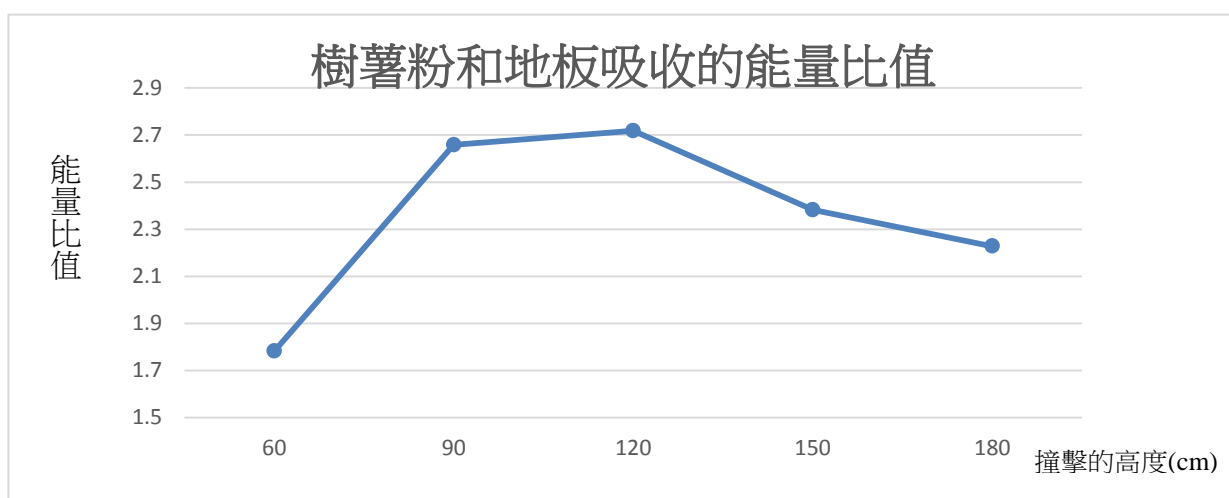
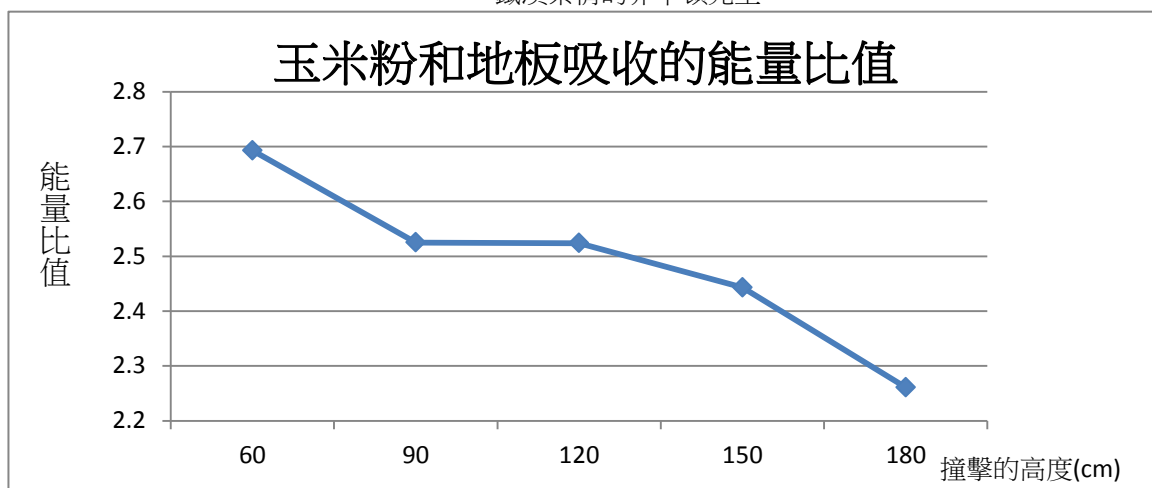
樹薯粉：水 = 550 : 270 ~ 550 : 310

取 550 : 290 (55 : 29)

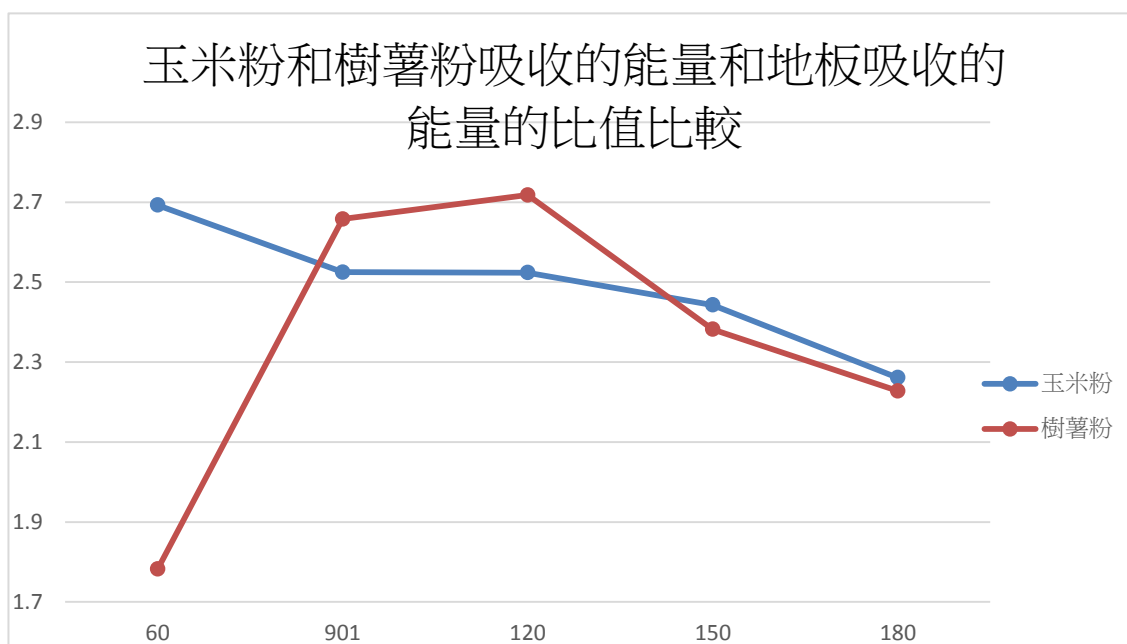
(二) 探討非牛頓流體在不同速度撞擊下所吸收的能量關係



(圖十二)



(圖十四)



(圖十五)

參、結論

我們採用 60 公分到 180 公分的距離來丟球，是因為嘗試從 30 公分的地方丟球，未彈起，對本實驗幫助不大，故不採用；而我們選擇只到 180 公分則是為了能在室內做完實驗，可減少空氣阻力的誤差。

計算作用力時，可使用方法一和方法二計算，兩者的數值應該相差不大，但是我們計算的結果是，他們的數字相差很多，最後不取流體對球的作用力之數據，是因為在方法一中，磅秤在我們多次強力撞擊後，靈敏度已疲乏，所以導致某些數據來不及跑出來，故數據相差很大，方法二是因為落下到彈起的時間太小，以至於我們無法得到真正的精確值，所以誤差變大，所以最後不取流體對球的作用力之數據。

在實驗二中，我們得知，從高處落下，以較大的速度撞擊玉米粉，撞擊過程中被吸收的能量有漸減，表示球撞擊此流體被吸收的能量愈小愈接近撞擊地板被吸收的能量，即此流體愈接近似地板的固態型式。但對於樹薯粉而言，由於球介於 60 公分到 120 公分之間落下時，球並沒有每次都彈起，導致非牛頓流體所吸收的能量隨著高度而增加，所以此數據並非我們所參考的數據，至於 120 公分到 180 公分所吸收的能量，是隨著力的增加，撞擊過程中被吸收的能量有所漸減，表示球撞擊此流體被吸收的能量愈接近撞擊地板被吸收的能量，即非牛頓流體吸收的能量和地板吸收能量之比值愈趨近於 1，此流體愈近似地板的固態型式。

如果以極大的速度撞擊非牛頓流體，他的比值會部會等於 1，會不會直接穿透，沒有呈現固體的形式。或者如果以相同的速度，從不同的角度撞擊非牛頓流體，他能承受的最大角度是多少，是未來可以探討的。

肆、參考資料及其他

為玉綢繆(歷屆科展)

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/04/201304011174499.pdf>

KENTUCKY CHEMISTRY

<https://kentuckychemistry.wordpress.com/2013/04/21/on-dr-seusss-famous-non-newtonian-fluid/>

流體力學 P3~P5。莊萬春著。復漢出版社。1983

流體力學 汪群從著。幼獅文化。

物理傳奇—神秘的力P100。郭治著。國際村。2001

物理學的基礎—力學P226~228。劉真著。臺灣書店。1998