

宜蘭高中 98 學年度學生數理自然科學專題研究

題目：

翻滾吧！玉米！

指導老師：

林世維

學生：

王君維

朱奕承

張 文

蕭 忻

翻滾吧！玉米！

指導老師：林世維

研究學生： 11301 王君維

11302 朱奕承

11310 張 文

11329 蕭 忻

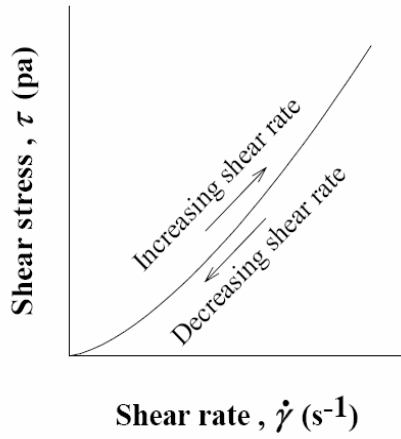
壹、 研究動機：

在網路(youtube)上看到有人直接從玉米粉溶液上走過去，也看到一部是將玉米粉溶液放在音響上，在播出音樂，奇怪的是溶液竟然沒有濺起而只是隨波起伏，這樣的現象引起我們的興趣，詢問老師才發現它特別的特性，同時也想繼續研究下去。

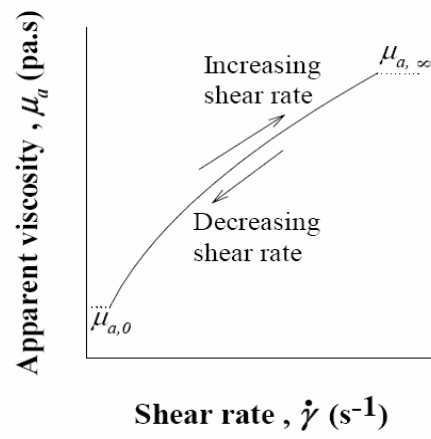
貳、 理論

1. 基本流體黏度理論

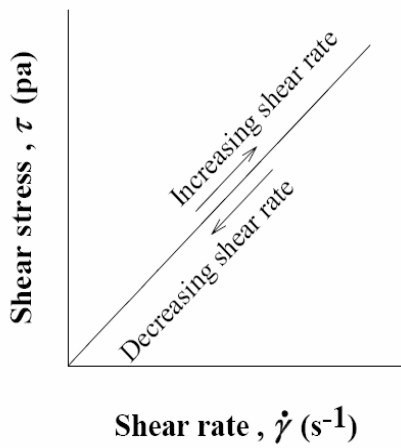
膨性流體一般較為少見，主要例子如玉米粉溶液、海砂、矽酸鉀溶液等，就這些流體而言，在特定範圍中較高的剪率($\dot{\gamma}$)使膠體顆粒間發生作用結成大分子，而提高了黏度(μ)，見圖一、圖二；相較於牛頓流體而言，牛頓流體的黏度(μ)與剪率($\dot{\gamma}$)成正比，見圖三、圖四。(τ 為剪應力， $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$)



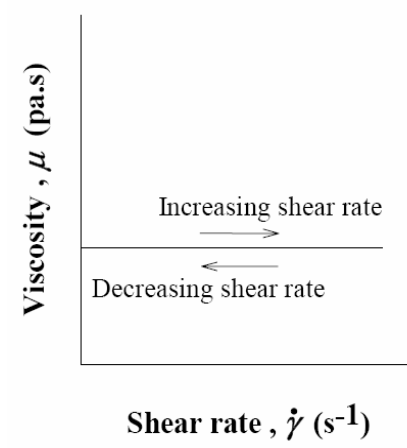
圖一



圖二



圖三



圖四

已知 $\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ ($\tau \equiv \frac{F}{A}$)

又 τ & $\dot{\gamma}$ 的關係：

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \dots\dots(1)$$

$n=1 \Rightarrow$ 牛頓流體

$n<1 \Rightarrow$ 擬塑性流體

$n>1$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \mu &= \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{k\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}} \\ \mu &= k\dot{\gamma}^{n-1} \dots\dots(2) \end{aligned}$$

由(1)、(2)知可從黏度求出各個濃度對應之 n

我們要在非牛頓流體之膨性流體(玉米粉溶液)一滴在圓盤上，當有在一定的角速度(ω)下，觀察是否會有形狀的變化，若有，我們推斷其在一個濃度下會有極限值導致無法有形狀的產生，並且其形狀變化的趨勢線將與其他流體不同。

2. 推測形狀產生之機制

液滴愈靠近外側，其 $\dot{\gamma}$ 愈大， μ 愈大；靠近內側，其 $\dot{\gamma}$ 愈小， μ 愈小，加上離心力驅使，內側流經外側翻流出去，破壞原應有之旋轉圓形對稱性，而導致邊形產生。

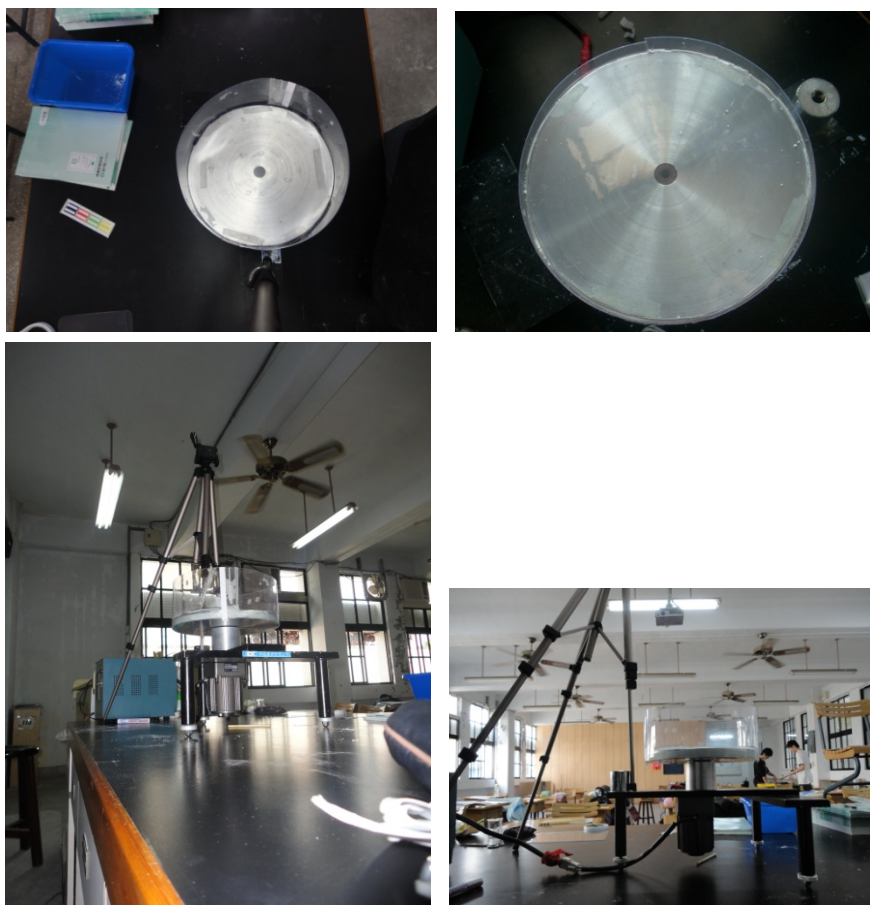
參、 研究目的：

- 一、 在不同濃度下，液滴邊形數與角速度($\omega_{\text{相變點}}$)之關係(相圖)
- 二、 在不同液滴邊形數下，角速度($\omega_{\text{相變點}}$)與濃度(重量百分比濃度%)之關係(相圖)

肆、 研究設備器材：

Sony 數位相機、離心機、玉米粉、電子秤、燒杯、玻棒、滴管

伍、 實驗裝置



在離心機的圓盤底座上黏一塑膠墊，在周圍以塑膠墊圍起來防止溶液甩散，並在其旁邊設立角架利用相機錄影。

陸、 研究過程與方法：

1. 將玉米粉和水依重量百分濃度分別調配出 20%、22.5%、25%、27.5%、30%、32.5%、35%、37.5%、40%、42.5%、45%、47.5%、50%、52.5%、55%、57.5%、60%的溶液。

2. 以滴管取 5 滴溶液置於一離心機平台的正中央，以每秒增加 1rpm 的加速度，80→90→100→110…至 170rpm 之轉速觀察手指狀的形狀及變化並攝影。
3. 紀錄形狀、時間並加以分析數據。
4. 針對其轉速(rpm)與形狀(邊形數)變化找出其關係。

柒、 實驗紀錄與數值表

表一：(註：1 為圓形，2 為橢圓形)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|----|-----|-----|-----|---|-----|
| 20.0 | 80 | 110 | 125 | 130 | | |
| 22.5 | 80 | 130 | 140 | | | |
| 25.0 | 80 | 123 | 130 | | | |
| 27.5 | 80 | 127 | 132 | | | |
| 30.0 | 80 | 139 | | 150 | | |
| 32.5 | 80 | 145 | | 160 | | |
| 35.0 | 80 | 140 | 150 | | | |
| 37.5 | 80 | 145 | 148 | | | |
| 40.0 | 80 | 150 | 170 | 170 | | |
| 42.5 | 80 | 150 | 157 | | | |
| 45.0 | 80 | 147 | 150 | | | |
| 47.5 | 80 | 140 | 145 | 150 | | |
| 50.0 | 80 | 110 | 120 | | | |
| 52.5 | 80 | 110 | 118 | 122 | | |
| 55.0 | 80 | 95 | 110 | 124 | | |
| 57.5 | 80 | 108 | | 125 | | |
| 60.0 | 80 | 103 | | 119 | | 123 |

(縱軸單位：重量百分比濃度% 橫軸單位：邊數)

捌、 研究結果與討論：

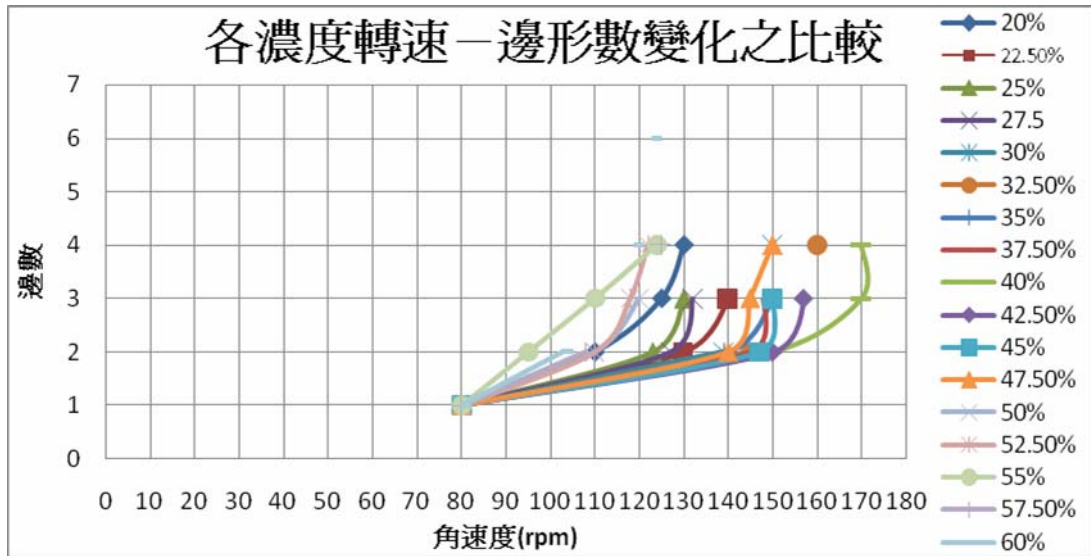
1. 我們發現溶液隨著轉速增加會從圓形→橢圓形→三角形→四邊形甚至有六邊形的變化。

2. 圖五分析

(1) 20%至 40%，使圓形轉變為橢圓形的角速度變化逐漸加

大，見表一，約在 40%時 $\omega_{\text{圓形}-\text{橢圓形}}$ 達到最大值；反之，從 40%開始，濃度愈增加， $\omega_{\text{圓形}-\text{橢圓形}}$ 變化逐漸縮小，可能是因為 40%以上的溶液，在旋轉的時候因為外圍受剪應力(角速度)較大使外圍的溶液流動性迅速減緩，呈現近於凝固的狀態，而內部則受剪應力(角速度)較低而流動性較高，不斷向外翻流導致形狀變化，因此我們推測 n 與角速度 $\omega_{\text{相變點}}$ 的變化有關，40%的 $\omega_{\text{相變點}}$ 達到最大值，可能其 n 也是最大值，見圖五。

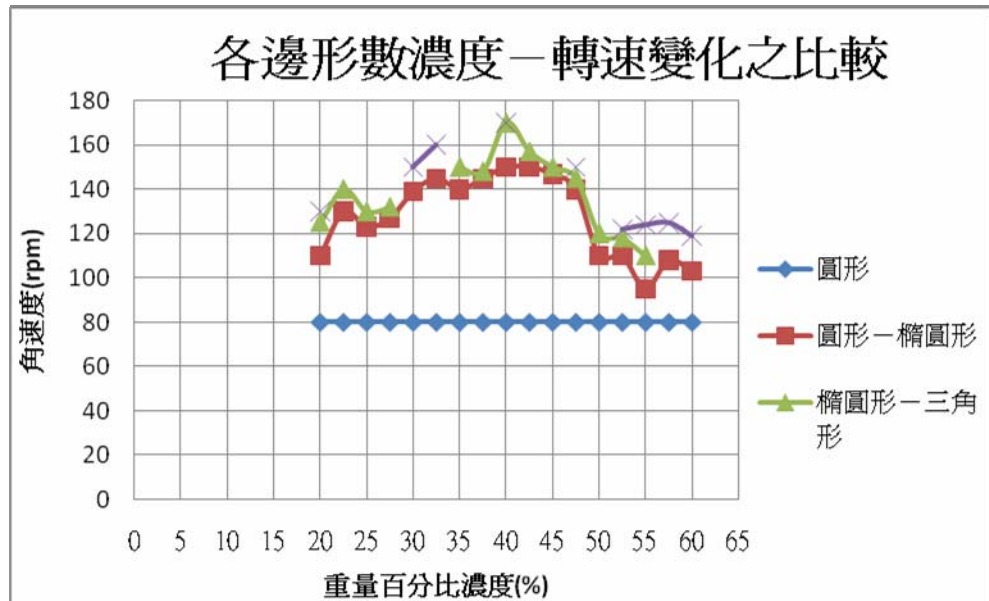
(2) 再從圖五中發現到，越右側的曲線，從橢圓形開始的相變曲線斜率急劇增加，形成越來越接近直線的情形；表示從橢圓形開始，相變所需的角速度(rpm)差距縮短許多。



圖五

3. 圖六分析

「圓形—橢圓形」、「橢圓形—三角形」、「三角形—四邊形」相變曲線的轉折、起伏十分接近，其在 22.5% 的地方呈現一極大值，在 40% 的地方呈現最大極限值，然而在過了 45% 後，曲線的斜率急速變小，在 55% 時才又有一個轉折點，因此我們推測，溶液在 40% 的時候其 n 增加到了最大極限值而使得形狀變化不易；而過了 40% 後 n 漸小，而在較低的轉速就能變換形狀，見圖六。



圖六

玖、 結論

- 一連串的現象讓我們發現相變點與 n 息息相關，然而從圖六我們發現相變最關鍵的地方在「圓形—橢圓形」的角速度，以及往後「橢圓形—三角形」、「三角形—四邊形」的相變點趨勢線與「圓形—橢圓形」有著很接近的起伏。
- 從圖六推測 n 具有其極限值，且是位於 40% 的地方，關於過了 40% 曲線迅速下降也有待觀察。

壹拾、 未來展望

一、 膨性流體之 n 與之 $\omega_{\text{相變點}}$ 關係

製作黏度計，測量各個濃度下溶液的黏度，計算出 n ，比較 n 與重量百分濃度的關係，在圖二中，在一定範圍內黏度 μ 與

剪率 $\dot{\gamma}$ 呈現線性關係，也就是在一定濃度下 $n=\text{const}$ ，因此，找出 n 與重量百分濃度的關係以及 n 與 $\omega_{\text{相變點}}$ 的關係，也許能解釋圖五曲線的現象。

二、推廣到磁性流體

不僅將之通以垂直及平行磁場，更讓流體旋轉，也許會有意想不到的效果。

壹拾壹、參考資料

1. <http://elixirr.sg1003.myweb.hinet.net/Chapter07-flow.pdf> Chapter07-flow(流體動力學的基本概念)
2. <http://elixirr.sg1003.myweb.hinet.net/Chapter08-viscometer.pdf> Chapter08-viscometer(黏度計)
3. <http://elixirr.sg1003.myweb.hinet.net/Chapter14-nonnewtonianfluid.pdf> Chapter14-nonnewtonianfluid(非牛頓流體)
4. <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040102.pdf> 中華民國第四十七屆中小學科學展覽會高中組物理科第一名國立新竹女子高級中學——見微知“駐”——水珠律動與圓駐波