

宜蘭高中 98 學年度學生數理自然科學專題研究

題目：

如何倒出一杯好喝的啤酒-探討啤酒泡沫的生成
規則

指導老師：

吳旭峰

學生：

陳奕安

吳旻叡

江冠勳

江亮瑜

如何倒出一杯好喝的啤酒－探討啤酒泡沫的生成規則

組員：陳奕安 吳旻叡 江冠勳 江亮瑜

指導老師：吳旭峰



摘要

本次研究主要探討啤酒生成、消散的規則，以及其與傾倒速度、置放環境等對啤酒泡沫的影響。並延伸探討日常生活中一般人傾倒啤酒的角度、高度與泡沫生成的相互關係。將其與速度等變因加以對照，進一步驗證關於泡沫消散的流言。

我們發現，傾倒速度與泡沫生成量現指數性正相關的趨勢；而與傾倒高度則略呈線性正相關。傾倒角度的改變則與泡沫和啤酒液的比值有對數性的關係。

另一方面，關於啤酒泡沫的消散，我們觀察到泡沫消散與時間的關係有遞減函數的傾向。嘗試在倒出的啤酒中放入竹筴，發現泡沫的消散有稍稍增加的趨勢，並推測其與竹筴上會大量生成氣泡有相當的關係。

研究動機

燒烤店裡常供應啤酒，總是能看到不同的人用不同的方法倒出自己最喜歡喝的啤酒，而啤酒泡沫的多寡，正是影響啤酒口感的重要因素。然而，啤酒上細緻的泡沫如何生成、以及倒啤酒的技術如何影響泡沫在啤酒中的比例，卻是一頭霧水。組員想藉此機會以機械、科學的方式探討各種情形下啤酒泡沫的生成以及消散，並檢查是否與各方的說法一致，以了解泡沫的生成規則。

研究目標

1. 探討傾倒角度、高度等各種變因與泡沫量的關係。
2. 檢測泡沫倒出後是以何種速率消散。
3. 測試流言－油脂、容器材質等是否影響啤酒泡沫的穩定性。
4. 嘗試了解泡沫生成和各種變因間的運作機制。

簡介泡沫結構

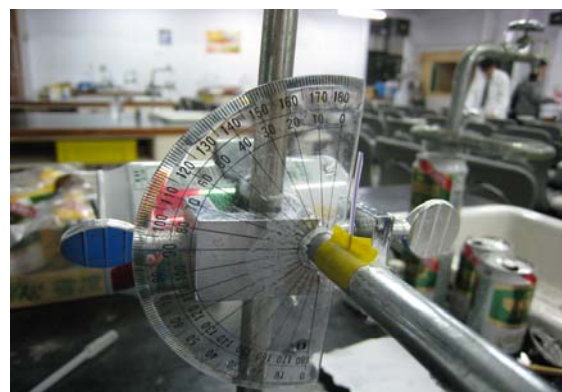
汽水、可樂此類飲料之所以不同於啤酒等碳酸氣體會產生細緻而耐久的泡沫，主要的差別在於：啤酒的啤酒花提供了蛋白質，讓表面的氣泡之間有蛋白質分子支撐。

實驗一

實驗目的：探討傾倒啤酒的角度及容器傾斜角度對於生成之泡沫量的影響。

實驗步驟：

1. 如圖，在架上裝置量角器。

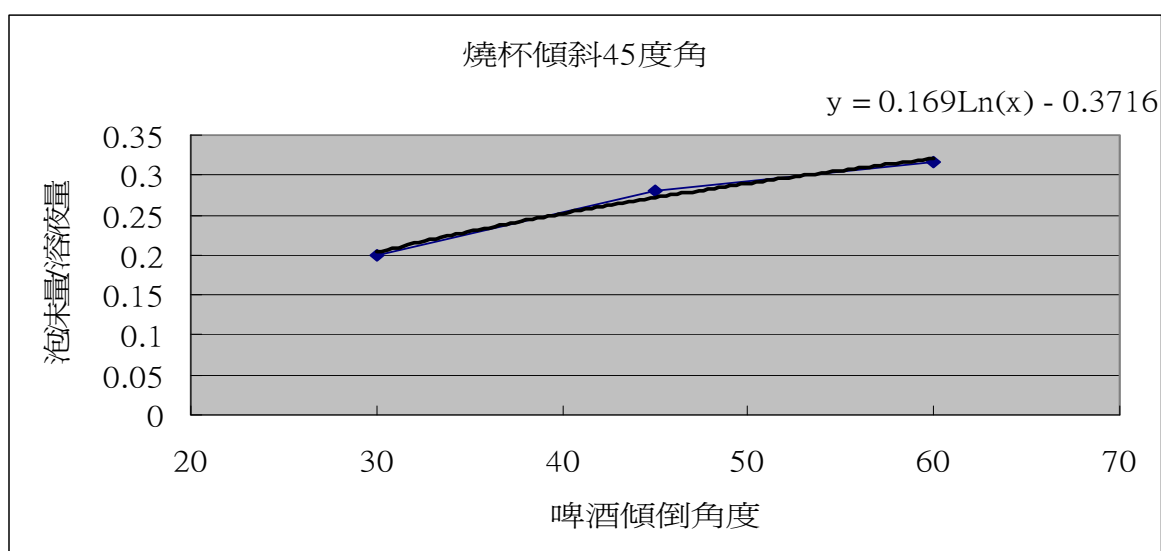


2. 製作一指針在轉軸上對準量角器，作為紀錄啤酒傾倒角度的標準。

3. 測量並固定燒杯所需調整的角度。
4. 將瓶口對準燒杯口邊緣，並倒出啤酒。
5. 啤酒溶液沿燒杯壁流下，並紀錄啤酒泡沫高度。
6. 觀察並分析數據。

實驗結果：

1. 整理不同燒杯角度下啤酒瓶傾斜與泡沫量的關係，如下圖。



燒杯	瓶子	泡泡	溶液	比值(泡泡/溶液)
45	30	1	5	0.2
	45	1.4	5	0.28
	60	1.8	5.7	0.315789474

2. 討論：

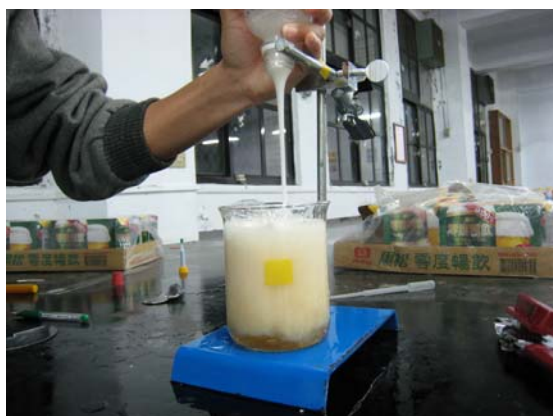
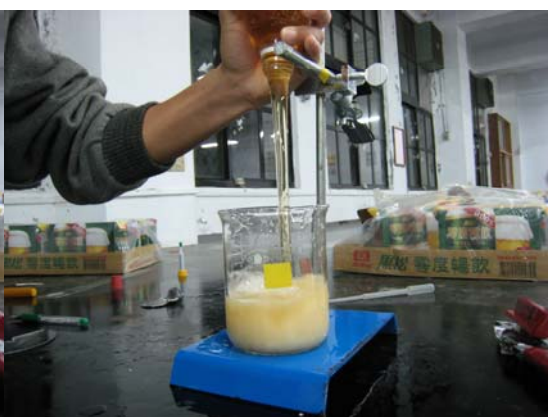
- (1) 由本實驗結果觀察出，泡沫量的比例與傾倒啤酒的角度成正相關，並有對數性的關係。
- (2) 判斷傾倒角度愈大，啤酒流入燒杯中的速度愈大，使溶在水中的二氧化碳被快速擾動而大量析出，並增加泡沫量。

實驗二

實驗目的：探討從不同高度傾倒啤酒對於泡沫生成量的影響。

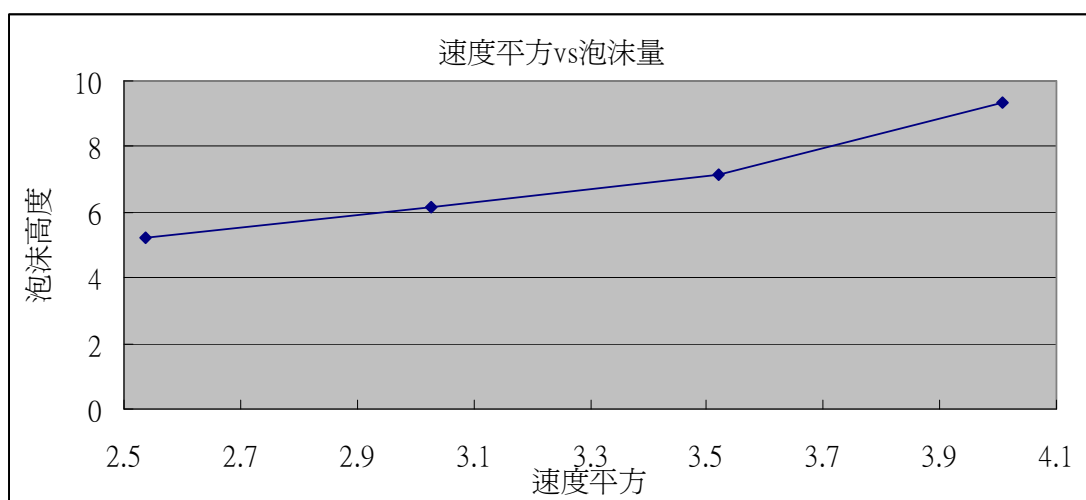
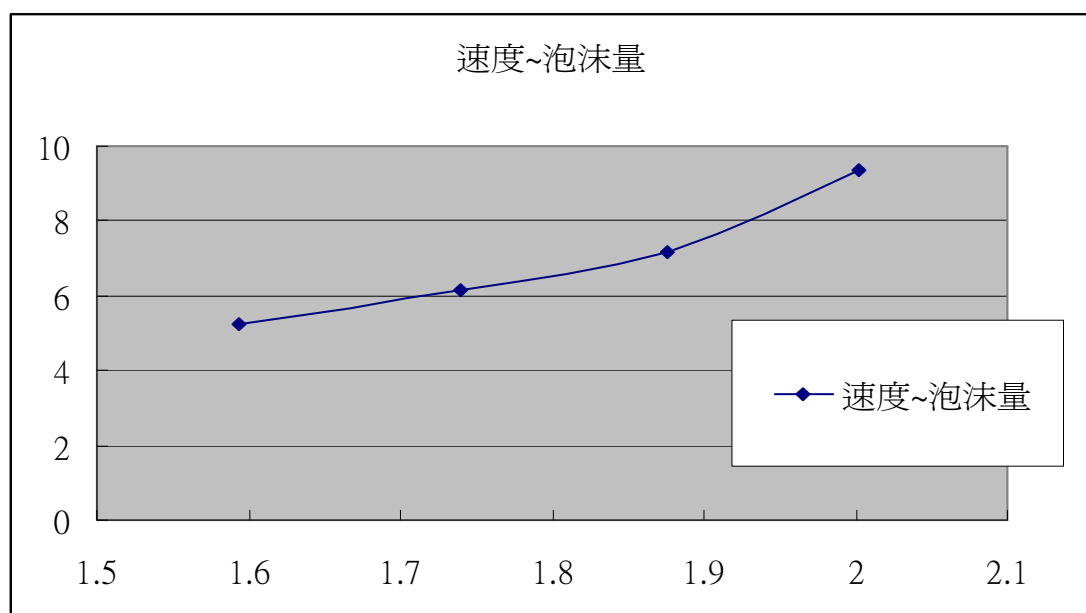
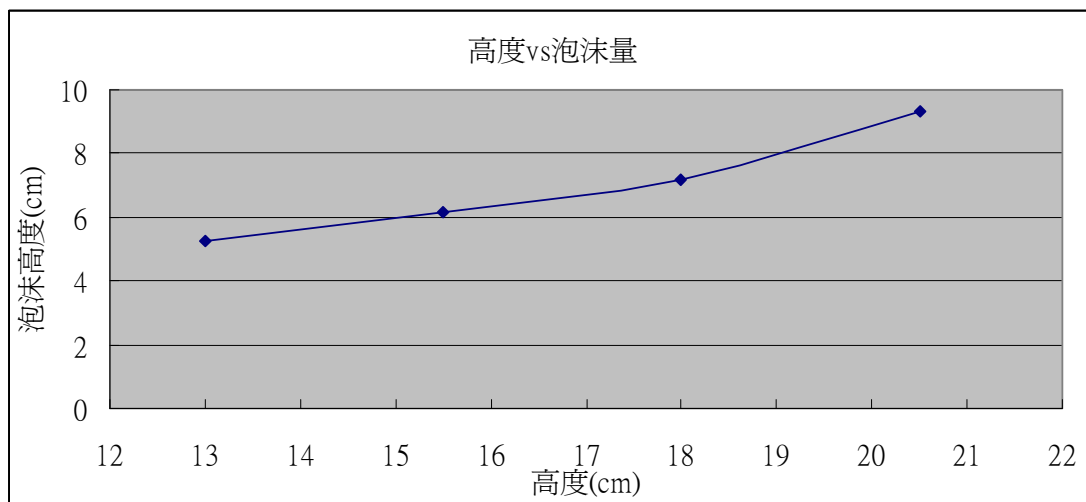
實驗步驟：

1. 如圖，用尺量從支架底部到支撐架之高度(變因)
2. 將啤酒之瓶蓋切掉，裝上自製的穩流器，塞上瓶塞。
3. 小心的將啤酒移至指定高度，小心倒置，並將瓶口對齊支撐架底部。
4. 將啤酒罐底部戳洞(以達到穩流)。
5. 拔掉瓶塞，靜待所有啤酒流入燒杯。
6. 待泡沫與液體有明顯分界時馬上測量。
7. 觀察並分析數據。



實驗結果：

1. 整理不同燒杯高度下與泡沫量的關係，如下圖。



高度	數據一	數據二	數據三	平均值	速度(以位能換動能算出)
4.5	5	5.2	5.5	5.233333	1.593
7	6.1	6.2	6.2	6.166667	1.74
9.5	7.2	7	7.3	7.166667	1.876
12	9	9.5	9.5	9.333333	2.002

實驗三

實驗目的：探討在啤酒中添加竹筷對於泡沫消散的影響。

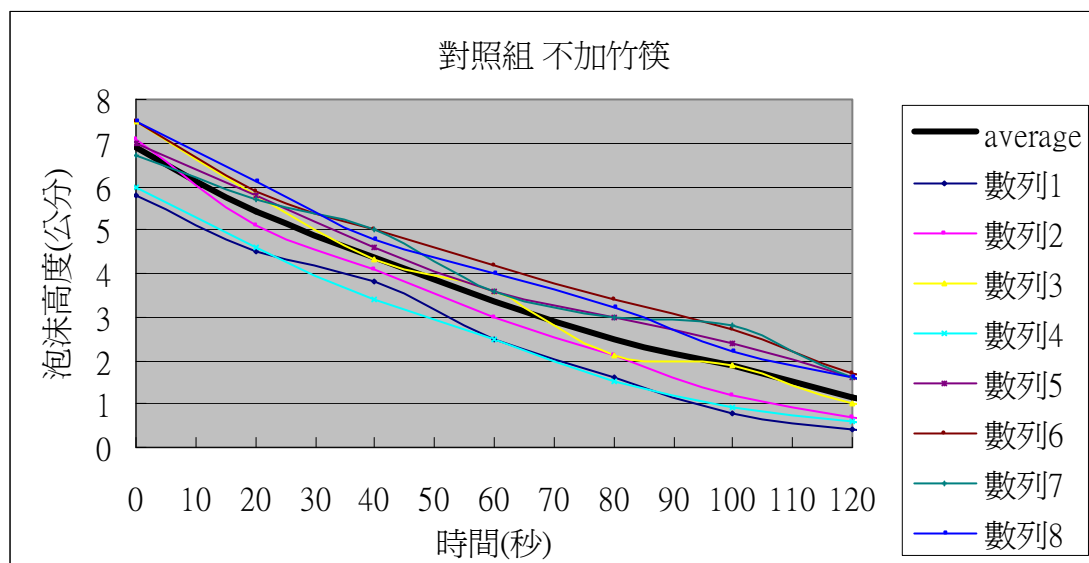
實驗步驟：

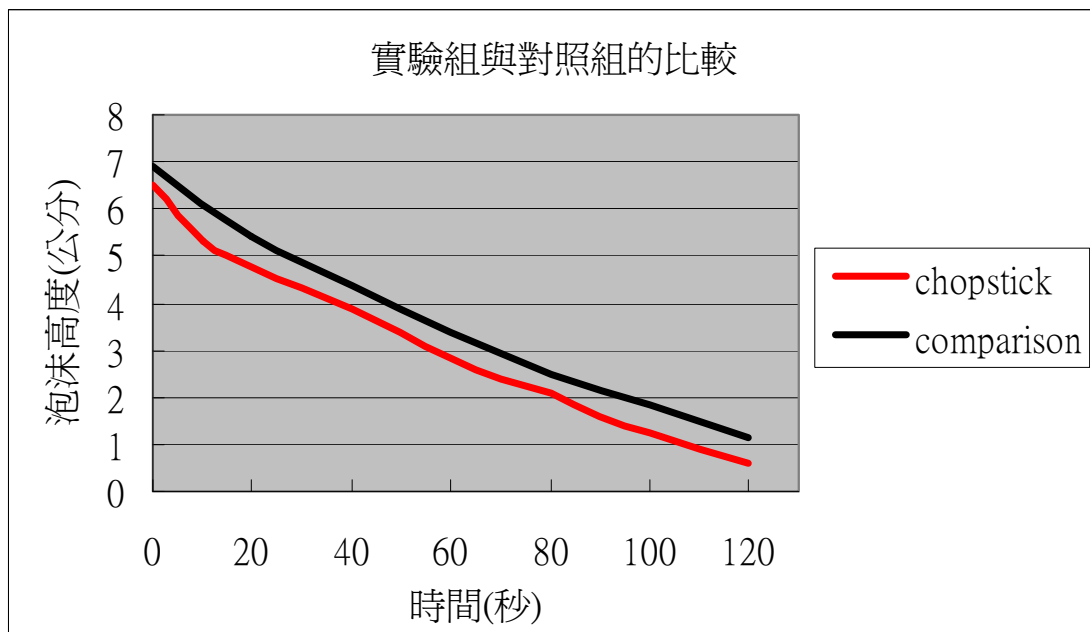
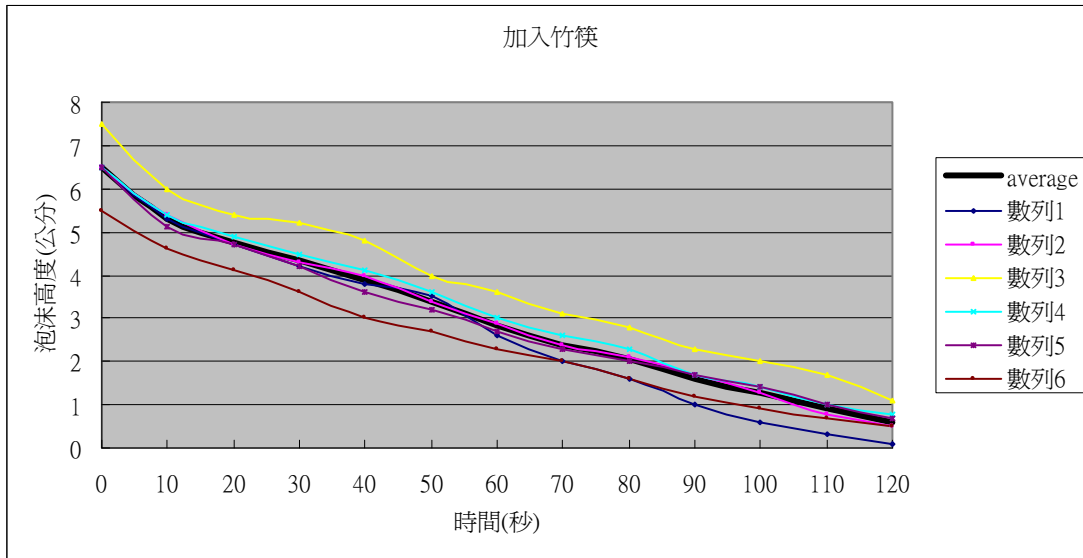
1. 在燒杯中倒入啤酒，每隔固定時間紀錄啤酒泡沫高度。
2. 測量多次並做圖、取平均值。
3. 觀察並分析數據。



實驗結果：

1. 整理泡沫量與時間的關係，如下圖。





關於泡沫生成的推論

經本次研究，我們猜測：由力學能互換的式子指出，由於高度正比於速度的平方。由作圖後的資料，顯示泡沫生成量與速度的平方約成正比，也可以說是「泡沫的生成與啤酒傾倒的動能呈現正比關係」。

關於泡沫消失的推論

一、就單一泡泡的分析，整個泡泡的張力均相同，但由於重力的拉引，上層的結構會被向下拉，造成泡泡上半部的結構不穩定，導致其破裂。當泡沫較多時，因破裂機率相同，數量較多的泡沫，其破裂的泡沫量在同時間內較多，泡沫高度和時間關係的斜率有些微趨緩的情形。

二、在加上竹筷子的狀態下，會產生大量氣泡，(原因是溶在水中的二氧化碳要形成氣泡，必須要有成核位置，而成核位置可以是懸浮粒子或刮痕一般的粗糙表面，竹筷適時地提供形成氣泡的粗糙表面，藉此，竹筷上方範圍內開始大量堆積泡沫)在累積至一定高度後，上層泡沫向外擴散，由於擴散過程中泡沫相互的擦撞，使泡泡破裂消逝，最終，整體泡沫高度下降。

註：我們倒出啤酒，待泡泡幾乎完全消失後，插入竹筷（以生成泡沫）。在泡泡堆疊起的部份灑上粉末以觀察泡沫的移動，發現粉末會從泡沫高起的部份向外、向下移動。並觀察到泡沫擴散後，外圍的泡沫並沒有堆積、增高的現象，固判斷在泡沫移動的過程中泡沫已經破裂。若依照此邏輯，則如果將容器更改為具有較粗糙的表面之材質，則泡沫消失會較快。

三、如果將啤酒沿著杯壁緩緩倒下，則會因液體黏滯力和斜面的關係，而使得流速減慢、動能減少，二氧化碳不易掙脫，相反地，若從高處直接倒下啤酒，則二氧化碳會因動能較大而掙脫啤酒表面。

※我們曾觀察到：油脂會使泡沫消散變快（例如：在盛裝前將容器內壁塗抹油脂，則可觀察到泡沫消散的過程中，接觸到油脂的部分會有明顯非常快速的消失。）初步判斷是油脂分子破壞了蛋白質生成之泡沫間的結構排列規則，使泡沫崩潰。

未來展望

- 一、測量更多數據，並找出相關變因與啤酒泡沫生成量之關係的原因。
- 二、測試在不同溫度下，啤酒泡沫消散速度的變化。
- 三、細部探討並分析「添加油脂」對泡沫消散的影響。
- 四、整合各方研究數據。