

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

030207

揭開冷龍及油炸鬼的秘密

學校名稱：嘉義市立北興國民中學

作者：	指導老師：
國二 賴俊唐	張毓禎
國二 官沂鴻	何金昭
國一 江庭瑋	
國一 張治皓	

關鍵詞：擾動溫度 、沸點 、碳酸氫鈉

揭開冷龍及油炸鬼的秘密

摘 要

日常生活中隱藏著許多科學原理；如西遊記中孫悟空所請的「冷龍」及中國大陸法師騙人的把戲「熱油洗手」和「油炸鬼」。利用回鍋油與沸點小的溶液共熱，沸點低的底層所吸收的熱量先用本身的擾動和對流，再傳遞給油體，使得油溫並未立即上升。加入碳酸氫鈉遇熱或遇酸則會產生二氧化碳氣泡導致油體擾動，此時的油溫遠低於沸騰時溫度。而且碳酸氫鈉粉末和油共熱會有皂化反應並產生上浮的肥皂。研究發現：

- 一、會產生二種不同程度的擾動；第一階段為杯底氣泡開始上升至液面且油體溫度低上。第二階段則是整杯液體全面擾動油溫高。
- 二、醋酸的濃度低於 10% 會使第一階段的平均溫度低於 60℃。
- 三、加入的水量和醋酸量所測得擾動溫度差距不大。
- 四、松香水易揮發比重較油小，難以影響回鍋油的擾動。
- 五、事先添加碳酸氫鈉粉末於鍋底是最安全的方式，加熱或加入少許醋酸，會因二氧化碳的產生讓油體擾動，此時油溫均小於 60℃。

關鍵詞：擾動溫度、沸點、碳酸氫鈉

壹、研究動機

西遊記第四十六回中有一段唐三藏與鹿大仙鬥法，孫悟空請「冷龍」護住鍋底讓沸油的溫度不會上升，最後唐三藏贏了這一場鬥法。又有一位伙伴在電視上看到一則有關法師捉鬼的報導，法師爲了淨化能力「將雙手置入沸油中洗手」而沒有受傷，並且唸完符咒後，油中會浮出油炸狀的物體旋即宣稱「鬼物已經被油炸死亡」。這些問題不禁讓人訝異，其中的關鍵爲何？引起本組想要解開謎底的興趣。

貳、研究目的

- 一、各種研究溶液的沸點及比重的比較
- 二、回鍋油與不同濃度醋酸水溶液共熱時油體擾動的平均溫度比較
- 三、回鍋油與同濃度不同體積醋酸共熱時油體擾動的平均溫度比較
- 四、回鍋油與不同體積的自來水共熱時油體擾動的平均溫度比較
- 五、回鍋油與不同體積松香水共熱時油體擾動時的平均溫度比較
- 六、回鍋油中添加碳酸氫鈉粉末共熱產生擾動時的平均溫度變化
- 七、回鍋油中添加碳酸氫鈉粉末再加入醋酸產生擾動時的平均溫度

叁、研究器材

鐵鍋、燒杯、金屬溫度計、回鍋油、瓦斯爐、酒精燈、三腳鐵架、冰醋酸、陶瓷纖維網、碳酸氫鈉、松香水

肆、研究步驟

一、各液態物質開始擾動時溫度測量與比重比較

- (一) 分別取 20 ml 回鍋油、冰醋酸、自來水及松香水置入 50ml 燒杯中，利用酒精燈加熱。
- (二) 當加熱的液體內部開始擾動及劇烈擾動時，測量並記錄當時溫度及觀察沸騰時溫度是否持續上升。重複 5 次求平均值。
- (三) 將回鍋油、冰醋酸、自來水及松香水各取 6 ml，每 2 ml 倒入試管中，每次取不同的溶液相混合，紀錄混合後下層溶液種類及分層情形。

二、回鍋油與不同濃度醋酸水溶液共熱時油體擾動的溫度

- (一) 取 150 ml 油與 50 ml 50%醋酸共熱測量並記錄油體擾動溫度。重複 5 次求平均值。
- (二) 分別取 150 ml 油與 50 ml 的 10%醋酸、5%醋酸、3%醋酸共熱，測量並記錄油體擾動時溫度。重複 5 次求平均值。

三、回鍋油與同濃度不同體積醋酸共熱時油體擾動的溫度

- (一) 取 150 ml 油與 50%醋酸 50 ml 共熱，測量並記錄油體擾動時溫度。重複 5 次求平均值。
- (二) 依次改變油量爲 160 ml、170 ml 及 180 ml 與 50%醋酸量爲 40 ml、30 ml 及 20 ml，記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。

四、回鍋油與不同體積的自來水共熱時油體擾動的溫度

- (一) 取 150 ml 油與 50 ml 水共熱，測量並記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。
- (二) 改變油量為 160 ml、170 ml、180 ml、水量為 40 ml、30 ml、20 ml 共熱，測量並記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。

五、回鍋油與不同體積松香水共熱時油體擾動時的溫度

- (一) 取 160 ml 油與 40 ml 松香水共熱，測量並記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。
- (二) 改變油量為 170 ml 及 180 ml 與 30 ml、20 ml 松香水共熱，測量並記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。

六、回鍋油與不同質量碳酸氫鈉粉末共熱

- (一) 分別秤取 1 克、5 克、10 克及 15 克碳酸氫鈉粉末置入燒杯內。
- (二) 各燒杯加入 200 ml 的油共熱，測量並記錄油體擾動時的溫度。重複 5 次求平均值。

七、分別秤取 1 克、5 克、10 克及 15 克碳酸氫鈉粉末置入燒杯內，加入 200 ml 的油，再倒入 1 ml 醋酸，觀察並紀錄油體擾動的情形。重複 5 次求平均值。

伍、研究結果

- 一、由於研究所使用的液體具有不同的性質，所以研究將要測量的溫度定在二個階段，第一階段擾動的溫度為杯底氣泡開始上升至液面，第二階段則是定為整杯液體全面擾動(如照片 1)。



照片 1-1：第一階段擾動



照片 1-2：第二階段擾動

二、單項液體二個擾動階段溫度測量結果

- (1) 所使用液態溶液所測得二個階段的平均溫度如表 1。回鍋油二個階段的平均

溫度均為最高，松香水所測得的平均溫度最低。回鍋油在激烈擾動時沸騰溫度仍然持續上升。冰醋酸和松香水雖使用抽氣設備仍然散發很濃的氣味，沸騰時溫度上升的差距不到 2℃。自來水沸騰時溫度也會持續上升，上升至 103℃ 就不再上升。

表 1：研究所用液體二個不同擾動階段的平均溫度 單位：℃

	回鍋油	冰醋酸	自來水	松香水
第一階段擾動時溫度	116.6	70.4	89.8	62.2
第二階段擾動時溫度	135.2	82.4	96.6	68.6

- (2) 利用液體分層所比較出來的密度大小關係，結果為松香水 < 回鍋油 < 水 < 冰醋酸。而松香水和回鍋油有部分互溶的現象，水和冰醋酸則是互溶迅速。碳酸氫鈉粉末加入四種液體中均會下沉，與冰醋酸接觸時會產生大量的氣泡(如照片 2.3)。

表 2：二種液體分層比較結果

比較的溶液	下層溶液	最後現象
回鍋油+自來水	自來水	明顯分成二層
回鍋油+冰醋酸	冰醋酸	明顯分成二層
回鍋油+松香水	回鍋油	互溶現象且松香水層呈現混濁
自來水+松香水	自來水	明顯分成二層
自來水+冰醋酸	冰醋酸	均為透明液體、分層不明顯、互溶
冰醋酸+松香水	冰醋酸	明顯分成二層



照片 2：醋酸和自來水加入量太少時，底部會形成氣泡易產生突沸

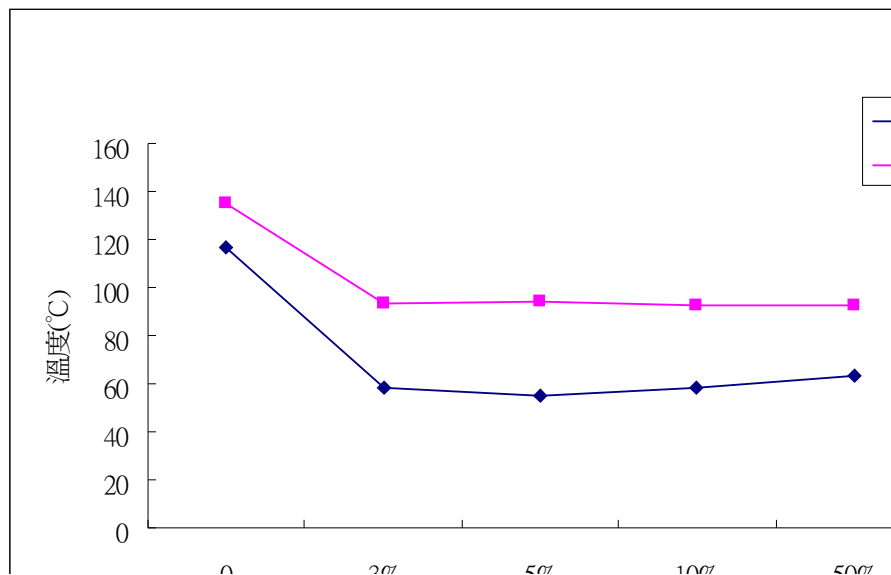


照片 3：醋酸沉在回鍋油的下層

三、油與不同濃度醋酸水溶液共熱時油體擾動的溫度

(一)回鍋油與不同濃度的醋酸溶液共熱，所測得第一階段擾動平均溫度以 5%醋酸溶液的 54.8℃ 最低；50%醋酸溶液的 63.6℃ 最高；高低順序為：純回鍋油 > 冰醋酸 > 50%醋酸 > 10%醋酸 > 3%醋酸 > 5%醋酸。

(二)第二階段擾動的溫度則以 5%醋酸的 94.4℃ 最高；50%醋酸的 92.2℃ 最低，彼此差距不大；所測得平均溫度高低順序為：純回鍋油 > 5%醋酸 > 3%醋酸 > 10%醋酸 > 50%醋酸 > 冰醋酸（如圖 1）。



四、油與同濃度不同體積醋酸共熱時油體擾動的溫度

(一)回鍋油與不同體積醋酸共熱時，第一階段擾動的平均溫度以 50ml 醋酸的 63.6℃ 最低；以 30ml 醋酸的 64.8℃ 最高，不同醋酸體積所產生的溫度差異只有 0.8℃；所測得平均溫度高低順序為：

純回鍋油 > 冰醋酸 > 30ml 醋酸 > 20ml 醋酸 > 40ml 醋酸 > 50ml 醋酸。

(二)第二階段擾動的平均溫度則是加入 40ml 醋酸的 94.2℃ 最高；30ml 醋酸的 91.8℃ 最低；所測得平均溫度高低順序為（如圖 2）：

純回鍋油 > 40ml 醋酸 > 50ml 醋酸 > 20ml 醋酸 > 30ml 醋酸 > 冰醋酸。

(三)醋酸若只取 10 ml 溶液杯底容易產生氣泡，加熱過程中會產生突沸現象非常危險，所以便不考慮 10 ml 的醋酸和自來水的實驗。

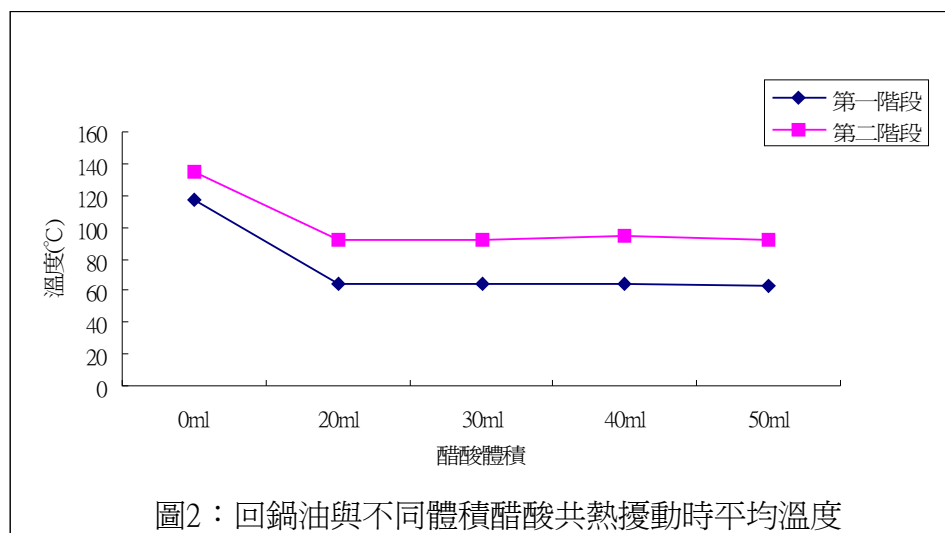
五、回鍋油與不同體積的自來水共熱時油體擾動的溫度

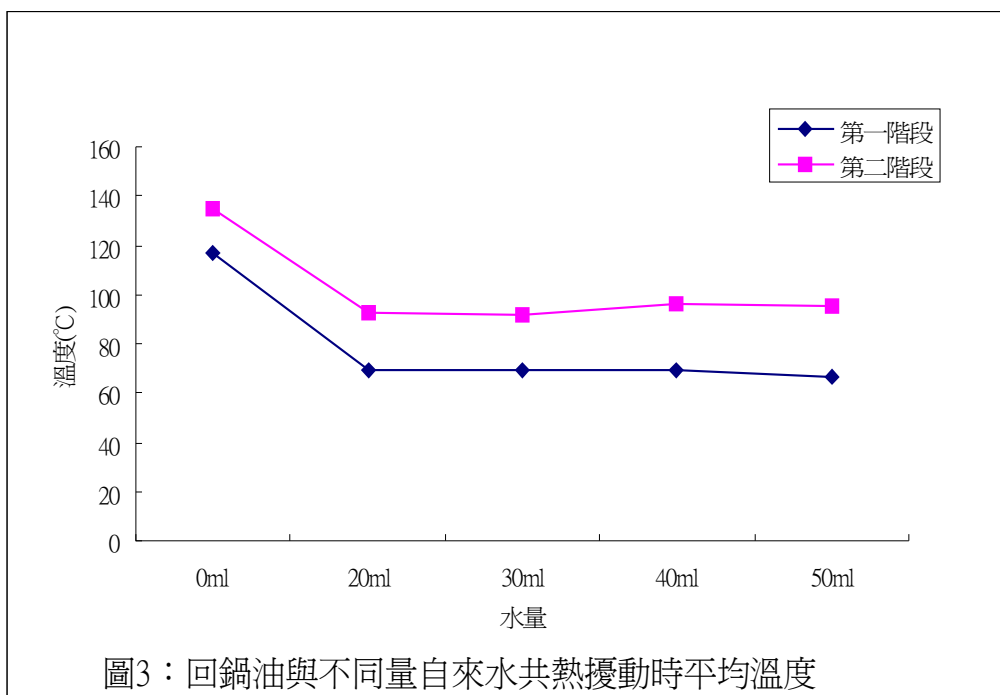
(一)當回鍋油與不同體積的自來水共熱時，第一階段擾動的平均溫度以 50ml 自來水的 66.2℃ 最低；以 20ml 自來水的 69.6℃ 最高；所測得平均溫度高低順序為：

純回鍋油 > 自來水 > 20ml 自來水 > 40ml 自來水 > 30ml 自來水 > 50ml 自來水。

(二)第二階段擾動的平均溫度以 30ml 自來水的 91.8℃ 最低；以 40ml 自來水的 96.2℃ 最高；所測得平均溫度高低順序為（如圖 3）：

純回鍋油 > 自來水 > 40ml 自來水 > 50ml 自來水 > 20ml 自來水 > 30ml 自來水。





六、回鍋油與不同體積松香水共熱時油體擾動時的溫度

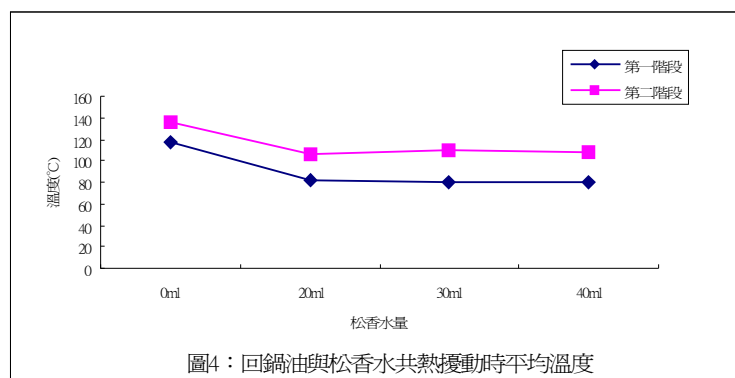
- (1) 回鍋油與松香水共熱時，松香水和回鍋油會部份互溶，位於上層的松香水會先擾動。但是下層的回鍋油並未跟著擾動，直到下層回鍋油劇烈擾動時，油的溫度也超過 105°C，而且瀰漫松香水的氣味(照片 4)。
- (2) 回鍋油與松香水共熱時，摻入松香水的量對擾動時溫度並未產生太大的差異性，第一階段擾動的溫度均較松香水的沸點高，所測得平均溫度高低順序為：

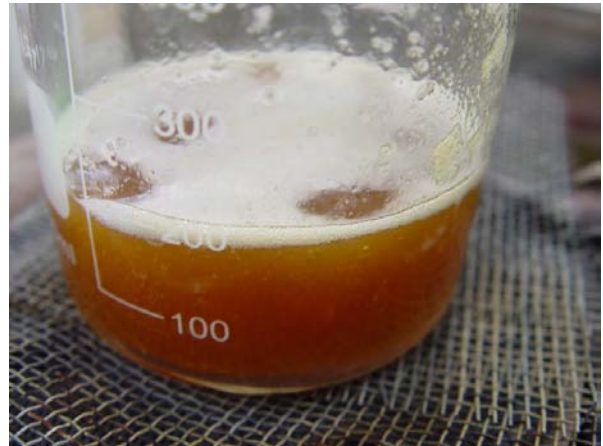
回鍋油 > 20ml 松香水 > 30ml 松香水 > 40ml 松香水 > 松香水。

- (三) 第二階段擾動時的溫度僅較回鍋油擾動的溫度低，所測得平均溫度高低順序為（如圖 4）：

回鍋油 > 30 ml 松香水 > 40 ml 松香水 > 20 ml 松香水 > 松香水。

- (四) 由於使用的燒杯為 500 ml 所倒入的 10 ml 的松香水其厚度不易觀察，而且松香水為易燃物，所以 10 ml 與 50 ml 的松香水就位考慮實驗。





照片 4-2：上層松香水會先擾動

照片 4-1：回鍋油+松香水；松香水在上層

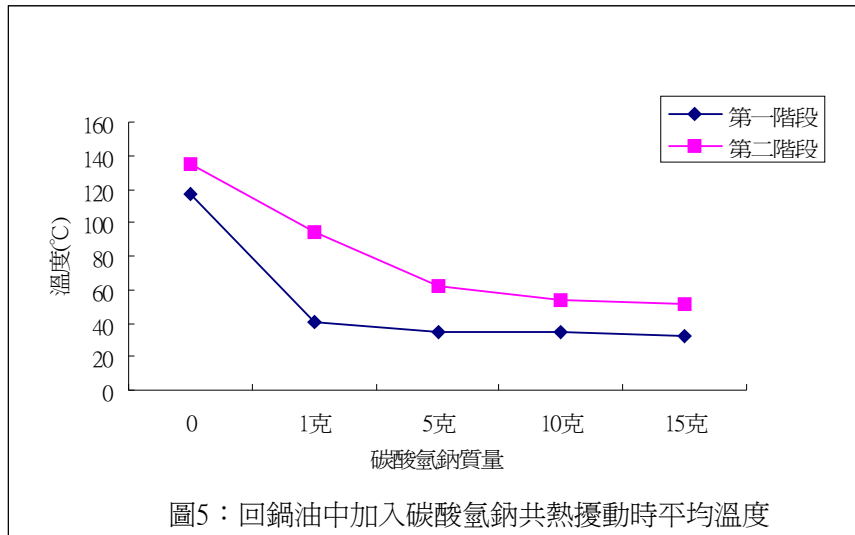
七、回鍋油中添加碳酸氫鈉粉末共熱產生擾動時的溫度變化

(一)鍋底先放入碳酸氫鈉再加入回鍋油中共熱(照片 5)，其結果是加入的碳酸氫鈉愈多則第一階段擾動的溫度愈低，在 32.6°C 時 15 克碳酸氫鈉就可以產生大量氣泡的擾動；加入 1 克碳酸氫鈉則在 40.6°C 產生擾動；所測得的溫度高低為：

回鍋油 $> 1\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 5\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 10\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 15\text{g}$ 碳酸氫鈉。

(二)產生第二階段擾動的溫度以加入 15 克碳酸氫鈉時 51.8°C 就會劇烈擾動。但是加入的量只有 1 克時，並無法讓回鍋油快速的全面擾動，所以溫度在 94.6°C 才會全面擾動；所測得的溫度高低為（如圖 5）：

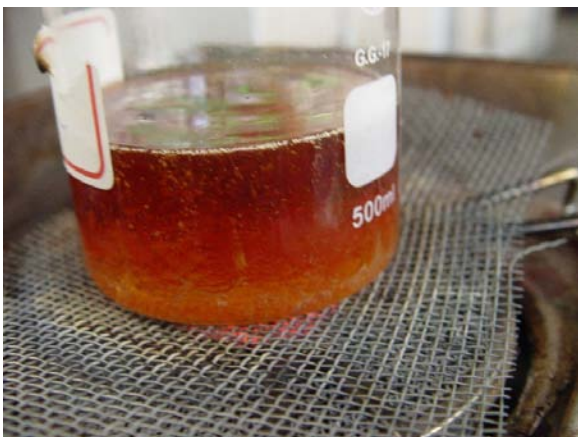
回鍋油 $> 1\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 5\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 10\text{g}$ 碳酸氫鈉 $> 15\text{g}$ 碳酸氫鈉。



八、如果鍋底先放入碳酸氫鈉，在開始共熱之際迅速加入醋酸溶液，則整鍋回鍋油便因為碳酸氫鈉和醋酸反應產生的氣體，造成回鍋油產生劇烈的擾動現象，此時溫度 27°C 與室溫 25°C 相差 2°C (照片 6)。油面會有塊狀物上浮，然後再溶解而消失。

九、由各項添加物體的研究結果顯示第一階段擾動溫度的高低則為（如圖 6）：
純回鍋油 > 40ml 松香水 > 50ml 水 > 5% 醋酸 > 15g 碳酸氫鈉 > (碳酸氫鈉+醋酸)
第二階段擾動溫度的高低則為：

回鍋油 > 40ml 松香水 > 50% 醋酸 > 30ml 水 > 15g 碳酸氫鈉 > (碳酸氫鈉+醋酸)。



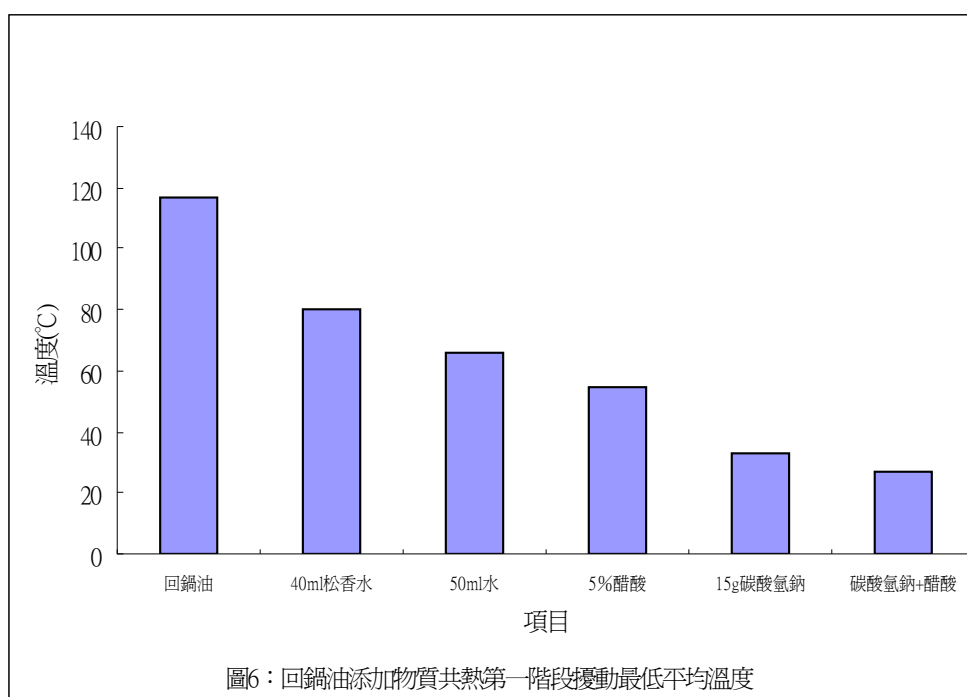
照片 5-1：碳酸氫鈉產生氣泡



照片 5-2：碳酸氫鈉加熱產生大量氣泡



照片 6：碳酸氫鈉+醋酸產生大量氣泡，並浮出塊狀物



陸、討論

- 一、吳承恩先生所撰寫西遊記中與鹿大仙鬥法一節，悟空向龍王借「冷龍」護住鍋底，便點出利用不同的介質可以讓油鍋的油產生劇烈擾動所需的溫度下降，至於「法師捉鬼」的報導正是效法西遊記利用鍋底事先放入與油不同的介質，藉由回鍋油較深的顏色，讓旁觀者無法知道鍋底事先放有其他不相溶的物質。
- 二、本實驗利用與回鍋油不立即互溶的物質來進行驗證，除了松香水與(碳酸氫鈉+醋酸)的處置外，研究發現以下現象：

(一)由於底層的液體沸點較低，當底層開始劇烈擾動時，所吸收的熱量先用於沸點較低的液體產生對流之用再傳遞給回鍋油，所以油體溫度並未快速上升，此時也就是所觀察的第一階段的擾動。

(二)由於一階段擾動的牽引，使得原本不互溶的雙層液體便開始產生對流，使得上層的回鍋油溫度持續上升，產生第二階段全面性的擾動，溫度也較第一階段擾動的溫度來的高。

(三)在實驗過程中我們也發現二個奇特的現象，其一是沸點較低的下層溶液產生了所謂「鍋蓋效應」；開始加熱時，因上下分層，分層面猶如煮湯時緊閉的鍋蓋，當下層溶解的氣體逐漸釋放通過分層面時，就像突然拿開緊閉的鍋蓋，使得液面瞬間減壓而產生沸騰，所以測得的第一階段擾動溫度較回鍋油的沸點低。其次下層液體用量太少時，在液體交界面會形成不連續的油膜，油膜內側若有殘留空氣，經加熱後的空氣會膨脹上升至回鍋油表面，然後油泡會瞬間破裂，包在油泡中的物質會隨之噴發，並產生突沸現象，就像泥火山噴出的氣泡，相當危險。

(四)當全面性擾動發生時，沸點較低的液體便會汽化，所以鍋子附近就會彌漫濃厚醋酸和松香水的氣味。

三、鍋底若先加入碳酸氫鈉粉末，由於碳酸氫鈉和回鍋油不易互溶，兩者交界處會有殘留空氣，加上碳酸氫鈉受熱時會分解出二氧化碳，所以回鍋油便會快速產生全面性的擾動。並且油的表面會產生油炸狀的肥皂，隨後再逐漸溶解消失。

四、鍋底若是先加入碳酸氫鈉粉末，再沿著鍋邊倒入醋酸，則醋酸和碳酸氫鈉就會產生大量二氧化碳，回鍋油便會產生全面性擾動，甚至不需要加熱，所以擾動時溫度較其他方法為低。也會在油的表面產生油炸狀的肥皂和因反應過快上浮的塊狀碳酸氫鈉，隨後會再逐漸反應及溶解消失。

五、根據我們設計的實驗來推斷「法師可以空手在沸油中洗手」，勢必在油中先添加碳酸氫鈉，不會像電視中所言「先倒入醋酸可以讓油擾動的溫度不會高於60℃」，應該是加入少許酸性物質讓碳酸氫鈉迅速反應產生二氧化碳的氣泡。如果是利用低沸點的有機溶劑或醋酸，現場必會彌漫很濃的氣味，因此而穿幫。

六、所以「冷龍」及法師可以空手在「沸油中洗手」必須掌握在第一階段擾動時進行，第二階段擾動時的溫度便已經超過我們皮膚所能忍受的60℃以上。

柒、結論

日常生活中隱藏著許多科學原理，若不小心求證可能會一時不察而受騙上當，中國大陸騙錢的法師就是利用一般人對「油沸騰時溫度會很高」及「熱油中有油炸物上浮」的觀念，誤認為法師的功力高強。其實利用「油中先加入碳酸氫鈉在鍋底再加入酸」，此時擾動的平均溫度只在 27°C 左右，手放入油中並不會受到影響，而且會有尚未反應完的碳酸氫鈉及皂化產生的油炸物上浮，最後消失不見。

捌、參考文獻

- 一、安紐馬克 著、范振隆 譯。(1996)。化學。漢聲：台北。
- 二、克里斯多夫 著、葉李華 譯。(1995)。物質。漢聲：台北。
- 三、自然與生活科技。第 3 冊。(2008)。南一：台南。

【評語】 030207

學生的表達能力佳，從有趣的歷史故事引發科學研究主題，生動有趣。說明書內容宜呈現實驗完整數據。