

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030119

液體跟斗雲～熔岩燈之研究

學校名稱：屏東縣立至正國民中學

作者： 國二 林家弘 國二 盧耀明 國二 李宜蓁 國二 柳懿珊	指導老師： 邱彥文 蔡松諺
---	-----------------------------

關鍵詞：密度、溫度、溶解度

作品名稱

液體跟斗雲～熔岩燈之研究

摘要

本實驗嘗試用各種油品與水或酒精，加熱後製造出類似商品「熔岩燈」的效果，經過多次的摸索與試驗，我們發現【葵花油與洗車蠟】、【酒精與果凍蠟】兩種組合有類似的效果。並且，我們發現實驗物的性質、溫度的掌控以及合適的加熱容器是本實驗的關鍵。

此外，我們還利用油與水不互溶的特性，再加上酸鹼中和反應，製造出類似商品的效果，經過幾次的試驗，有兩種組合有類似的現象。雖然有「熔岩噴發」的景觀，但因為本實驗是化學反應，沒有辦法像熔岩燈一樣可以週而復始地進行，所以無法完全再現商品的效果。

本實驗融合密度、溶解度、熱、酸鹼中和等觀念，是一個寓教於樂的展示，如果安全性更可以控制的話，相當適合在中學課程中探究與推廣。

壹、研究動機

爲了解釋課本中「對流」的概念，老師拿了一個有趣的燈飾，叫做「熔岩燈」，當它點亮時，過了一會就上上下下的十分新奇，看著它緩慢的浮動，時間就好像在裡頭跑動似的，我們心中就浮現一個念頭，想研究看看它的原理。

我們上維基百科查了一下：熔岩燈的物理原理非常簡單，它是由底座和密封玻璃瓶組成。底座最初時候是加熱絲，現今改爲較大功率的反射燈泡，密封玻璃瓶其內是透明的液體，以及半透明的蠟。室溫下蠟的密度略高於液體，然而加熱後又略低於液體。通電後，底座內的燈泡加熱密封玻璃瓶，將熱量傳遞給蠟塊，瓶內的蠟塊融化而浮上水面，因漸漸冷卻而沉入瓶底，周而復始造成變化的光影效果（文獻1）。

於是我們就興起這樣一個念頭：蠟的密度會隨著溫度改變，那底下的液體不會改變密度嗎？究竟那個密度改變比較大？於是我們就展開了一連串的實驗。



貳、研究目的

- 一、探討各種液體在不同溫度下的密度變化
- 二、組合各種液體製造熔岩燈，比較出最好的效果
- 三、找尋其他組合方式，看看是否有類似的效果。



參、研究設備及器材



液體部分：藥用酒精、蔬菜油、棕櫚油、椰子油、葵花油、洗車蠟、機油、食用醋精

藥品部分：食用色素、果凍蠟

器材部分：電子天平、加熱器、瓦斯爐、燒杯、量筒

肆、研究過程或方法

我們上網查了一些資料，商品公司 Lava World International 將其配方申請專利，是一種機密，但網路上提供一些製作熔岩燈的方法，有的是用蠟與酒精（文獻 2、3）、有的是水與沙拉油（文獻 4），所以我們先著手測量手邊可以取得的相關物質，其密度與溫度的關係：

一、探討各種液體在不同溫度下的密度變化

1. 藥用酒精：

溫度	質量	體積	密度
30	3.9	5	0.78
35	3.9	5	0.78
40	4	5	0.80
45	3.9	5	0.78
50	3.9	5	0.78
55	3.9	5	0.78
60	4	5	0.80
65	4	5	0.80
70	4	5	0.80
75	4	5	0.80



2. 蔬菜油：

溫度	質量	體積	密度
25	4.4	5	0.88
30	4.5	5	0.90
35	4.6	5	0.92
40	4.5	5	0.90
45	4.5	5	0.90
50	4.6	5	0.92
60	4.7	5	0.94
65	4.7	5	0.94
70	4.6	5	0.92
75	4.4	5	0.88
80	4.4	5	0.88
85	4.3	5	0.86
90	4.3	5	0.86
95	4.2	5	0.84

3. 棕櫚油：

溫度	質量	體積	密度
30	5.2	5	1.04
35	5.6	5	1.12
40	5.7	5	1.14
45	5.6	5	1.12
50	5.6	5	1.12
55	5.7	5	1.14
60	5.4	5	1.08
65	5.5	5	1.10
70	5.5	5	1.10
75	5.4	5	1.08
80	5.4	5	1.08
85	5.4	5	1.08
90	5.3	5	1.06
95	5.3	5	1.06
100	5.3	5	1.06
105	5.2	5	1.04
110	5.1	5	1.02



4. 椰子油：

溫度	質量	體積	密度
30	5.6	5	1.12
35	5.5	5	1.10
40	5.6	5	1.12
45	5.6	5	1.12
50	5.6	5	1.12
55	5.5	5	1.10
60	5.5	5	1.10
65	5.4	5	1.08
70	5.5	5	1.10
75	5.6	5	1.12
80	5.4	5	1.08
85	5.3	5	1.06
90	5.5	5	1.10
95	5.4	5	1.08
100	5.3	5	1.06
105	5.3	5	1.06



5. 洗車蠟：

溫度	質量	體積	密度
30	5.1	5	1.02
35	5.1	5	1.02
40	5.2	5	1.04
45	5.1	5	1.02
50	4.9	5	0.98
55	5.1	5	1.02
60	5	5	1.00
65	5	5	1.00
70	4.9	5	0.98
75	4.9	5	0.98
80	4.7	5	0.94
85	4.8	5	0.96
90	4.8	5	0.96



6. 醋精：

溫度	質量	體積	密度
30	4.8	5	0.96
35	4.7	5	0.94
40	4.7	5	0.94
45	4.7	5	0.94
50	4.7	5	0.94
55	4.6	5	0.92
60	4.6	5	0.92
65	4.6	5	0.92
70	4.6	5	0.92
75	4.7	5	0.94
80	4.6	5	0.92
85	4.6	5	0.92

7. 機油：

溫度	質量	體積	密度
30	4.4	5	0.88
35	4.5	5	0.90
40	4.5	5	0.90
45	4.4	5	0.88
50	4.3	5	0.86
55	4.3	5	0.86
60	4.2	5	0.84
65	4.2	5	0.84
70	4.3	5	0.86
75	4.3	5	0.86
80	4.1	5	0.82
85	4.1	5	0.82
90	4	5	0.80
95	4	5	0.80
100	3.9	5	0.78
105	3.9	5	0.78



8. 葵花油：

溫度	質量	體積	密度
30	4.3	5	0.86
35	4.6	5	0.92
40	4.3	5	0.86
45	4.4	5	0.88
50	4.3	5	0.86
55	4.3	5	0.86
60	4.3	5	0.86
65	4.4	5	0.88
70	4.3	5	0.86
75	4.1	5	0.82
80	4.2	5	0.84
85	4.2	5	0.84
90	4.1	5	0.82
95	4	5	0.80
100	4	5	0.80



二、組合各種液體製造熔岩燈，比較出最好的效果

爲了方便觀察，我們下層的液體染成紅色

1. 酒精 + 機油

有氣泡從油中冒出，快速落下，但是沒有熔岩燈的效果

酒精 25ml
機油 25ml

2. 酒精 + 洗車蠟

加熱後無沒有熔岩燈的效果

酒精 25ml
蠟 25ml

3. 水+機油

加熱至 90°C 底下出現氣泡，白色不明液體在 100°C 時氣體從杯底冒出，但是還是沒有熔岩燈效果

機油 25ml
水 25ml

4. 水+葵花油

水沸騰後，紅色小泡泡以及透明氣泡快速上下跑動，沒有熔岩燈效果

葵花油 25ml
水 25ml

5. 酒+葵花油

酒精沸騰後，紅色小泡泡以及透明氣泡快速上下跑動，與上一組類似，沒有熔岩燈效果

酒精 25ml
葵花油 25ml

6. 葵花油+洗車蠟

90°C 以下無反應，超過以後有「史萊姆」搖來搖去，會有泡泡上下，有類似熔岩燈效果
但 95°C 以後，兩者會變混濁無法觀察

葵花油 25ml
蠟 25ml

7. 果凍蠟+酒精

有熔岩的效果，動起來比較緩慢，加熱酒精沸騰以後，液體變的比較混濁，但是裡面顆粒變的比較圓，而且顆粒跑得更快些，美中不足就是不好觀察。

酒精 25ml
蠟 25ml

三、找尋其他組合方式，看看是否有類似的效果。

我們在網路上提供一種製作熔岩燈的方法，主要材料是水、沙拉油、醋、鹽、小蘇打（文獻3），仔細想一下，這正好就是我們最近學的「酸鹼中和」的應用，在好奇心驅使下，我們就開始試驗看看啦。

甲、利用小蘇打與酸的中和反應，製造熔岩的效果。

1. 在玻璃杯內裝入水和油

因為油與水不能互溶，而且油的密度比水低，在上層（右圖）



2. 滴入幾滴食用色素

食用色素滴入溶液後，不溶於油，而且一直下沉到接觸面，然後逐漸溶解在底部的水層（右圖），結果下層的水被染色了。但油層沒有。

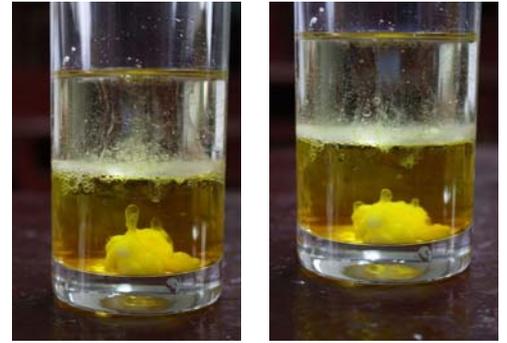


3. 加入一小匙小蘇打粉

小蘇打會直接沈入水層底部，會冒出一點氣泡

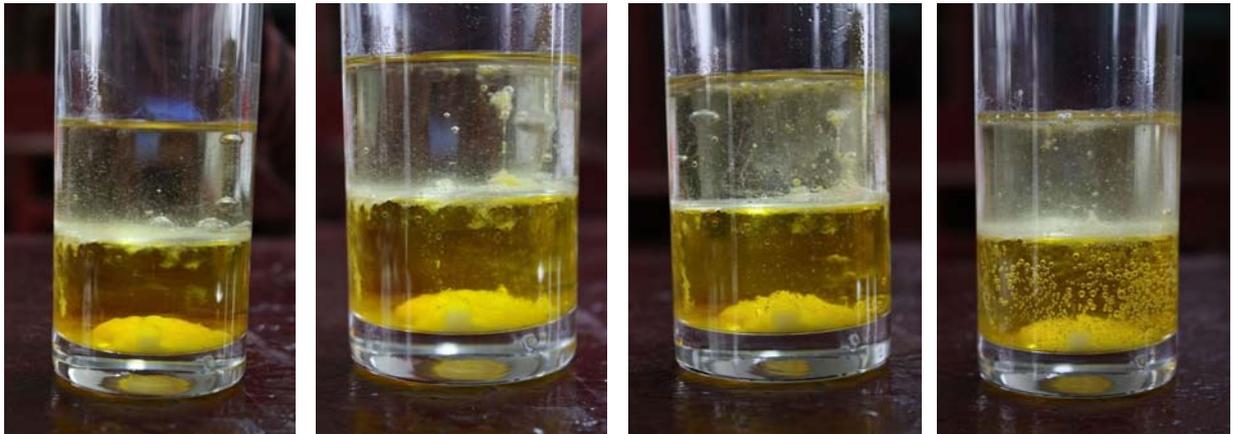


4. 再加入一小匙的醋
醋的密度比酒精重，但比水輕，結果就停在中間，因為中間仍有一些沒有沈入底部的小蘇打，所以中間接觸面的地方開始有反應，產生二氧化碳。底層的小蘇打除了冒點氣泡以外，似乎沒有什麼動靜，我們覺得那冒出來的應該是顆粒中的空氣。因為過程滿緩慢的，與中間接觸面的狀況差異很大。



5. 靜置，等所有的東西都沉澱下來，再加入一撮鹽
食鹽一直沈入底部，接著下層出現一些小氣泡往上浮，然後反應越來越明顯，氣泡產生也越來越多，如果反應變慢再加一些鹽又可以有更多氣泡產生。

氣泡從油與水的接觸面冒出的時候，是有點像岩漿的景觀，但小小的不明顯（下圖最右）



6. 加熱

我們覺得反應太慢了，所以把整個杯子放在加熱板上試試看，果然反應變的更劇烈，氣泡像是從底層大量湧出一樣，並且帶有顏色，結果上層也被染色了。



這些染色的顆粒會在油這一層上上下下，雖然小顆但是量很多，有火山噴發的效果。

乙、找尋其他製作方法或更漂亮的效果。

我們知道這個實驗中，熔岩噴發的效果主要是因為小蘇打在酸性環境下中和產生二氧化碳，所以我們花了很多時間嘗試精確地改變醋的濃度或小蘇打的量來做，結果發現差異性不大，甚至許多情況只見到二氧化碳冒出，外觀上很像汽水，但沒有東西掉下來形成上上下下的景觀。



後來老師上國外網站查到另外一種方法（文獻 5、6），僅需要加水（有染色）、油及發泡錠，結果我們一試發現效果非常好，不僅步驟簡化很多，而且不需要加熱就可以看到噴發與落下的現象：





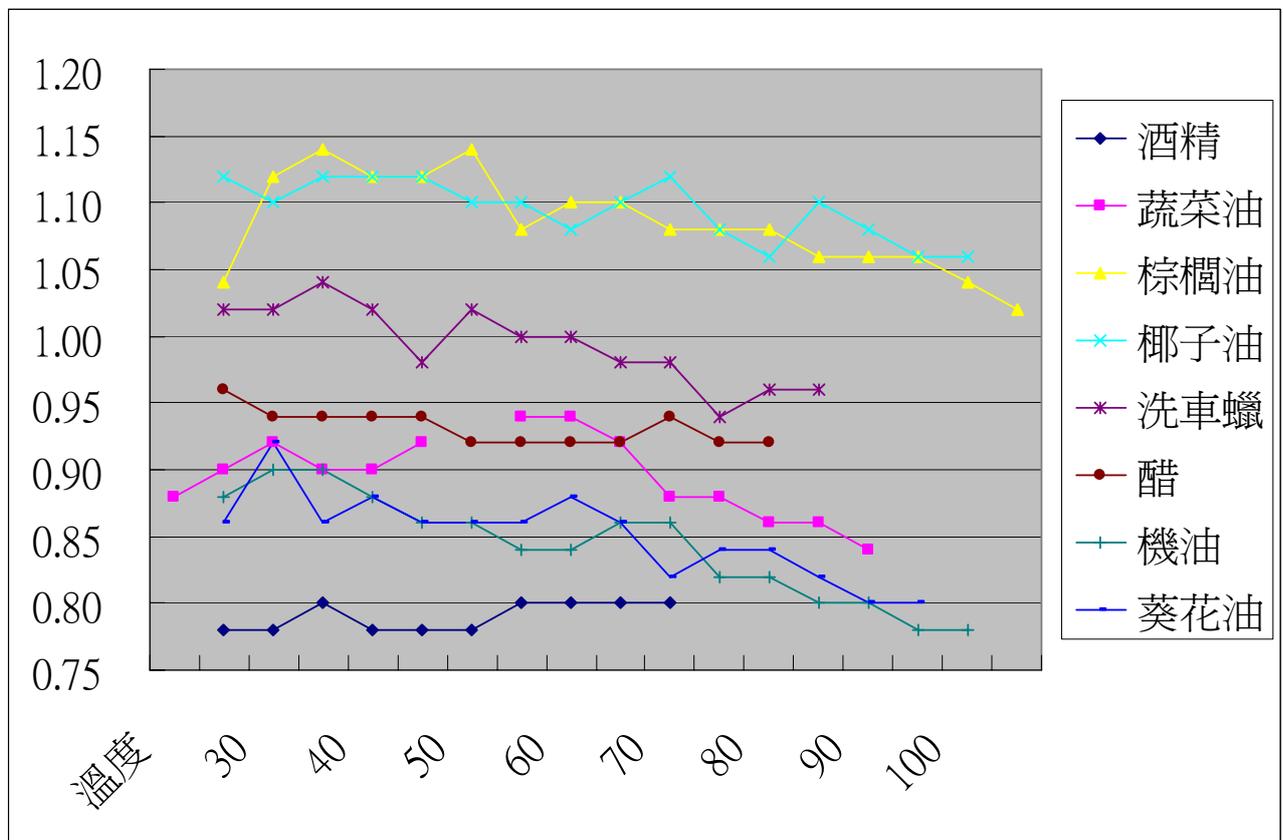
伍、研究結果

一、探討各種液體在不同溫度下的密度變化

下表是我們實驗的液體，在不同溫度下的密度變化，撇除掉實驗誤差，除了酒精以外，其餘的物質溫度越高，密度都有變小的趨勢。

酒精的密度對溫度反應不大，跟我們嘗試的其他物質不大相同，我們認為這就是網路資料中建議用酒精做溶劑的原因，如果溶劑也隨著溫度改變密度，那就更難掌控熔岩燈的效果了。

此外我們其實也有測量果凍蠟的密度，但是這個物質受熱會融化，而且還會黏在量筒上實在無法好好測量，我們只知道在常溫固體下其密度大約 0.62（比酒精小），受熱變成膏狀時密度會變大沈入酒精。



二、組合各種液體製造熔岩燈，比較出最好的效果
我們發現有兩種組合效果比較好：

1. 葵花油+洗車蠟

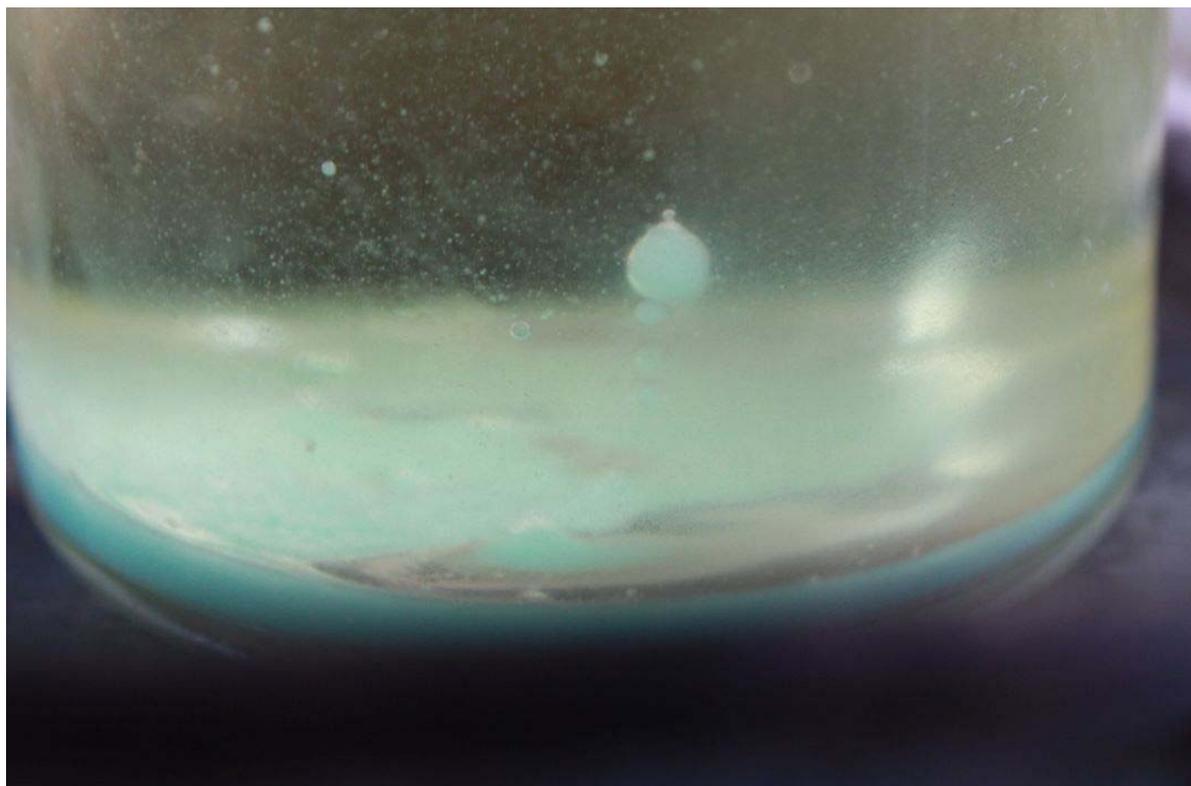


這個組合大約要超過 90°C 才會看出效果（如下圖），此時會看到很多顆粒從下往上浮起，到了液體表面會漸漸落下，另外在底層會出現「史萊姆」的模樣，軟泥左右搖擺還滿有趣的。

很麻煩的是，我們發現大約超過 95°C 時，溶液會變的混濁，似乎兩者開始溶解，這時就很難觀察，我們和老師討論覺得是兩個液體受熱後改變了溶解度所致。

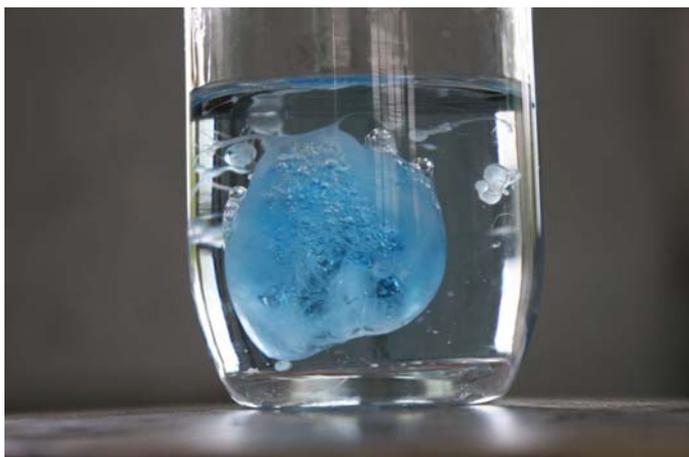
所以如果要達到最好的效果，必須要控溫，這對我們來說是很難的挑戰，我們嘗試過酒精燈、加熱板還有瓦斯爐三種加熱方式，都弄得手忙腳亂，最後還是難逃混濁的結果，這也難怪熔岩燈都採用反射燈泡加熱，如果距離與容器控制得當，加熱效果是持續穩定的。

說到容器我們也弄破很多玻璃杯，這個因素在製作熔岩燈也是必須要考慮的。



2. 果凍蠟+酒精

這個組合挺有趣的，剛開始果凍蠟還浮在酒精上面，跟我們之前嘗試的組合不同，但開始加熱後逐漸下沉，然後也會出現「史萊姆」的現象，然後就像是火山岩漿的噴發，跟葵花油與洗車蠟這個組合比較起來，果凍蠟運動比較緩慢，而且比較有「熔岩」的感覺。



然而，我們還是遇上跟其他組合相同的問題，就是酒精沸騰後，整個溶液的性質就好像改變，外觀上變的比較混濁，我們之前嘗試的組合本來就看不到熔岩的現象，然後做到這個階段就完全看不清楚了。不過酒精與果凍蠟這個組合還是可以看得到顆粒在裡面跑，跟沸騰前不太相同的是，岩漿噴發的現象看不到了，現在看到的都是顆粒的跑動。

下面幾張圖是從沸騰前拍到沸騰後、然後冷卻靜置的過程：



陸、討論

改變化合物密度的最常見做法是改變它們的溫度，對一種化合物加熱會讓它們體積膨脹，在質量不變的情況下從而減小該化合物的密度。當物質因密度變小而上升至頂部時，又因為溫度變低密度又增大而降回來，反反覆覆。

這些道理看起來簡單，雖然我們找到【葵花油與洗車蠟】、【酒精與果凍蠟】兩種可以接受的組合，但實際操作起來，我們發現幾個問題還要繼續討論：

一、實驗物質的溶解度

溶解度是隨著溫度變化的，大部分的物質溫度越高溶的會越多，在常溫的時候，我們雖然很清楚看到溶液的分層現象，但隨著溫度提高，許多組合都出現混濁（如右圖）而不好觀察，這應該都是因為溫度而改變了實驗物質的性質（溶解度或其他）所致。

我們使用的都不是純物質，所以其性質也無法查到，大部分的時間都是在嘗試錯誤，如果能以純化的化合物做實驗，並且能夠充分掌控藥品性質（尤其是溫度反應），效果才會提高許多。



二、溫度控制

我們發現一些組合溫度必須要在某一範圍內才有效果，例如葵花油和洗車蠟大約是 90~95°C，所以如果弄得漂亮，必須要控溫。

我們嘗試過酒精燈、加熱板還有瓦斯爐三種加熱方式，這些方法只能持續加熱，很難維持在特定的溫度，我們查過一些溫控方法，例如隔水加熱，或者將實驗裝置懸吊起來不要直接加熱，效果都不彰，溫度若要完美控制，可能需要輔助器材，例如實驗室裡的溫控主機加上加熱器這樣的組合，但這對我們來說所費不貲。

這也難怪熔岩燈都採用反射燈泡加熱，如果距離與容器控制得當，加熱效果是持續穩定的，既然溫度控制好，很多狀況都可以避免。



三、容器

這次實驗不知道弄壞多少燒杯或者玻璃容器，從大的水缸到喝烈酒的小玻璃杯都有，而且都是加熱到一半就破掉，說起來也滿危險的，就算是做出美麗的效果，沒有安全穩定的反應也是徒然，所以實驗容器也是要考慮的因素，學校實驗室的燒杯以及坊間的玻璃杯不適合在強烈熱源（例如瓦斯爐）下加熱，損壞率很高，應該是受熱不均勻所致。

另外在「化學熔岩」的嘗試裡，第一組實驗的油和水不會相混合，所以當油和水裝入同一個容器時，它們會分成上下兩層；醋密度比水輕，但比油重，所以醋會介在兩者之間。食用色素的主要成份是水，所以它會沉入油下方。鹽比油重，所以加進鹽後，它會沉到油的下方，並順道帶走一些油；下沉的鹽碰到水會溶解，被鹽帶下的油卻不會，這些被釋出的油向上浮升時，會帶走一些食用色素；油移動時會帶動小蘇打粉和醋相混合，其排放的氣體會讓食用色素和佈滿這瓶混合液。

第二組實驗也是利用油水不互溶的特性，只是不再用醋和小蘇打，而是用「發泡錠」或「入浴劑」，它們的成分就是檸檬酸（酸）與小蘇打（鹼）還有其他添加物的混和，這些物質一旦碰到水解離後就一樣會產生酸鹼中和反應，產生二氧化碳，帶動整個溶液。



第一組實驗（左下圖）的鹽是一個很重要的角色，雖然有加醋，但因為密度的關係不會馬上直接與小蘇打反應，鹽巴的加入帶動了油水的混和，也促成了醋與小蘇打反應。第二組實驗（右下圖）當發泡錠一沉入水中即開始產生二氧化碳，這時大量的二氧化碳把發泡物質抬升到上層的油，而後又因為冒出液面使得氣泡減少又落下至底層，所以兩者都是酸鹼反應，但狀況不一樣，反應速率也不同，從底下照片可以很清楚看到當鹽巴或發泡錠丟入液體時，第二組（發泡錠）的反應明顯劇烈很多，也比較漂亮，但很快就反應完。第一組雖然比較慢，但是也需要持續加鹽巴，真正的熔岩燈是物理反應，只要插上電就會出現效果，不用再理他，我們做的這兩組則是化學反應，必須持續加入反應物質反應才會持續進行。



柒、結論

熔岩燈道理非常簡單，但是要兼顧化合物、熱源和容器等所有因素，而還讓泡塊不停地運動這實際上是相當複雜的。事實上，生產熔岩燈商品的公司對他們的配方保管得非常嚴密，我們很難再現商品中的效果，然而，在實驗的過程中，我們對於密度、溶解度、熱對流、酸鹼中和等觀念有更多的瞭解，這是一個非常有趣而寶貴的學習經驗。

捌、參考資料及其他

熔岩灯，維基百科，自由的百科全書。2001年2月20日，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%86%94%E5%B2%A9%E7%81%AF>

博聞網，熔岩灯工作原理，取自：<http://home.bowenwang.com.cn/lava-lamp.htm>

How to Make Lava Lamps - Oozing Goo，取自：<http://www.oozinggoo.com/howto.html>

週日科學：自製繽紛熔岩燈，取自：<http://www.taipeitimes.com/News/lang/archives/2008/03/16/2003405847>

How to make a lava lamp，取自：http://www.youtube.com/watch?v=qha2dOt1s_8

How to make a lava lamp，取自：<http://www.5min.com/Video/How-to-Make-a-Lava-Lamp-47417291>

【評語】 030119

1. 利用化學變化，使溶液產生噴發行爲及升降等效果，但過程只是在不同液體及物質間做不同之選擇試驗，並無利用物理或化學原理做選擇之基礎，結果也並未優於市售的熔岩燈的噴發效果，本作品雖具實驗及嘗試的過程，但是缺少分析及判斷的過程，相當可惜。
2. 本作品成員團隊合作佳，但創意性較為不足，雖具探索的興趣，但對深入研究問題、發掘未知現象的持續性較缺乏。未來可再加強研究及求新的能力。