

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：玻璃瓶中的神祕流動：轉吧！轉吧！奇幻熔岩燈

關 鍵 詞：酸鹼中和、密度

編號：A3001

作品名稱：玻璃瓶中的神秘流動：轉吧！轉吧！奇幻熔岩燈

摘要

在科普列車影片的啟發下，我們打造屬於自己的熔岩燈，除了發現藉由液體密度變化，製造出分層效果，搭配發泡錠的酸鹼中和反應，在瓶內製造二氧化碳氣體，在玻璃瓶中打造循環的療癒風景。同時，我們也好奇是否有其他因素會影響熔岩燈，讓小小的玻璃瓶也能千變萬化。

研究結果發現：

- 一、無論何種實驗情境，熔岩燈內的氣泡皆由瓶底冒出往上流動，直至碰到液體表面再開始下降。
- 二、不同水溫下，熔岩燈會產生不同反應，瓶內水溫越高，熔岩燈反應越大，反應時間越短。
- 三、不同溶液「酸鹼」下，熔岩燈在酸性液體下的反應強度較為劇烈、反應速度也較快；在中性及鹼性液體情境下則無明顯差異。
- 四、不同油水比例的環境下，熔岩燈會產生不同反應，當油水比例差距懸殊時，反應時間較短；油水比例接近時，反應持續時間較長。
- 五、熔岩燈在分層溶液環境下，密度接近的液體會混和為同一層，無法看出明顯差異。
- 六、熔岩燈放入自製發泡錠，反應後表面較不易產生漂浮物。
- 七、自製發泡錠以一定比例製作，能讓熔岩燈有較穩定且較長的反應時間。

壹、前言

一、研究動機

每年科普列車都會在全台巡迴停靠，喜歡自然活動的我們幾乎每年都參加，有趣的科學闖關活動勾起大家對科學實驗興趣及探索。活動結束後，回家透過網路的查詢，我們發現其他站好玩有趣的實驗活動。

其中，2022年沙崙支線的「化學熔岩燈」實驗吸引我們的注意。運用隨手可得的塑膠瓶、沙拉油、水及常見的營養補給品—發泡錠，讓瓶中產生源源不絕的神秘流動，舒心療癒的畫面令人百看不厭，也因為難得的經驗，讓我們對這種現象產生好奇，決定設計一連串熔岩燈的實驗，打造一場場流動的奇幻饗宴。

基於實驗動機，我們決定探討影響熔岩燈流動的因素，提出以下研究問題：

- (一) 不同溫度對熔岩燈的流動是否造成不同的影響？
- (二) 不同溶液酸鹼對熔岩燈的流動是否造成不同的影響？
- (三) 不同油水比例對熔岩燈的流動是否造成不同的影響？
- (四) 多分層溶液對熔岩燈的流動是否造成不同的影響？
- (五) 自製發泡錠對熔岩燈的流動是否造成不同的影響？

二、研究目的

- (一) 觀察、比較及探討不同溫度對熔岩燈的流動造成的影響。
- (二) 觀察、比較及探討不同溶液酸鹼對熔岩燈的流動造成的影響。
- (三) 觀察、比較及探討不同油水比例對熔岩燈的流動造成的影響。
- (四) 觀察、比較及探討多分層溶液對熔岩燈的流動造成的影響。
- (五) 觀察、比較及探討自製發泡錠對熔岩燈的流動造成的影響。

三、文獻回顧

(一) 熔岩燈

1963年，英國工程師 Edward Craven Walker 靈機一動，利用在燈泡加熱改變液體密度，室溫下液蠟的密度略高於液體，未加熱的液蠟因此靜止於下方，然而液蠟加熱後，密度又略低於透明液體，形成熱對流現象，使液蠟如熔岩般不斷地上下運動，「熔岩燈」因此得名。

熔岩燈運用「密度差異」在瓶內製造流動效果，開啟後人一連串的探究與行動。回顧過去研究及實驗，幾件作品如：《急速泡泡---利用發泡錠測定反應速率》(林怡瑄等，2016)、《液體跟斗雲~熔岩燈之研究》(林家弘等，2009) 雖未使用液蠟作為材料，卻也成功在瓶內製造出流動效果。

爬梳相關作品後，我們發現多數使用發泡錠作為主要材料，有研究關注溫度對反應快慢的影響《急速泡泡---利用發泡錠測定反應速率》(林怡瑄等，2016)，亦有作品發現不同液體的組合。然而，過去實驗多側重於製造瓶內的流動，鮮少對於液體的組成及比例進行探討，帶著這份好奇，實驗樣本內的液體值得我們繼續深究。

(二) 密度

在國小自然課中，我們學過「相同重量的物體在水中會有不一樣的沉浮情形」，實驗後探討後發現就是因為物體本身密度不同所造成的結果。

「密度」是指物質內部緊密的程度，每種物質都有屬於自己的密度。同一種材質，密度越小則越輕，密度越大則越重。

通常我們認定攝氏四度的純水密度為1。如果一個物體的密度大於1則放在水中會沉在水底，反之若小於1則會浮在水面上。

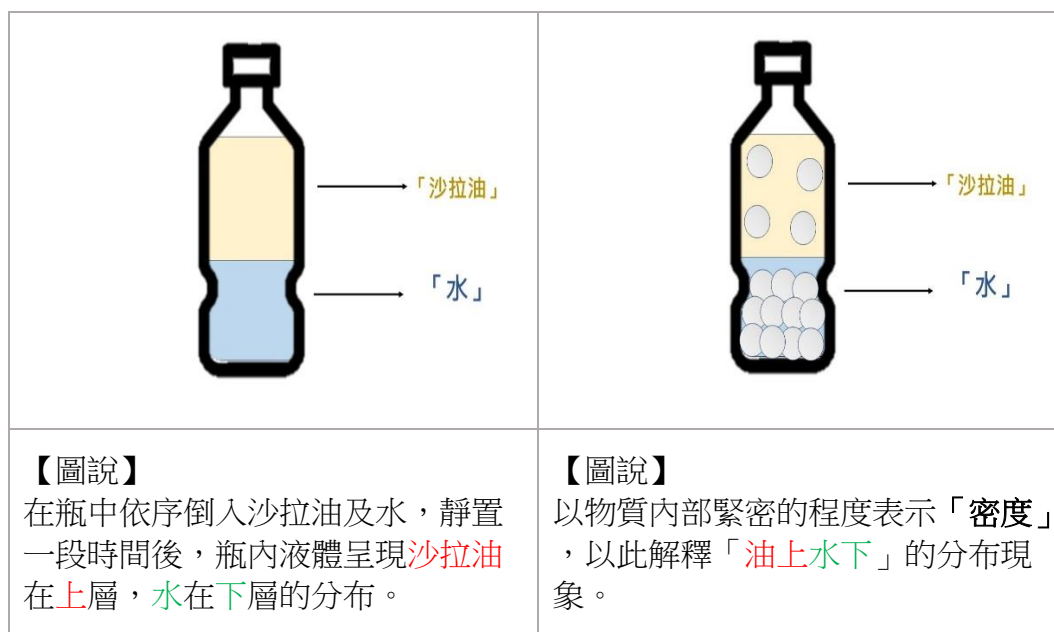
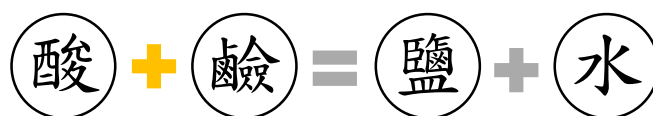


圖1：密度概念應用說明圖 (團隊自行繪製)

(三) 酸鹼中和

法國化學家拉瓦節 (A-L. de Lavoisier) 在1777年提出酸鹼理論(王文竹, 2019)，當酸鹼遇到一起時，就會發生化學反應，叫做「酸鹼中和」。這時酸和鹼會失去原有的酸性和鹼性，產生鹽類及水的變化。



實驗時以水設定為中性，只要溶液裡氫離子比水多就是「酸性」，比水少就是「鹼性」，再來以氫離子的多寡，來判斷酸鹼的強弱。

後來丹麥科學家瑟倫·P·L·索倫森提出以「pH 值」來表示酸鹼程度的方式。科學家將已確認酸鹼的溶液滴加指示劑裡，接著將各溶液和指示劑所產生出的顏色製成一張對照表，當作指示劑變色判斷依據，也更方便我們判斷溶液酸鹼度的參考。

基此，提出以下研究架構圖，盼能藉由實驗回應前述一連串的好奇及提問。

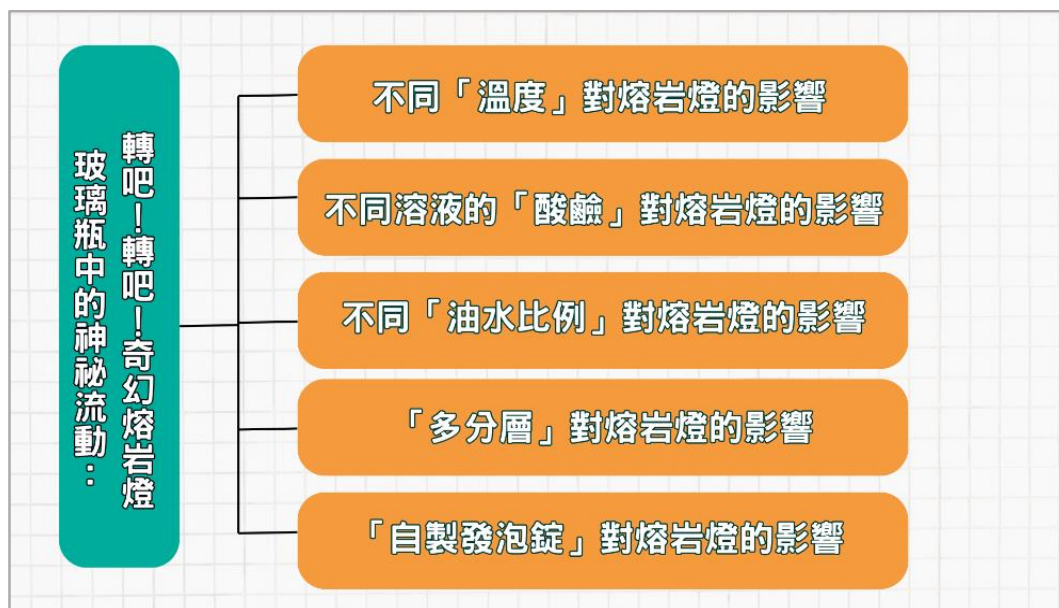


圖2：實驗架構

貳、研究設備及器材

一、器材：

名稱	數量	名稱	數量
500mL 血清瓶	6/個	攪拌棒	6/支
探針式溫度計	1/支	廣用試紙	1/組
PH 酸鹼度計	1/支	不同顏色標籤紙	數張

二、材料及藥品：

名稱	數量	名稱	數量
無水檸檬酸	1/袋	小蘇打粉	2/袋
玉米粉	1/包	砂糖	1/包
食鹽	1/包	醋酸	1/瓶
茶包	5/包	藍色色素	1/瓶
沙拉油	10/瓶	發泡錠	5/罐

參、研究過程與研究方法

一、【實驗一】探討不同水溫對熔岩燈反應的影響

（一）研究構想：

準備不同水溫環境（熱、溫熱、常溫、涼、冷），並依序加入等量的沙拉油及發泡錠，觀察熔岩燈反應變化。

（二）實驗步驟：

- 1.運用冷熱水，調出「熱」、「溫熱」、「常溫」、「涼」、「冷」五種不同溫度的水。
- 2.使用探針式溫度計量測水溫，並將水溫記錄下來。
- 3.滴入一滴藍色色素。
- 4.倒入300mL 沙拉油至血清瓶中。
- 5.將配置好不同溫度的水加至500mL 高度。
- 6.放入一顆發泡錠。
- 7.觀察並記錄熔岩燈反應變化。

二、【實驗二】探討不同溶液酸鹼對熔岩燈的影響

（一）研究構想：

準備生活中常見的材料（茶、醋酸、檸檬汁、食鹽、砂糖及小蘇打粉），將其製成水溶液，並藉由廣用試紙及 PH 酸鹼度計，測試各水溶液的酸鹼程度，在不同酸鹼環境下，分別加入等量的沙拉油及發泡錠，觀察熔岩燈反應變化。

（二）實驗步驟：

- 1.準備等量無糖茶、醋酸、檸檬汁、食鹽、砂糖及小蘇打粉，調製成水溶液
- 2.用廣用試紙及 PH 酸鹼度計檢測各水溶液的酸鹼程度，並將結果記錄於標籤紙上。
- 3.各在瓶內滴入一滴藍色色素。
- 4.倒入300mL 沙拉油至血清瓶中。
- 5.將配置好的水溶液加至500mL 高度。
- 6.放入一顆發泡錠。
- 7.觀察並記錄熔岩燈反應變化。

三、【實驗三】探討不同油水比例對熔岩燈的影響

（一）研究構想：

在瓶內溶液總容量固定情況下，調配出不同沙拉油及水的比例(油水比例)，觀察熔岩燈反應變化。

(二) 實驗步驟：

1. 固定溶液總量500mL，分別以1：9、3：7、1：1、7：3及9：1的油水比例，將沙拉油及水倒入血清瓶中，設計出「油比水多多」、「油比水多」、「油水相等」、「水比油多」、「水比油多多」等五種實驗環境。
2. 滴入一滴藍色色素。
3. 分別放入1顆發泡錠。
4. 觀察並記錄熔岩燈反應變化。

四、【實驗四】探討**多分層**溶液對熔岩燈的影響

(一) 研究構想：

藉由液體密度不同的特性，利用水、飽和鹽水、油及酒精等不同液體組成熔岩燈，並加入發泡錠，觀察三層、四層……等「多分層」溶液對熔岩燈的影響。

(二) 實驗步驟：

1. 準備100mL 的水。
2. 加入食鹽並持續攪拌溶解，直到食鹽不再溶解，加入一滴藍色顏料(飽和鹽水)。
3. 準備100mL 的酒精，加入一滴綠色顏料。
4. 製作多分層水溶液
 - 4-1 【三分層】溶液：在血清瓶內依序加入飽和鹽水100mL、水200mL 及油200mL。
 - 4-2 【四分層】溶液：在血清瓶內依序加入飽和鹽水100mL、水100mL、酒精100mL 及油200mL。
5. 靜置一段時間後，觀察瓶內的分層現象。
6. 加入一顆發泡錠，觀察熔岩燈的變化。

五、【實驗五】探討**自製發泡錠**對熔岩燈的影響

(一) 研究構想：

參考市售發泡錠製作過程，利用小蘇打粉、無水檸檬酸等材料，調製「正常」、「偏酸」、「偏鹼」三種自製發泡錠，分別加入熔岩燈中，觀察熔岩燈反應變化。

(二) 實驗步驟：

1. 使用篩子將無水檸檬酸、小蘇打粉、玉米粉過篩。
2. 分別取不同比例無水檸檬酸、小蘇打粉、玉米粉加入
 - 2-1 【正常】：無水檸檬酸1份、小蘇打粉2份 (調配比1：2)
 - 2-2 【偏酸】：無水檸檬酸2份、小蘇打粉1份 (調配比2：1)
 - 2-3 【偏鹼】：無水檸檬酸1份、小蘇打粉4份 (調配比1：4)

- 3.加入少許玉米粉及沙拉油攪拌均勻後，塞入造型模具。
- 4.靜置陰乾後，即可完成自製發泡錠。
- 5.接著準備200mL 水，並加入一滴藍色色素。
- 6.倒入300mL 沙拉油至血清瓶中。
- 7.將水加至血清瓶。
- 8.分別放入1顆發泡錠。
- 9.觀察並記錄熔岩燈反應變化。

肆、研究結果

一、【實驗一】不同水溫對熔岩燈反應的影響

（一）研究構想：

準備不同水溫環境（熱、溫熱、常溫、涼、冷），並依序加入等量的沙拉油及發泡錠，觀察熔岩燈反應變化。

（二）實驗結果：

1. 五種不同水溫環境中，熔岩燈在「熱」水環境下的反應速度最快。
2. 五種不同水溫環境中，熔岩燈在「熱」水環境下的反應強度最劇烈。
3. 五種不同水溫環境中，熔岩燈在「冷」水環境下的反應速度最慢。
4. 五種不同水溫環境中，熔岩燈在「冷」水環境下的反應強度最和緩。
5. 熔岩燈內的循環表現會因水溫環境的差異而呈現不同的樣貌。
6. 當發泡錠加入瓶內下沉後，熔岩燈皆會開始反應，並由下往上產生循環，直到發泡錠溶解消失。

水溫環境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水 溫	76.7°C	58.9°C	39.1°C	19.4°C	1°C
發泡反應 時間	53.96秒 (≒54秒)	2分57秒 (177秒)	3分53秒 (233秒)	2分05秒 (125秒)	4分15秒 (255秒)

表1：第一次實驗熔岩燈反應時間原始數據

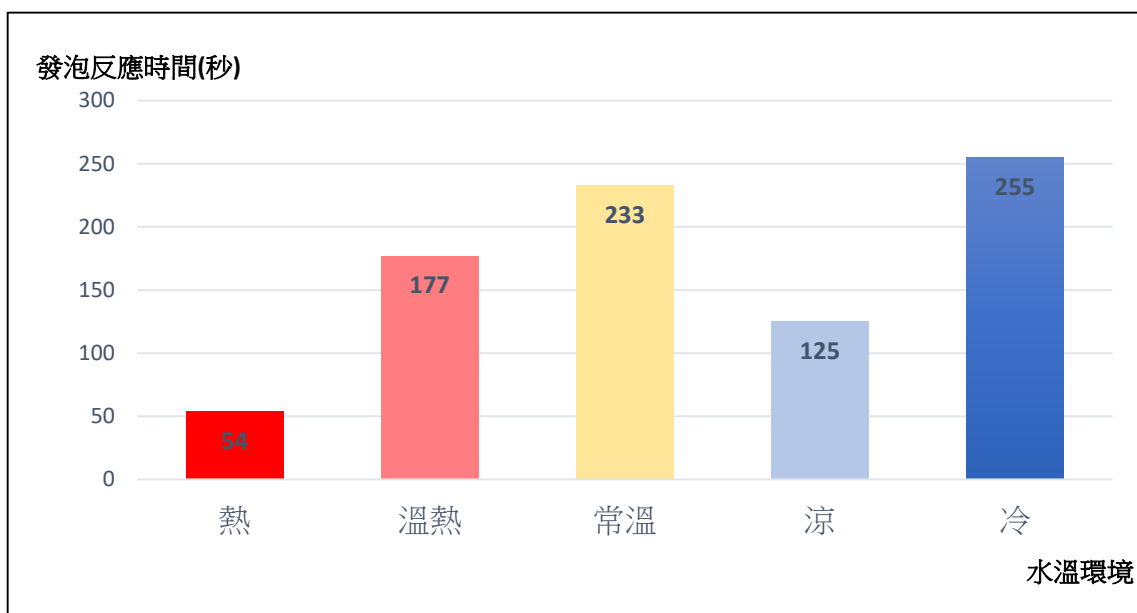


圖3：第一次實驗熔岩燈反應時間長條圖

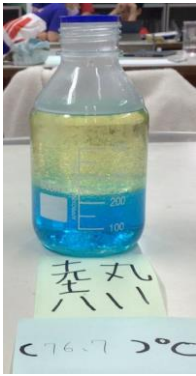
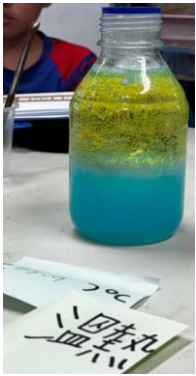
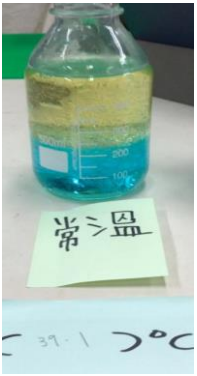
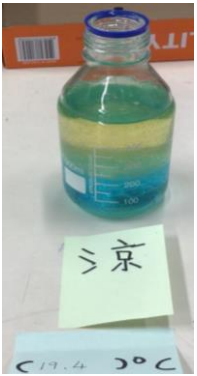
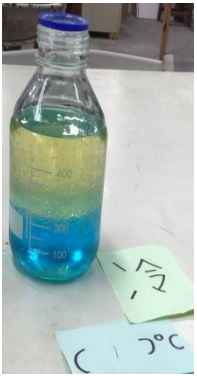
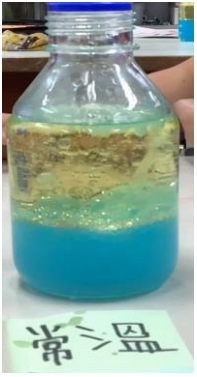
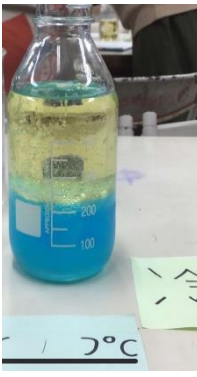
水溫情境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水溫	76.7°C	58.9°C	39.1°C	19.4°C	1°C
實驗前					
實驗後					



表2：第一次不同「水溫」熔岩燈瓶內反應對照圖

水溫環境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水 溫	80°C	59°C	32°C	20°C	0.7°C
發泡反應時間	57秒	1分57秒 (117秒)	2分22秒 (142秒)	2分16秒 (136秒)	5分30秒 (330秒)

表3：第二次實驗熔岩燈反應時間原始數據

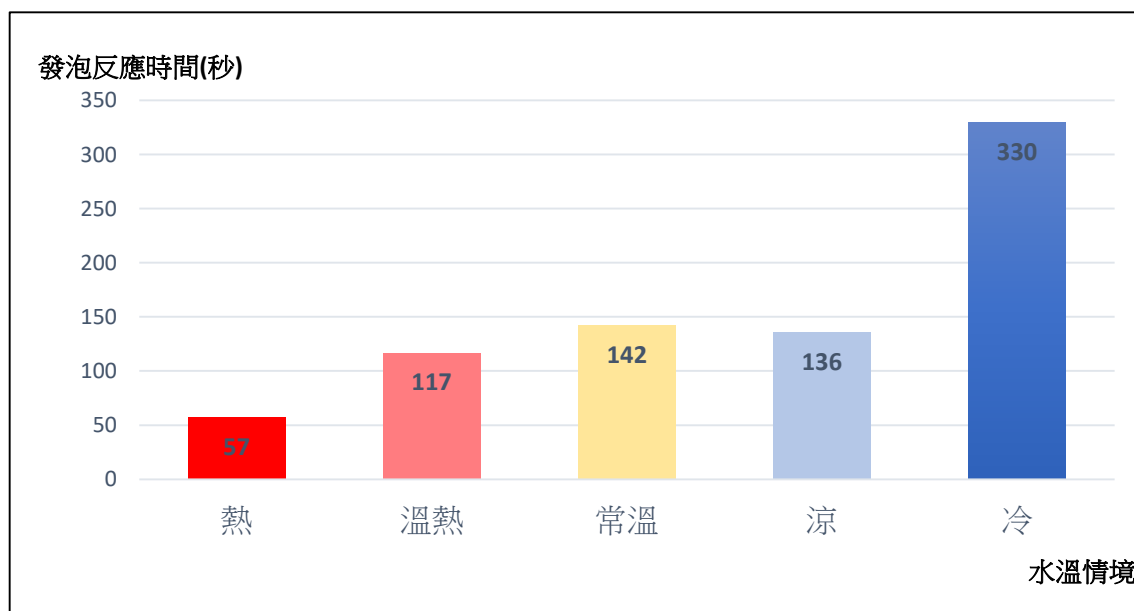


圖4：第二次實驗熔岩燈反應時間長條圖

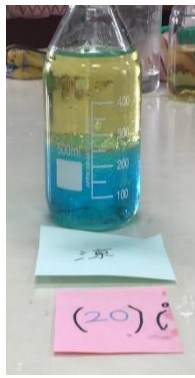
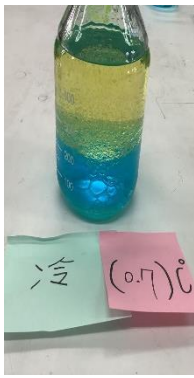
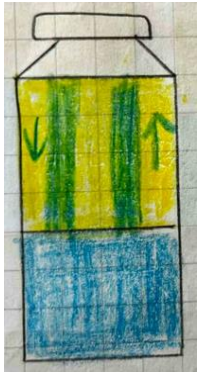
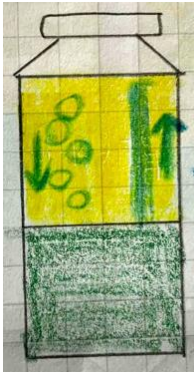
水溫環境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水溫	76.7℃	58.9℃	39.1℃	19.4℃	1℃
實驗前					
實驗後					
瓶內流動方向					
觀察與發現	它的反應時間很快，剛開始氣泡很快地一直往上衝，但下降也很快。	上面多了一層綠色的膜。	一開始是一條條的，最後變成泡泡。	泡泡很大，像龍捲風，	起泡超慢，泡泡超大。

表4：第二次不同「水溫」熔岩燈瓶內反應對照圖

水溫環境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水 溫	78°C	60°C	34°C	20.6°C	0.9°C
發泡反應時間	34秒	50秒	56秒	1分40秒 (100秒)	1分5秒 (65秒)

表5：第三次實驗熔岩燈反應時間原始數據

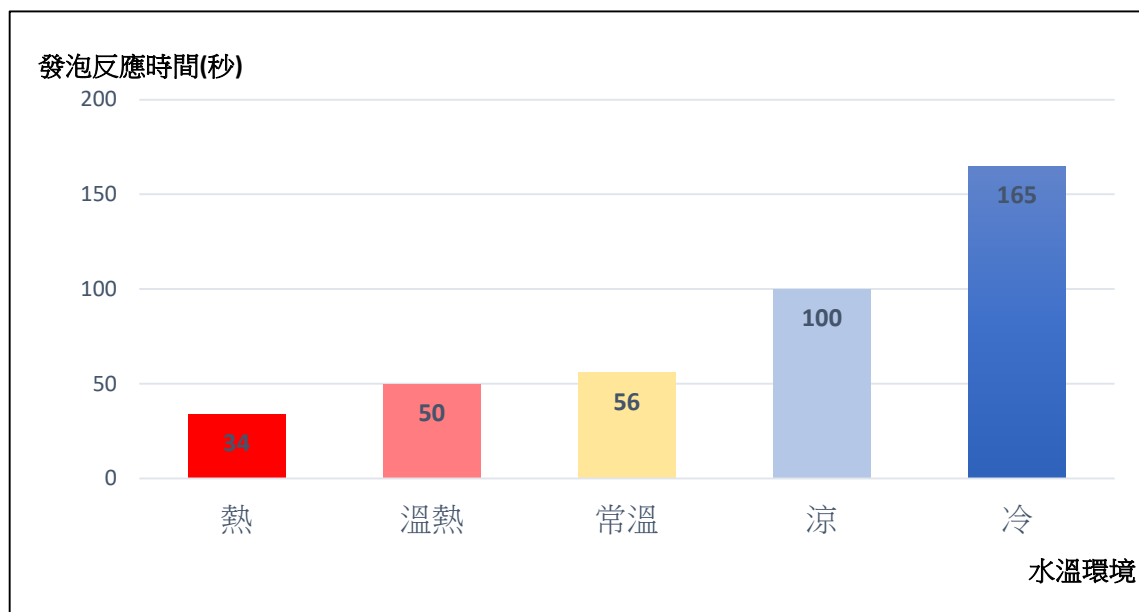
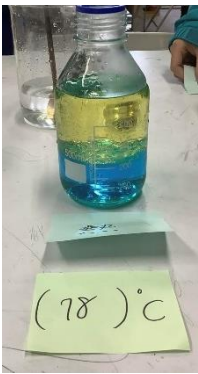
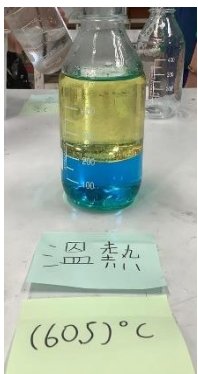
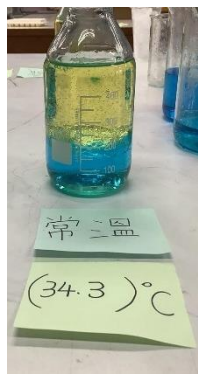


圖5：第三次實驗熔岩燈反應時間長條圖

水 溫 情 境	熱	溫熱	常溫	涼	冷
水 溫	78°C	60°C	34°C	20.6°C	0.9°C
實驗前					

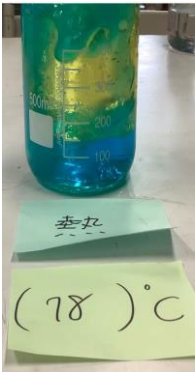
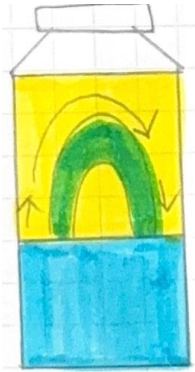
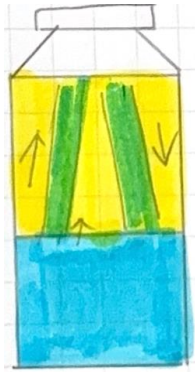
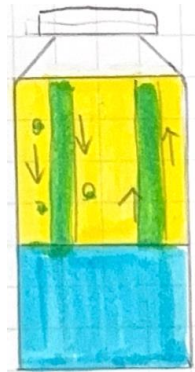
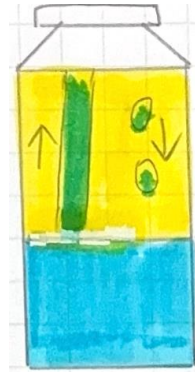
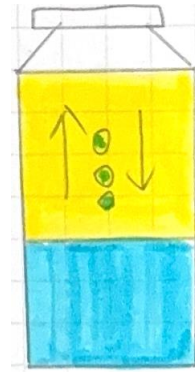
實驗後					
瓶內流動方向					

表6：第三次不同「水溫」熔岩燈瓶內反應對照圖

二、【實驗二】不同溶液酸鹼對熔岩燈的影響

（一）研究構想：

準備生活中常見的材料：茶、醋酸、檸檬汁、食鹽、砂糖及小蘇打粉，將其製成水溶液，並藉由廣用試紙及 pH 檢測計，測試各水溶液的酸鹼程度，在不同酸鹼環境下，分別加入等量的沙拉油及發泡錠，觀察熔岩燈反應變化。

（二）實驗結果：

1. 熔岩燈會因不同溶液酸鹼而產生不同的反應變化。
2. 熔岩燈在酸性溶液下的熔岩燈反應強度較為劇烈、反應速度較快。
3. 熔岩燈在鹼性溶液及中性溶液下的反應強度及反應速度也有變化，但彼此間的差異並不明顯。
4. 當發泡錠加入瓶內下沉後，熔岩燈皆會開始反應，並由下往上產生循環，直到發泡錠溶解消失。

水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	鹼性	鹼性
反應時間	2分29秒 (149秒)	2分35秒 (155秒)	2分40秒 (160秒)	4分14秒 (254秒)	3分56秒 (236秒)	4分18秒 (258秒)	3分58秒 (238秒)

表7：第一次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間原始數據

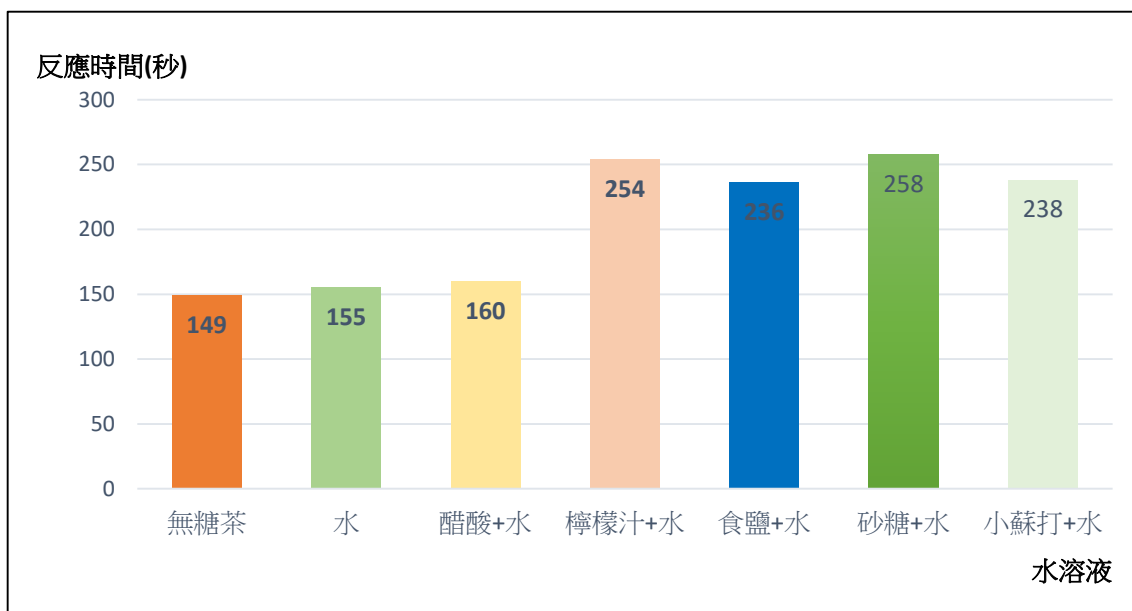


圖6：第一次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間長條圖

水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
水溶液原貌	 無糖茶	 水	 醋酸+水	 檸檬汁+水	 鹽水	 砂糖+水	 小蘇打+水
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	鹼性	鹼性
酸鹼度	5.42	7.8	2.45	2.09	6.77	7.5	7.26

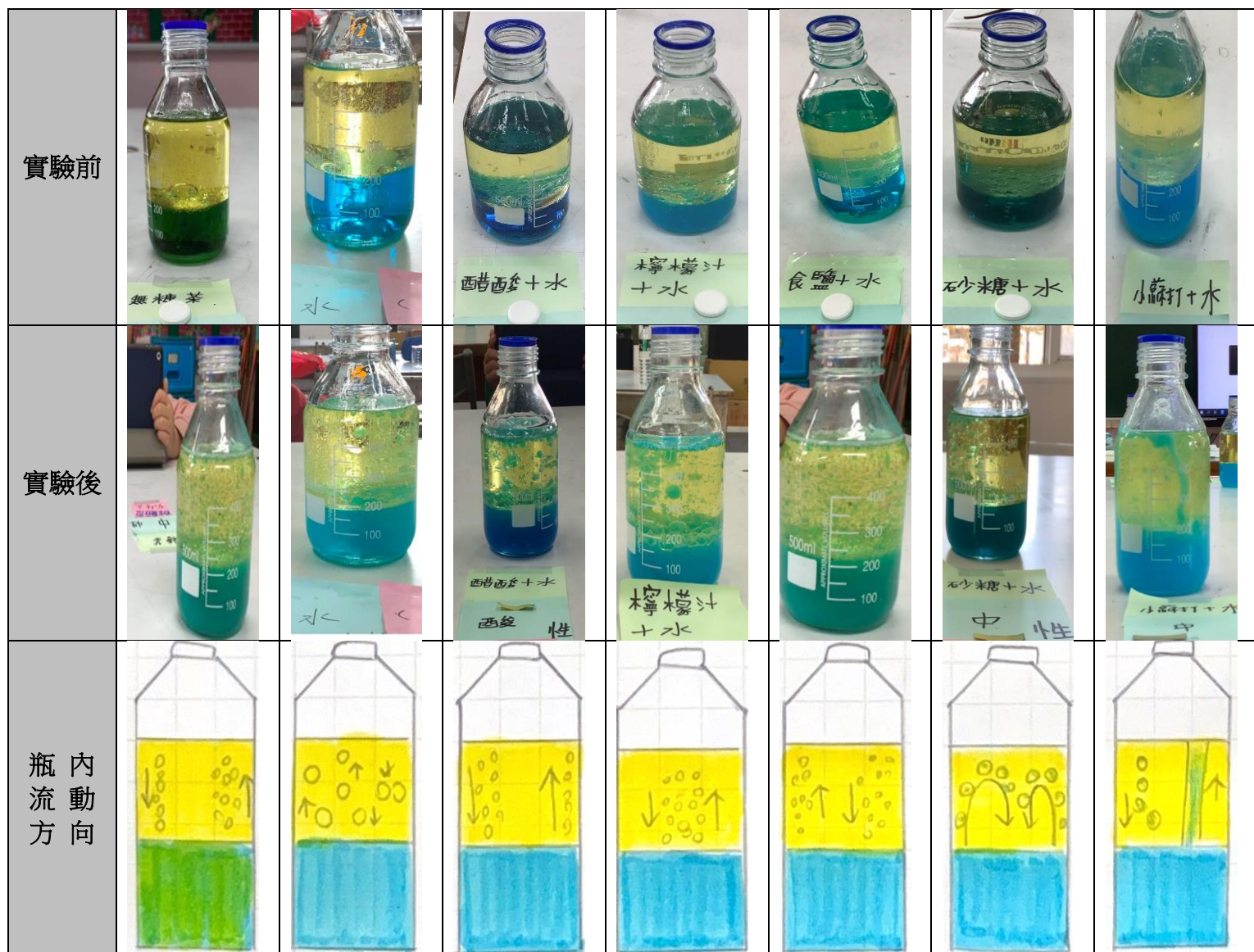


表8：第一次實驗不同溶液「酸鹼」熔岩燈瓶內反應對照圖

水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	鹼性	鹼性
反應時間	1分26秒 (86秒)	1分52秒 (112秒)	2分0秒 (120秒)	2分30秒 (150秒)	8分24秒 (504秒)	4分32秒 (272秒)	1分27秒 (87秒)

表9：第二次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間原始數據

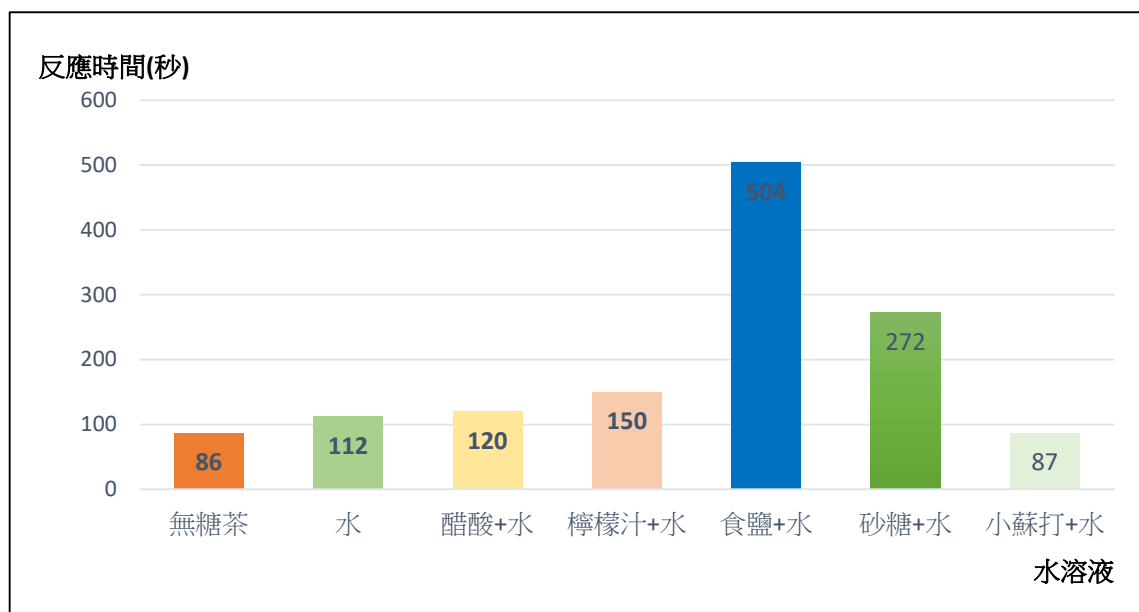


圖7：第二次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間長條圖

水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
水溶液原貌							
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	鹼性	鹼性
酸鹼度	6.14	7.58	2.99	2.18	6.08	7.1	7.02
實驗前							

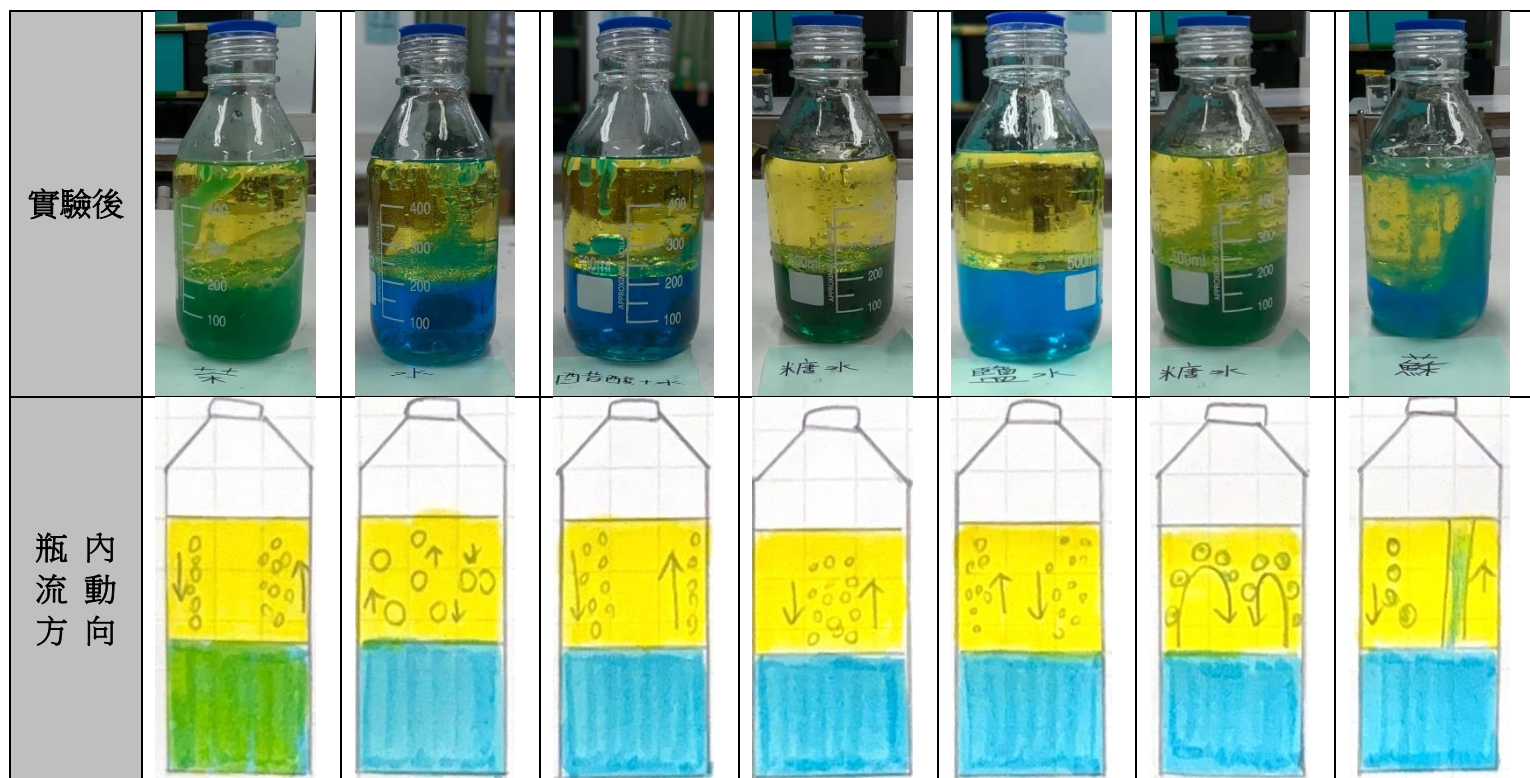


表10：第二次實驗不同溶液「酸鹼」熔岩燈瓶內反應對照圖

水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	中性	鹼性
反應時間	1分51秒 (111秒)	2分03秒 (123秒)	1分38秒 (98秒)	2分28秒 (148秒)	2分07秒 (127秒)	2分27秒 (147秒)	1分33秒 (93秒)

表11：第三次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間原始數據

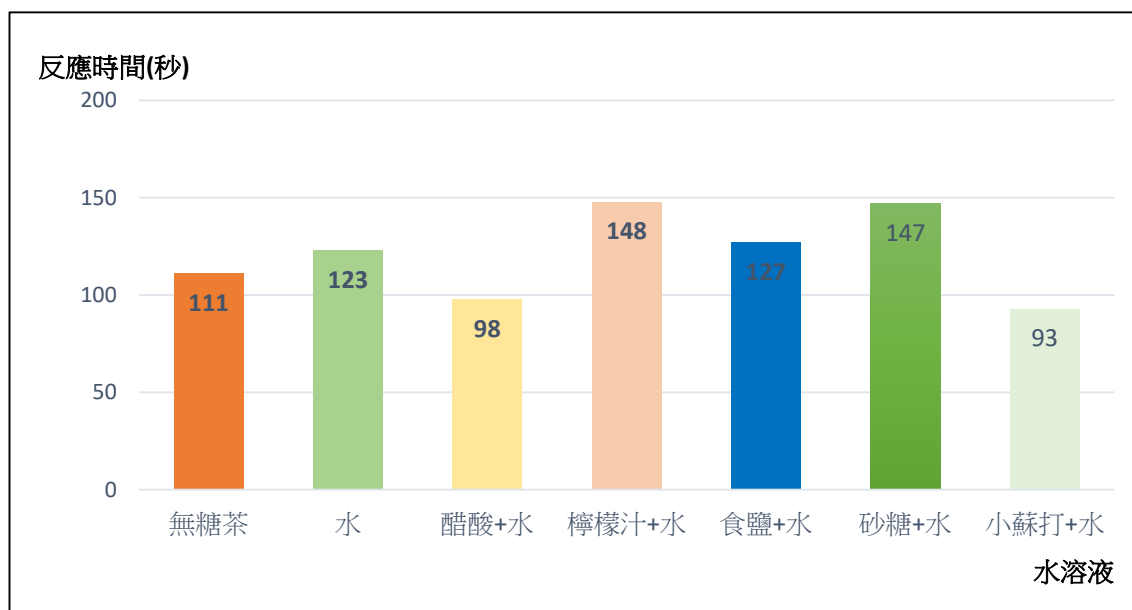


圖8：第三次實驗不同溶液「酸鹼」反應時間長條圖

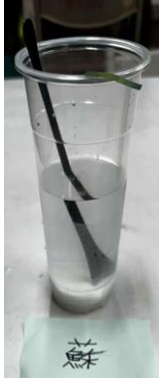
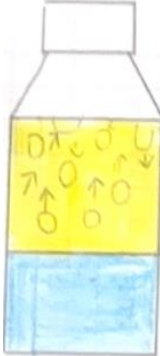
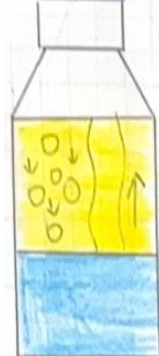
水溶液	無糖茶	水	醋酸+水	檸檬汁+水	食鹽+水	砂糖+水	小蘇打+水
水溶液原貌							
酸鹼性	酸性	鹼性	酸性	酸性	中性	中性	鹼性
酸鹼度	4.97	7.9	2.27	2.9	5.6	6.23	7.42
實驗前							
實驗後							
瓶內流動方向							

表12：第三次實驗不同溶液「酸鹼」熔岩燈瓶內反應對照圖

三、【實驗三】不同**油水比例**對熔岩燈的影響

(一) 研究構想：

在瓶內溶液總容量固定情況下，調配出不同沙拉油及水的比例(油水比例)，觀察熔岩燈反應變化。

(二) 實驗結果：

1. 在五種不同「油水比例」情況中，熔岩燈在**油水相等**環境下的反應時間最長。
2. 當「**油水比例**」**差異越懸殊**，熔岩燈反應時間越短。
3. 在「**水比油多多**」情境下，熔岩燈的氣泡循環僅在水與油交界發生，相當不明顯。
4. 在「**油水相等**」情境下，熔岩燈會出現柱狀噴射的反應。
5. 熔岩燈內的循環反應變化會**因「油水比例」條件差異而呈現不同的樣貌**。

油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
反應時間	2分05秒 (125秒)	3分06秒 (186秒)	4分05秒 (245秒)	3分42秒 (222秒)	2分18秒 (138秒)

表13：第一次不同「油水比例」實驗熔岩燈反應時間原始數據

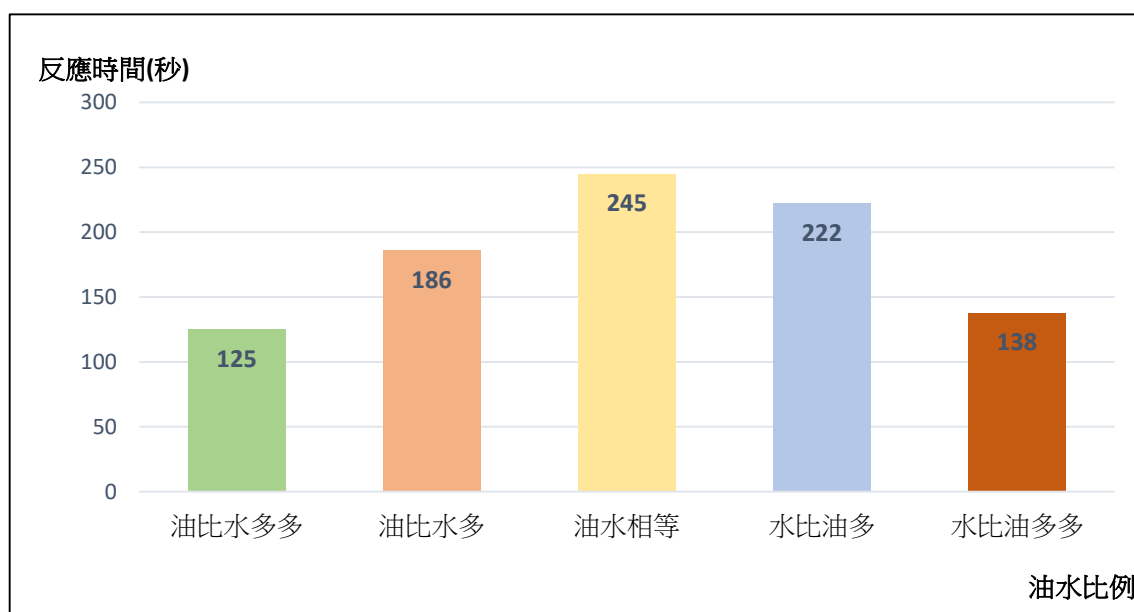


圖9：第一次不同「油水比例」熔岩燈反應時間長條圖

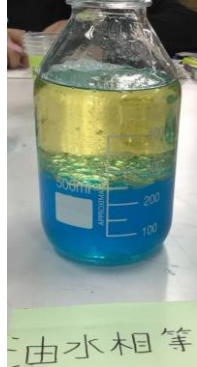
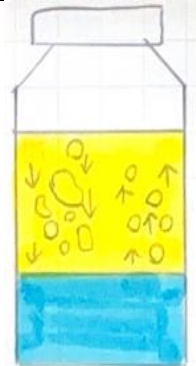
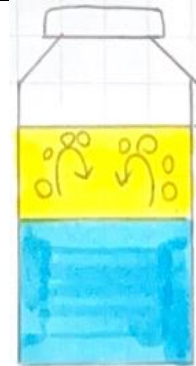
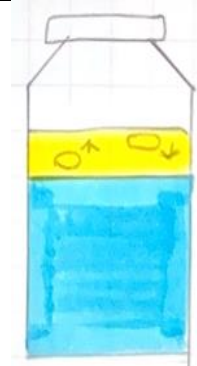
油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
實驗前					
實驗後					
瓶內流動方向					

表14：第一次不同「油水比例」熔岩燈瓶內反應對照圖

油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
反應時間	3分24秒 (204秒)	2分20秒 (140秒)	2分22秒 (144秒)	2分38秒 (158秒)	1分52秒 (112秒)

表15：第二次不同「油水比例」實驗熔岩燈反應時間原始數據

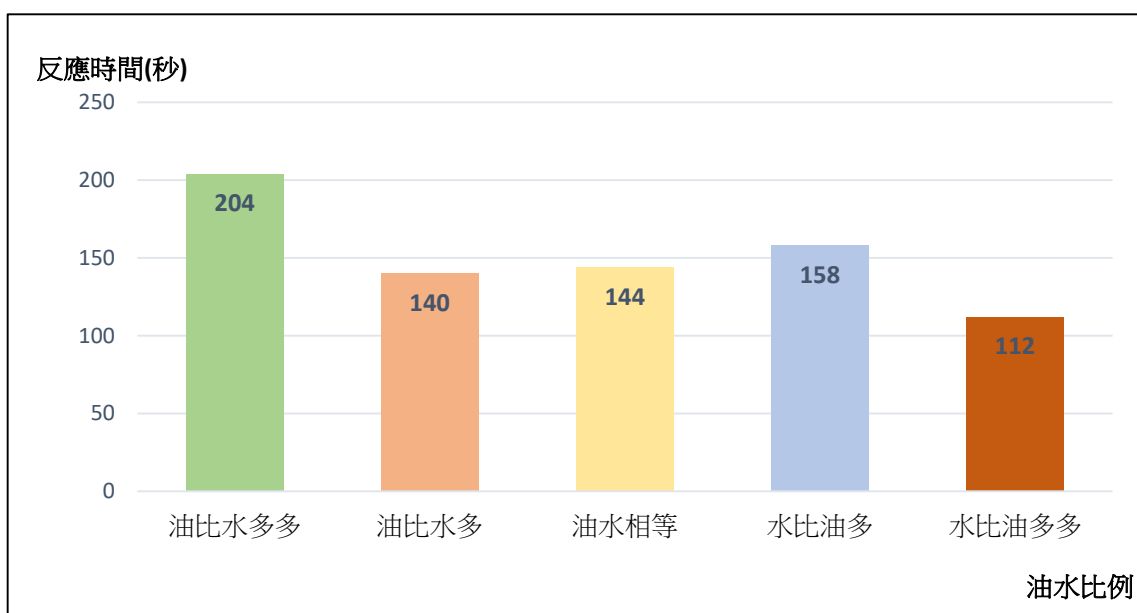


圖10：第二次不同「油水比例」熔岩燈反應時間長條圖

油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
實驗前					
實驗後					

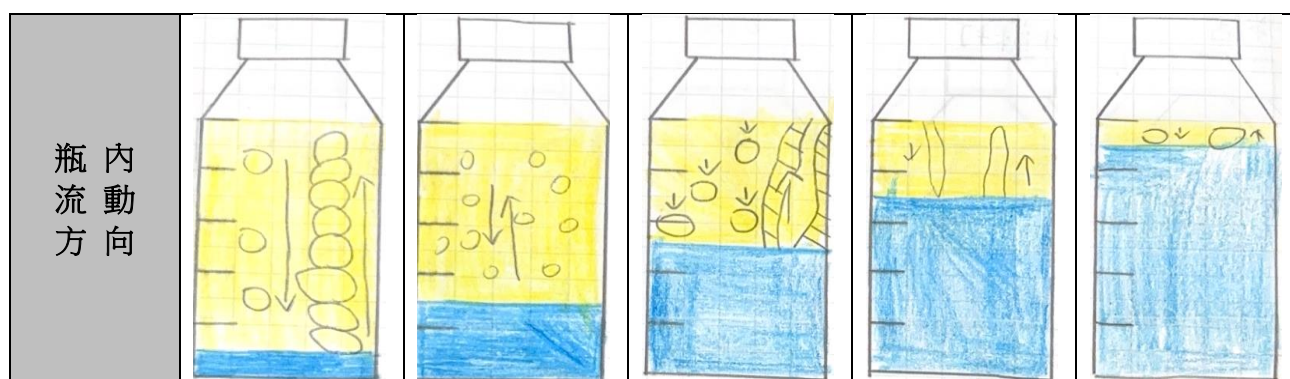


表16：第二次不同「油水比例」熔岩燈瓶內反應對照圖

油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
反應時間	3分06秒 (186秒)	2分28秒 (148秒)	4分07秒 (247秒)	2分08秒 (128秒)	2分04秒 (124秒)

表17：第三次不同「油水比例」實驗熔岩燈反應時間原始數據

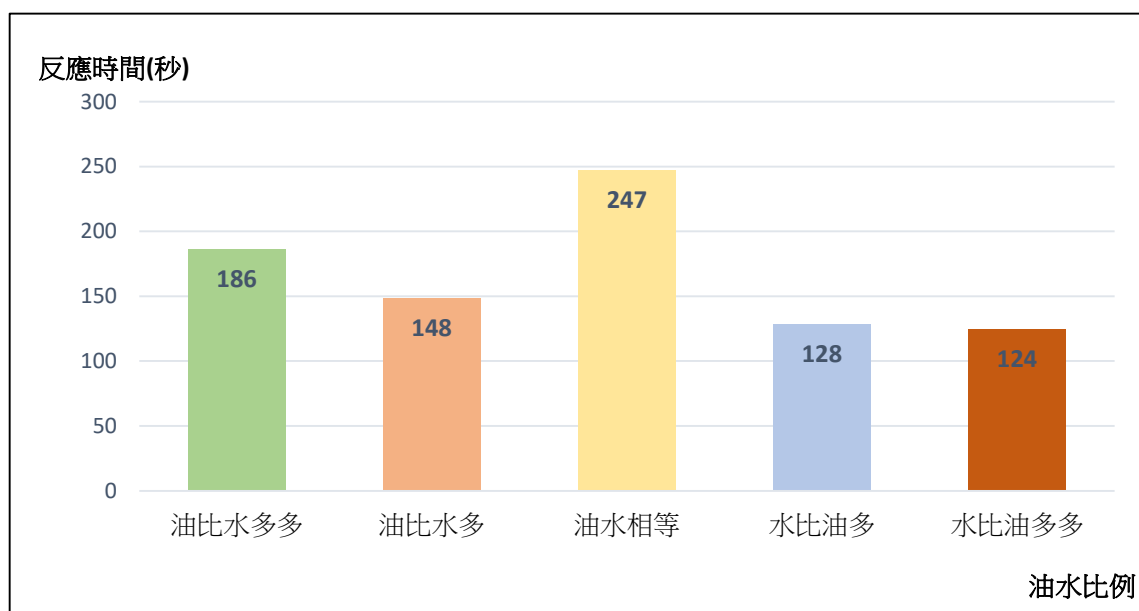


圖11：第三次不同「油水比例」熔岩燈反應時間長條圖

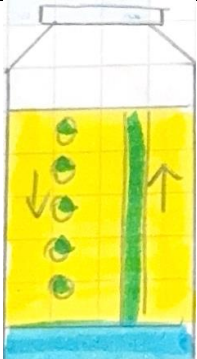
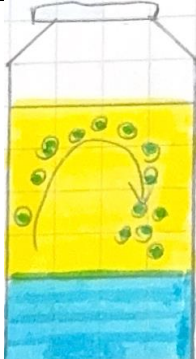
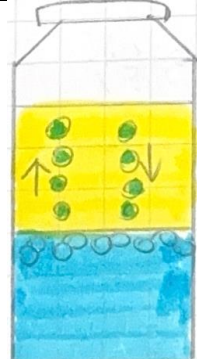
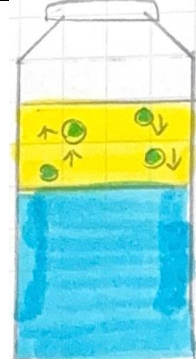
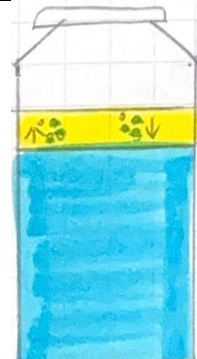
油水比例	油比水多多	油比水多	油水相等	水比油多	水比油多多
油量(mL)	450	350	250	150	50
水量(mL)	50	150	250	350	450
實驗前					
實驗後					
瓶內流動方向					

表18：第三次不同「油水比例」熔岩燈瓶內反應對照圖

四、【實驗四】多分層溶液對熔岩燈的影響

(一) 研究構想：

藉由不同溶液的密度不同的特性，利用水、飽和鹽水、油及酒精等不同液體設計分層熔岩燈，並加入發泡錠，觀察三層、四層……等「多分層」溶液對熔岩燈的影響。

(二) 實驗結果：

1. 雖然利用溶液的密度不同的特性設計三層熔岩燈和四層熔岩燈，但最後都會變成一層，**分層效果不明顯**。
2. **四層熔岩燈**的發泡速度相當**緩慢**。
3. 當發泡錠加入瓶內下沉後，熔岩燈皆會開始反應，並由下往上產生循環，直到發泡錠溶解消失。

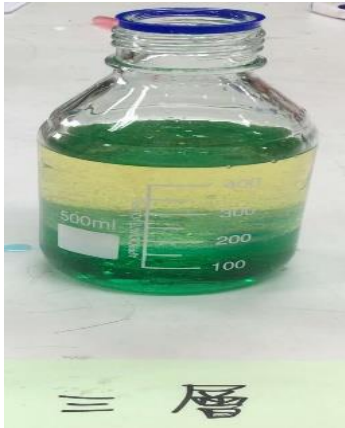
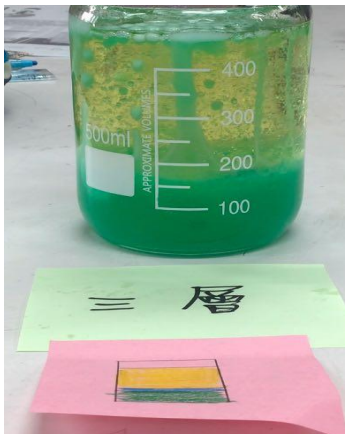
	三層熔岩燈	四層熔岩燈
分層溶液組成	飽和鹽水 水 沙拉油	飽和鹽水 水 沙拉油 酒精
實驗前		
實驗後		
反應時間	5分40秒 (340秒)	大於10分鐘 (大於600秒)
觀察與發現	1. 不管是三層熔岩燈，還是四層，最後都會變成一層。 2. 四層熔岩燈的發泡速度相當緩慢。	

表19：「多分層」溶液熔岩燈實驗對照圖

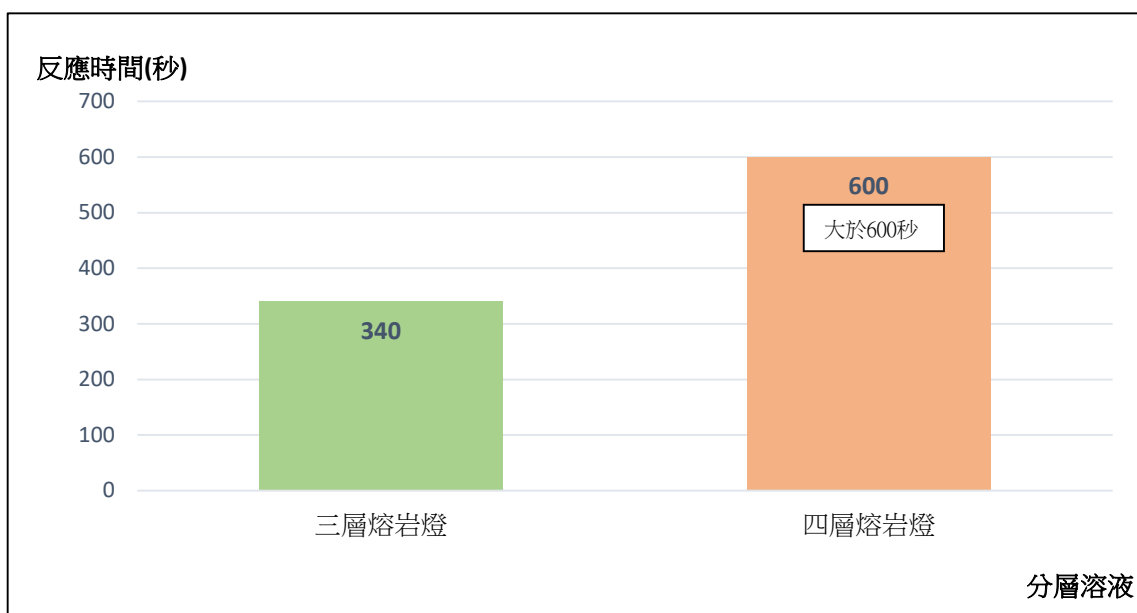


圖12：「多分層」熔岩燈反應時間長條圖

五、【實驗五】自製發泡錠對熔岩燈的影響

(一) 研究構想：

參考市售發泡錠製作過程，利用小蘇打粉、無水檸檬酸等組成發泡錠材料，配置「正常」、「偏酸」、「偏鹼」三種自製發泡錠，分別加入熔岩燈中，觀察熔岩燈反應變化。



圖13：「自製發泡錠」實驗現場製作過程

(二) 實驗結果：

1. 在三種不同的自製發泡錠中，**正常比例**發泡錠的熔岩燈反應時間最長。
2. 當發泡錠組成**鹼性或酸性材料過高**時，**會縮短熔岩燈反應時間**。
3. 相較市售發泡錠，自製發泡錠的反應時間較長，且較不會再液體表面產生漂浮物

發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
反應時間	3分53秒 (233秒)	大於10分鐘 (大於600秒)	4分57秒 (297秒)

表20：第一次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間原始數據

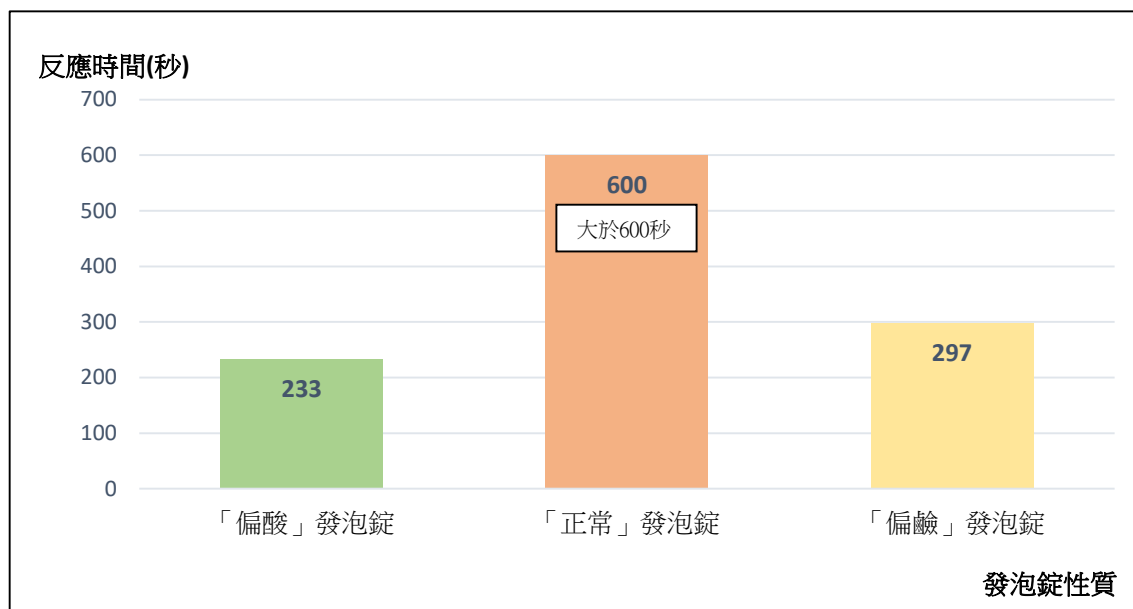


圖14：第一次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間長條圖

發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
實驗前			

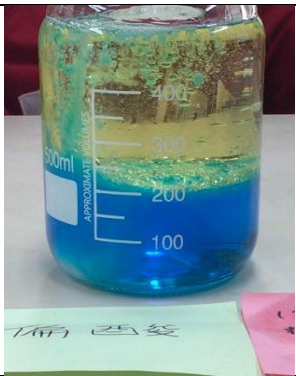
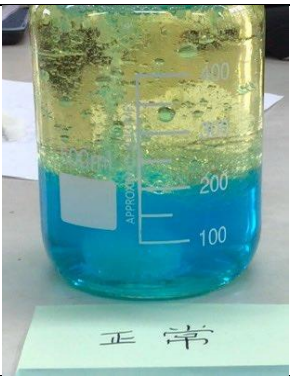
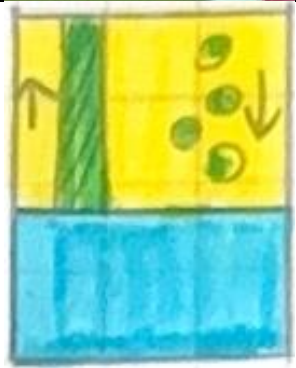
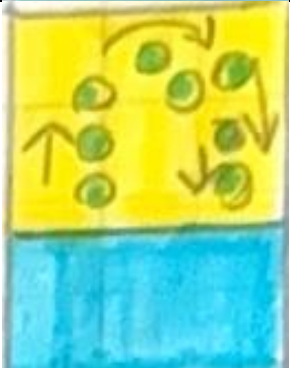
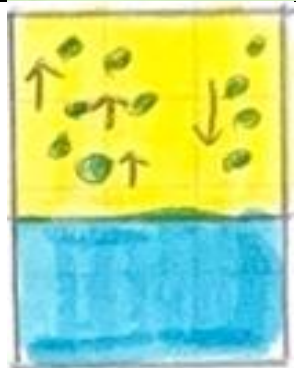
實驗後			
瓶內流動方向			
反應時間	3分53秒 (233秒)	大於10分鐘 (大於600秒)	4分57秒 (297秒)

表21：第一次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈瓶內反應對照圖

發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
反應時間	5分03秒 (303秒)	8分47秒 (527秒)	5分02秒 (302秒)

表22：第二次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間原始數據表

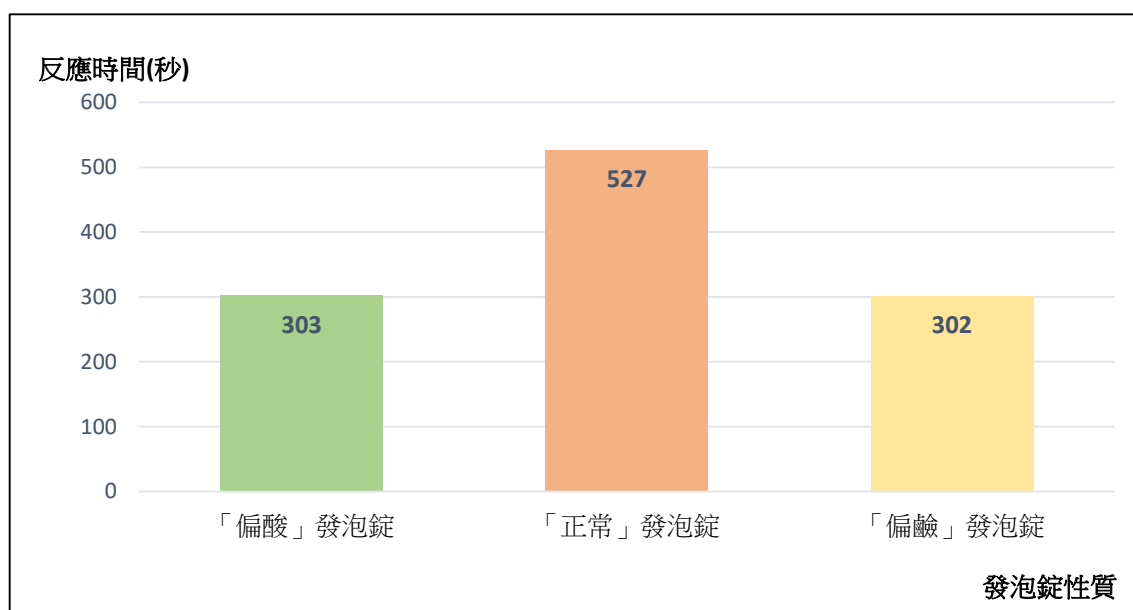


圖15：第二次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間長條圖

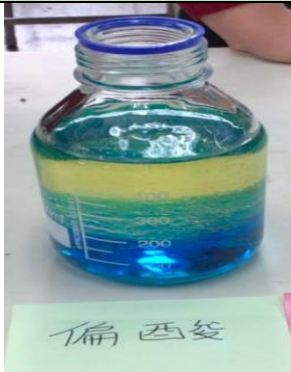
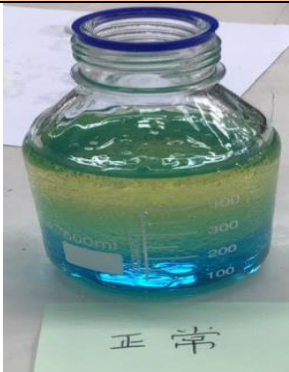
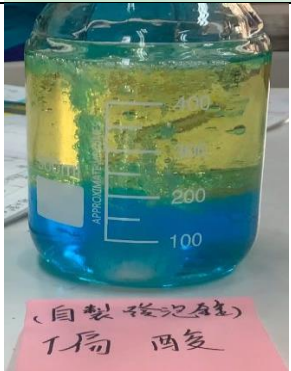
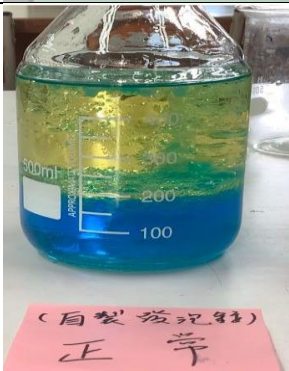
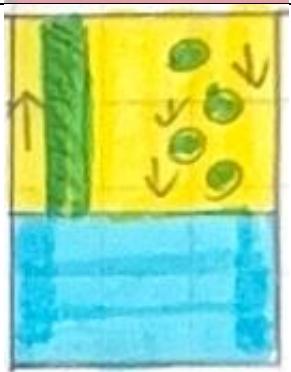
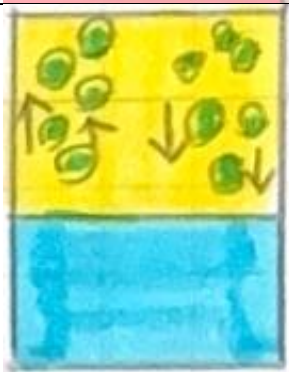
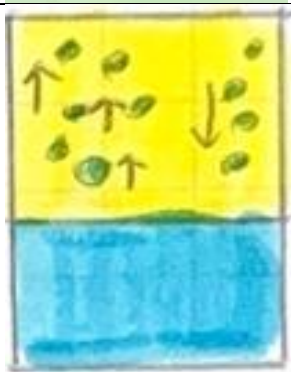
發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
實驗前			
實驗後			
瓶內流動方向			
反應時間	5分03秒 (303秒)	8分47秒 (527秒)	5分02秒 (302秒)

表23：第二次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈瓶內反應對照圖

發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
反應時間	2分55秒 (175秒)	4分45秒 (285秒)	2分37秒 (157秒)

表24：第三次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間原始數據

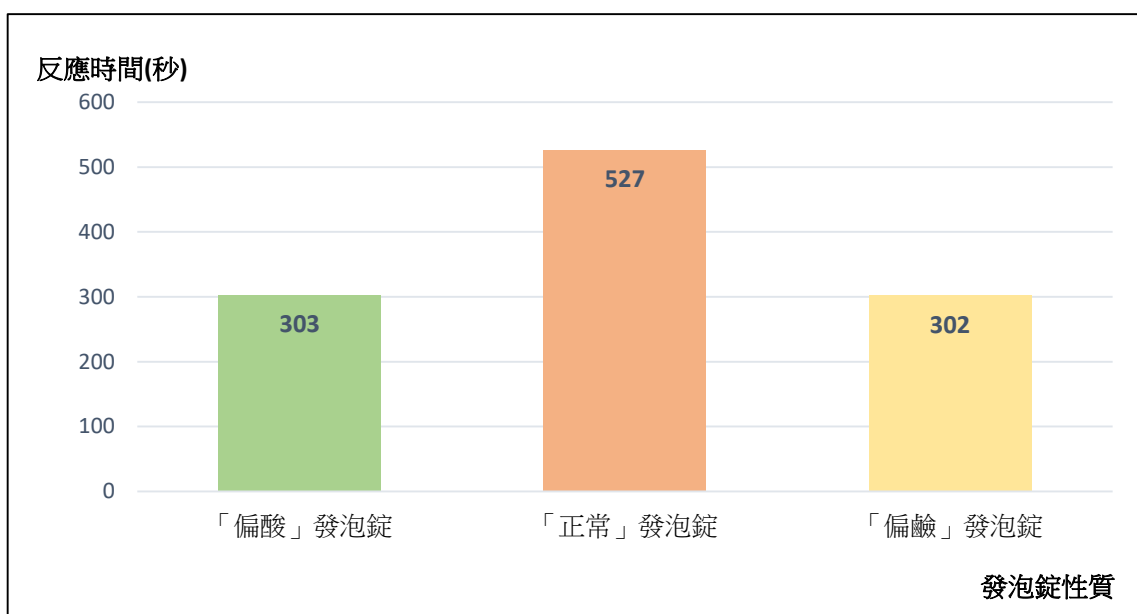


圖16：第三次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈反應時間長條圖

發泡錠性質	「偏酸」發泡錠	「正常」發泡錠	「偏鹼」發泡錠
實驗前			
實驗後			

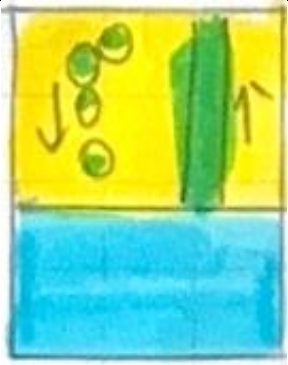
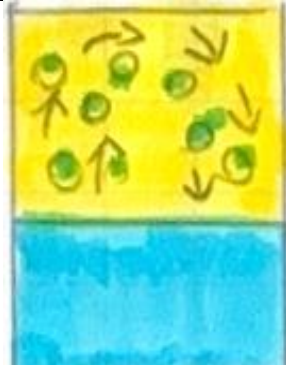
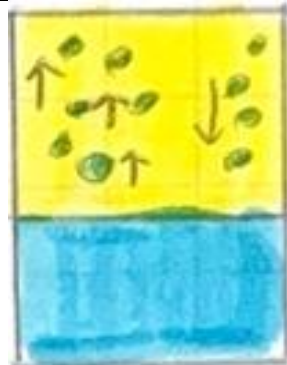
瓶內流動方向			
反應時間	2分55秒 (175秒)	4分45秒 (285秒)	2分37秒 (157秒)

表25：第三次不同「自製發泡錠」實驗熔岩燈瓶內反應對照圖

伍、研究結果與討論

一、【實驗一】不同水溫，對熔岩燈反應的影響

- (一) 不同水溫下，熔岩燈反應速度不同。水溫越高，反應速度越快；水溫越低，反應速度越慢。
- (二) 不同水溫下，熔岩燈反應強度不同。水溫越高，反應強度越高；水溫越低，反應強度越緩和。
- (三) 熔岩燈內的循環表現會因水溫差異而呈現不同的樣貌：高溫環境下，瓶內會產生像水龍捲的柱狀噴射；低溫環境下，瓶內則出現較小的氣泡循環。
- (四) 當發泡錠加入瓶內下沉後，熔岩燈皆會開始反應，並由下往上產生循環，直到發泡錠溶解消失。

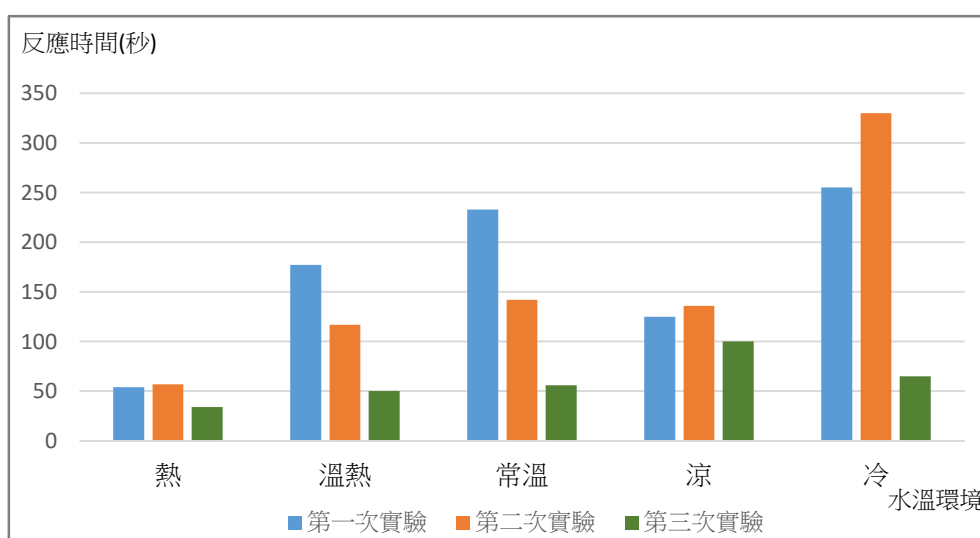


圖17：不同水溫對熔岩燈反應時間長條圖

二、【實驗二】不同溶液酸鹼對熔岩燈的影響

- (一) 熔岩燈會因不同溶液「酸鹼」而產生不同的反應變化。
- (二) 熔岩燈在酸性溶液下反應強度較為劇烈，反應速度也較快。
- (三) 熔岩燈在鹼性溶液及中性溶液下的反應強度及反應速度也會有變化，但彼此間的差異並不明顯。

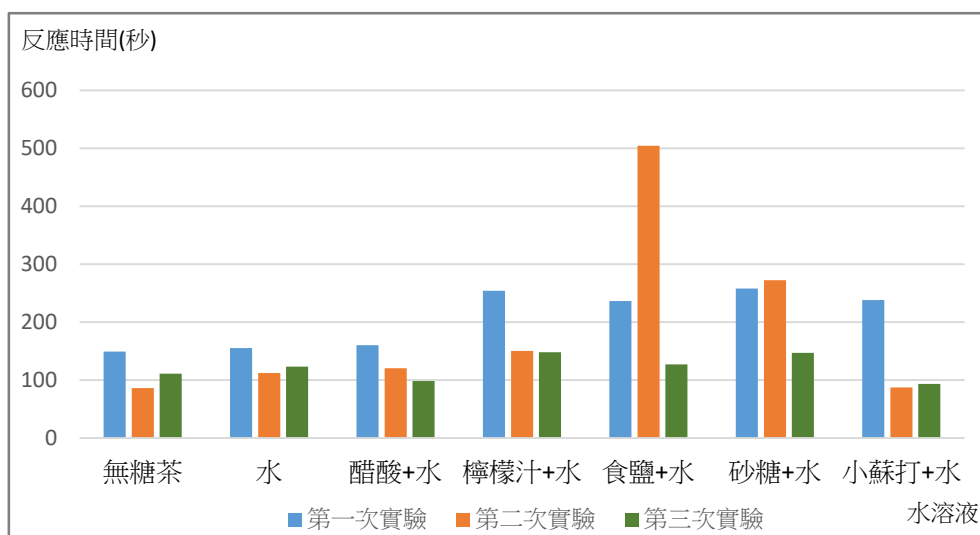


圖18：不同溶液酸鹼對熔岩燈反應時間長條圖

三、【實驗三】不同油水比例對熔岩燈的影響

- (一) 不同「油水比例」情況中，熔岩燈在「油水相等」環境下的反應時間最長。
- (二) 當「油水比例」差異越懸殊，熔岩燈反應時間越短。
- (三) 在「水比油多多」情境下，熔岩燈的氣泡循環僅在水與油交界發生，相當不明顯。
- (四) 在「油水相等」情境下，熔岩燈會出現柱狀噴射的反應。
- (五) 熔岩燈內的循環反應會因「油水比例」差異，造成可循環反應的空間大小而有不同的樣貌。

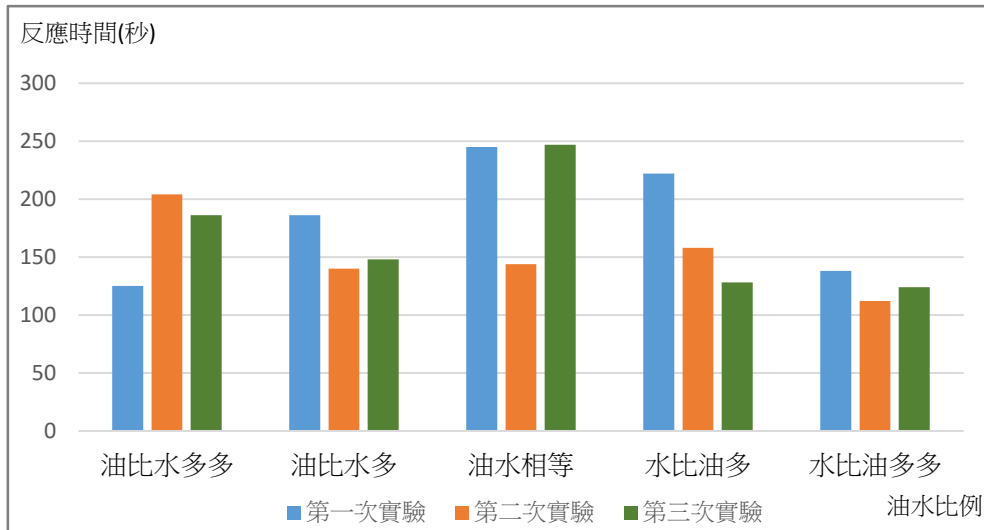


圖19：不同溶液酸鹼對熔岩燈反應時間長條圖

四、【實驗四】多分層溶液對熔岩燈的影響

- (一) 經過反應後，密度接近的液體會混和為同一層，無法看出明顯差異。
- (二) 多分層的熔岩燈，反應速度相當緩慢。

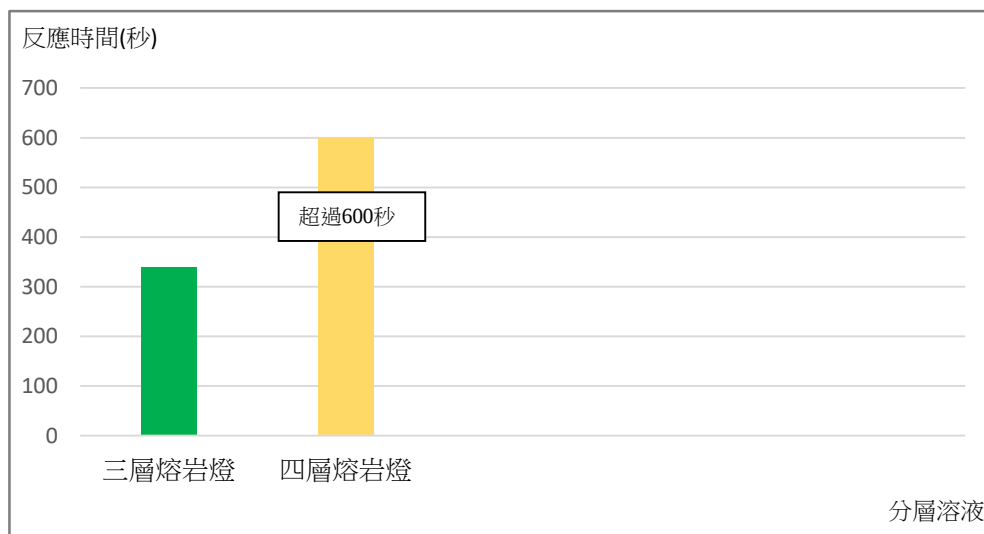


圖20：不同溶液酸鹼對熔岩燈反應時間長條圖

五、【實驗五】自製發泡錠對熔岩燈的影響

- (一) 在三種不同的自製發泡錠中，「正常」發泡錠在熔岩燈的反應時間最長。
- (二) 當發泡錠組成的鹼性或酸性材料過高時，會縮短熔岩燈反應時間。
- (三) 相較於市售發泡錠，自製發泡錠的反應時間較長，且較不會於液體表面產生漂浮物

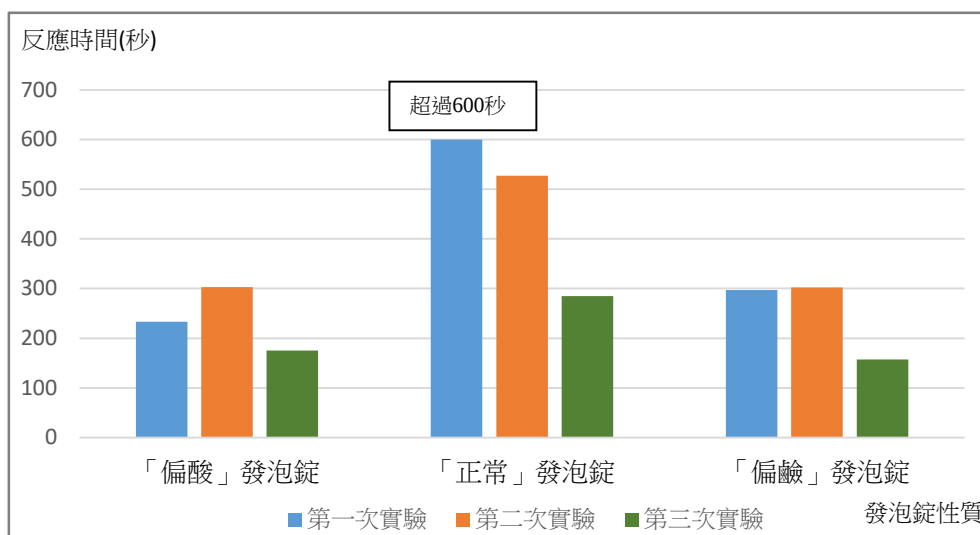


圖21：不同溶液酸鹼對熔岩燈反應時間長條圖

陸、結論

這段時間，我們使用沙拉油與水、發泡錠進行各種變項的操作。我們發現【實驗一】**不同水溫**會讓熔岩燈產生不同樣態的氣泡循環，且各自有不同的反應速度；相同的是，氣泡皆由瓶底冒出往上，直至碰到液體表面再開始下降，周而復始的循環，加上後續實驗四的結果，證明只要兩種液體密度差異夠大，就能利用此特性產生循環效果。

從【實驗二】**不同溶液酸鹼**的結果中，可以發現當酸性液體下的熔岩燈反應強度較為劇烈、反應速度較快；在中性及鹼性液體情境下則無明顯差異。同時，【實驗三】**不同油水比例**實驗中，我們看見在不同油水比例，也有可能影響熔岩燈的瓶內反應，使氣體在面臨不同密度間的轉換移動時，因為反應空間大小而造成瓶內循環的差異。再者，利用熔岩燈流動變化背後的原理－密度，我們在【實驗四】**多分層**熔岩燈實驗時，營造多分層情境，試著創造更多樣的瓶內風景，發現如果液體間密度差異不大，便無法產生明顯差異及變化。

最後，觀察發泡錠外包裝上的成份，並收集相關資料，【實驗五】**自製發泡錠**實驗裡，我們自製不同比例的發泡錠，在無其他額外添加物下，「正常」比例的自製發泡錠能讓熔岩燈有穩定且持久的循環效果，一旦酸鹼比例失衡，自製發泡錠中的酸性材料或鹼性材料都會影響反應結果。

柒、參考資料及其他

物理雙月刊。 <https://pb.ps-taiwan.org/modules/news/article.php?storyid=255>

翰林雲端學院。 <https://www.ehanlin.com.tw/app/index.html>

【小牛頓】驚喜科學秀－彩虹水裡看密度。小牛頓電子書。

<https://www.youtube.com/watch?v=3Qiva33Kyuk>

LIS 情境科學教材。 <https://lis.org.tw/posts/142>

大衛·阿德勒(2019)。物理好好玩 1-4：好玩的密度~能漂浮和不能漂浮的物體。字畝文化。

王文竹(2019)。老調新曲話酸鹼，科學月刊，594(6)，72-75。 <https://www.scimonth.com.tw/archives/28>

林怡瑄、廖怡柔(2016)。急速泡泡－利用發泡錠測定反應速率。教育部。

<https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/16206160712291zFHeyt9.pdf>

林家弘、盧耀明、李宜蓁、柳懿珊(2009)。液體跟斗雲～熔岩燈之研究。台灣國立科學教育館。 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030119.pdf>