

水舞精靈

高愛迪斯評語：

控制變因操作得法，實驗設計精確，討論深入有條理，讀來相當享受的研究報告！

一、研究動機：

利用油水不相溶特性，加入鹽後，觀察會產生什麼變化？因為鹽在水中溶解而產生的變化，所以推論鹽溶解速度的快慢會產生不同的結果。經由下列實驗，探討可能影響這些變化的因素：

- (一) 不同的容器
- (二) 加入相同物質，但不同顆粒大小
- (三) 不同水溫
- (四) 加入其他物質

二、實驗器材：

精鹽、玫瑰鹽、砂糖、冰糖、方糖、汽水、沙拉油、洗碗精、水彩顏料、熱水、冰水、室溫水、窄口牛奶瓶、寬口牛奶瓶、圓瓶、寶特瓶。



三、實驗步驟：

- (一) 容器中先加入 3/4 水，並加入水彩，利於觀察。

(二) 加入 1/4 油

(三) 加入 1 匙鹽，觀察變化，並紀錄時間。

(四) 再加入 1 匙鹽，觀察結果，紀錄時間。

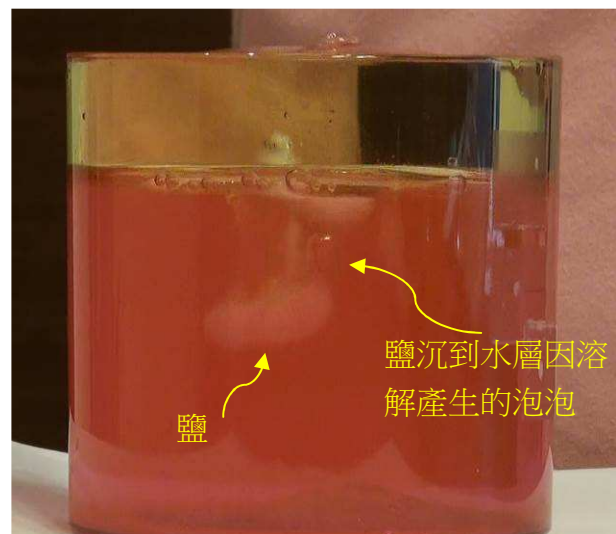
(五) 繼續加入鹽，並觀察結果。

四、實驗過程及結果：

(一) 實驗過程：先加入水，再加入油，因為水和油是不能混和的

(immiscible)，而油的密度比水低，所以會浮在水上面。鹽不溶於油，密度比油大，當加入鹽後，鹽會沉到容器底部。

加入一匙鹽時，鹽向下沉，會將油拉向水底。在油層裏會先形成一個泡泡，向上浮到油層頂端(top)而消失。鹽沉到水層時，因溶解產生一個泡泡，上升至油層或頂端後消失。



當鹽沉到底部，產生較大較多的泡泡，而且速度也較快，可以上升到油層頂端(top)。這時期是效果最好的，因為鹽下沉到底部，瓶底會給鹽一個反作用力，讓很多油上升，而且速度快，所以比較多的泡泡可以衝到油層頂端，產生像**火山爆發**的效果。底部的鹽持續在水裏溶解，被鹽帶到底層的油會浮回油層，這時的泡泡形成時間較久，沒有反作用力，只會上升到油層。

加入第 2 匙鹽，反應過程如第 1 匙一樣。可是在底部溶解的鹽量較第 1 匙少，因為現在的水是鹽水，可以再溶解的量比加第 1 匙少。持續加入鹽，效果更差。加入更多的鹽，只會在有反作用力時才有泡泡產生。因為鹽水逐漸飽和，鹽可溶解的量變少，溶解的速度更慢，不知道要等多久才會有泡泡產生。

(二) 不同變因的實驗結果:

1. **不同的容器**: 使用室溫水，加入精鹽，共使用 4 種容器作比較。

(1) 寶特瓶: 寶特瓶不像玻璃瓶透明，所以看起來不太清楚。鹽是白色的，更不清楚，所以泡泡的形成時間，沒有辦法看出來。因為瓶口較窄，沒辦法一次倒進去，有些鹽還灑到外面。



實驗結果:

寶特瓶	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (14.7cm)		油層上升至TOP (8cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.20	73.50	0.17	47.06
	2		0.54	27.22		
	3		0.55	26.73		
	4		1.23	11.95		
	5		3.17	4.64		
第二匙	1		0.19	77.37	0.19	42.11
	2		0.26	56.54		
	3		4.34	3.39		
第三匙	1		0.26	56.54	1.08	7.41
	2		0.26	56.54	1.37	5.84
	3		1.32	11.14		
	4		5.28	2.78		

由實驗結果可以看出來，愈晚出現的泡泡上升速度愈慢，這些泡泡是鹽溶解後才浮上來的，沒有反作用力。

(2) 窄口牛奶瓶: 這是玻璃瓶，可以看得很清楚。



實驗結果:

窄口牛奶瓶	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (9 cm)		從油層上升至TOP (6cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.09	100.00	0.16	37.50
	2		0.17	52.94	0.29	20.69
	3		0.17	52.94	0.34	17.65
	4	0.48"	0.31	29.03		
	5	12.08"	0.31	29.03		
	6	58.23"	4.16	2.16		
第二匙	1		0.47	19.15	0.32	18.75
	2		0.46	19.57	0.43	13.95
	3	5.35"	0.17	52.94	0.43	13.95
	4	5.23"	0.38	23.68		
	5	5.00"	0.38	23.68		
	6	9.00"	3.42	2.63		
第三匙	1	3.17"	0.27	33.33		
	2	3.21"	0.34	26.47		
	3	3.21"	0.34	26.47		
	4	3.00"	1.16	7.76		

第 1 匙的結果很明顯，有反作用力的泡泡上升速度較快。因為是窄口，在加第 2 匙時是以灑的方式，鹽分批下降。有時候泡泡上升會被擋住，有的被後來下降的波浪推開或振盪再上升。所以花比較多時間上升。

(3) 寬口牛奶瓶:

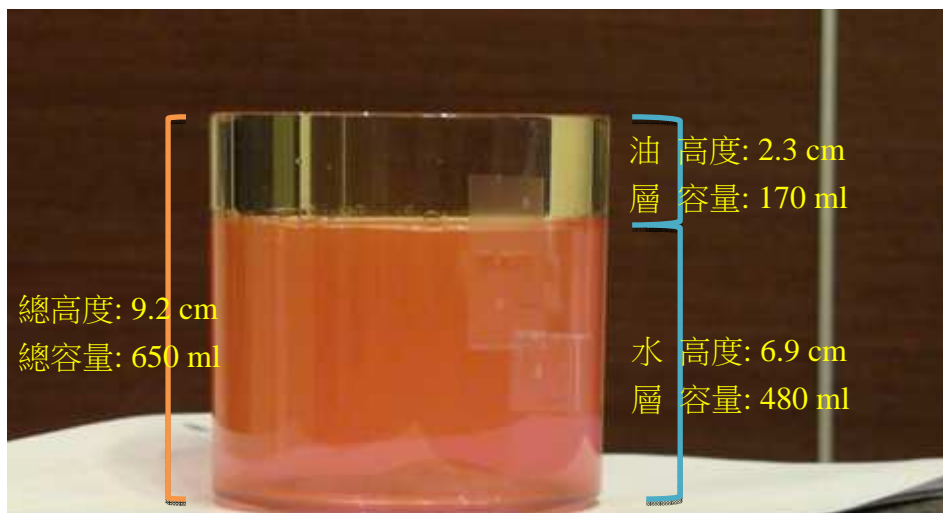


實驗結果:

第二匙好水	泡泡	泡泡形成時間	上升至注層 (8.2cm)		從注層上升至TOP (4.5 cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.11	74.55	0.12	37.50
	2		0.11	74.55	0.11	40.91
	3		0.15	54.67	0.12	37.50
	4	5.23"	0.26	31.54		
	5	55.15"	1	8.20		
	6	51.02"	0.26	31.54		
第二匙	1		0.13	63.08	0.1	45.00
	2		0.12	68.33	0.1	45.00
	3		0.31	26.45		
	4		0.31	26.45		
	5		0.31	26.45		
	6	10.01"	0.28	29.29		
第三匙	1		0.15	54.67	0.09	50.00
	2		0.15	54.67	0.12	37.50
	3		0.15	54.67	0.12	37.50
	4		1	8.20		
	5		0.18	45.56		
	6		0.26	31.54		

每一匙的最後一筆次記錄，通常是最後一個泡泡。在第 1 匙的泡泡形成需要比較長的時間，是因為有較多的鹽可以溶解。第 2 和 3 匙，可以發現很少泡泡是經由溶解產生的。

(4) 圓瓶：



實驗結果：

圓瓶	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.09	76.67	0.04	57.50
	2		0.07	98.57	0.09	25.56
	3		0.08	86.25	0.14	16.43
	4	7.25"	0.14	49.29		
	5	12.7"	0.17	40.59		
	6	1' 27.23"	0.16	43.13		
第二匙	1		0.11	62.73	0.04	57.50
	2		0.15	46.00	0.07	32.86
	3		0.16	43.13	0.09	25.56
	4	2.27"	0.2	34.50		
	5	2.19"	0.18	38.33		
	6	28.23"	0.29	23.79		
第三匙	1		0.07	98.57	0.05	46.00
	2		0.06	115.00	0.08	28.75
	3		0.08	0.16	0.04	57.50
	4	3.28"	0.31	22.26		
	5	7.28"	0.25	27.60		
	6	15.03"	0.21	32.86		

從實驗結果看來，圓瓶的火山爆發效果明顯。有反作用力的泡泡上升速度較慢形成的快，第1匙可溶解的鹽比第2和3匙多。而且瓶口較寬，可以直接一匙全部加入，也可以灑的。瓶身透明，容易觀察。所以後面的實驗都用圓瓶，並且和這個實驗做比較。

實驗結果：很難看出那一個容器的效果比較好。觀察寶特瓶時，覺得泡泡上升好慢，實際測量上升速度，跟其他差異不大，只是瓶身較長，所以感覺較慢。

所以另外測量最佳噴發效果的持續時間做比較，這是測量鹽沉到瓶底後，有較多泡泡上升的持續時間：

	效果持續時間		
	第一匙	第二匙	第三匙
寶特瓶	11"	10"	10"
窄口牛奶瓶	10"	50"	52"
寬口牛奶瓶	10"	11"	10.01"
圓瓶 (精鹽)	9"	8"	7.12"

這樣看起來結果差不多。雖然窄口牛奶瓶第 2 和 3 匙持續較久，那是因為是慢慢灑鹽。所以推論，**瓶子形狀和大小沒什麼差異**。

2. 相同物質，顆粒大小不同：分別成鹽和糖二組比較

(1) 精鹽和玫瑰鹽：玫瑰鹽顆粒雖然有大有小，但都比精鹽大。



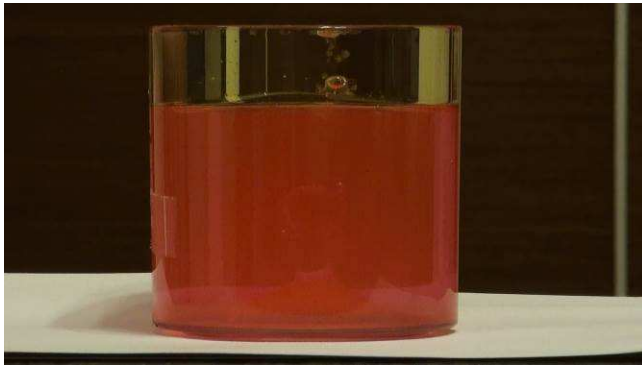
實驗結果：

玫瑰鹽	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.23	30.00		
	2	1' 54.21"	0.27	25.56		
	3	6' 22.04"	0.21	32.86		
第二匙	1		0.26	26.54		
	2		0.26	26.54		
	3		0.26	26.54		
	4	超過5分鐘				

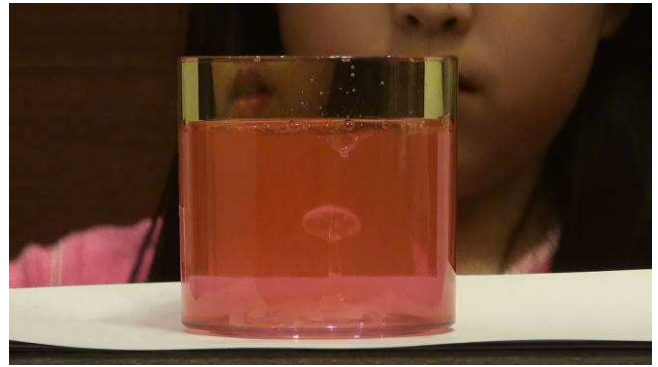
可以形成的泡泡非常少，上升速度慢。等待溶解的時間非常久，所以只做加 2 匙而已。與精鹽的比較(見圓瓶結果)，很明顯的，**顆粒愈大，溶解速度愈慢，效果愈差**。

(2) 砂糖和冰糖：冰糖的顆粒比砂糖大。

砂糖：



冰糖：



實驗結果如下：

砂糖	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.08	86.25	0.27	8.52
	2		0.18	38.33		
	3	2'	0.29	23.79		
	4	超過3分鐘				
第二匙	1	1.01"	0.12	57.50		
	2	3.13"	0.14	49.29		
	3	6.04"	0.16	43.13		
	4	14.05"	0.14	49.29		
	5	超過3分鐘				
第三匙	1		0.1	69.00	0.08	28.75
	2		0.14	49.29	0.22	10.45
	3	3.15"	0.16	43.13		
	4	3.04"	0.14	49.29		
	5	9.05"	0.19	36.32		

冰糖	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間 (sec)	速度 (cm/sec)	時間 (sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.24	28.75		
	2		0.23	30.00		
	3		0.26	26.54		
	4	超過5分鐘				
第二匙	1		0.22	31.36		
	2		0.28	24.64		
	3	超過5分鐘				
第三匙	1		0.13	53.08		
	2		0.18	38.33		
	3		0.28	0.16		
	4	超過5分鐘				

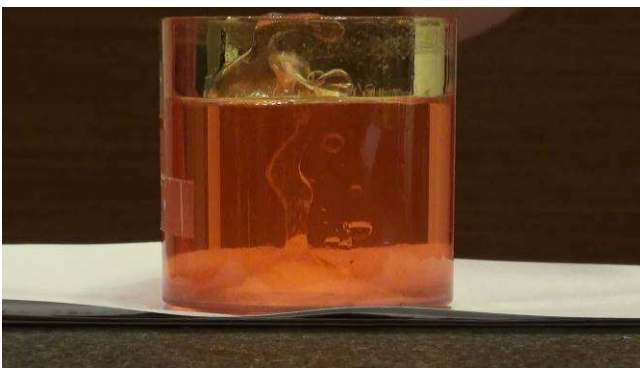
冰糖顆粒比砂糖大，溶解速度較慢，效果較差。

火山爆發的效果：精鹽>玫瑰鹽，砂糖>冰糖，也就是說，顆粒小>顆粒大

3. 不同水溫：分別以熱水、室溫水和冰水來比較

(1) 室溫水的實驗結果如圖瓶

(2) 熱水：剛燒開的熱水，放入油後再加鹽。鹽沉到水層快速溶解，泡泡也一直上升，火山爆發的效果很好！加入鹽時因為泡泡快速上升，油就溢出來了。



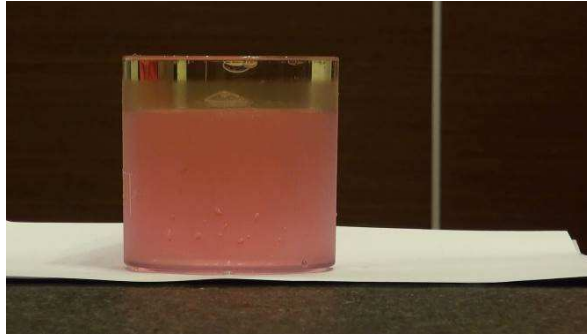
實驗結果如下：

熱水	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間(sec)	速度 (cm/sec)	時間(sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.04	172.50	0.04	57.50
	2		0.22	31.36	0.07	32.86
	3		0.16	43.13		
	4		0.12	57.50		
第二匙	1		0.08	86.25	0.04	57.50
	2		0.14	49.29	0.24	9.58
	3		0.14	49.29		
	4		0.14	49.29		
	5		0.13	53.08		
第三匙	1		0.08	86.25	0.03	76.67
	2		0.05	138.00	0.04	57.50
	3		0.18	38.33	0.07	32.86
	4		0.08	86.25	0.33	6.97
	5		0.15	46.00		
	6		0.24	28.75		

由上表可以看出，泡泡上升速度快，因為熱水中鹽溶解速度快，很快的被鹽

帶到瓶底的油都浮上來了，火山噴發的效果很快就結束了。

- (3) 冰水：放在冷凍庫杯子四周已結冰，尚未結冰的水拿來實驗。冰水碰到溫度較高的杯子，在杯子外面凝成霧氣，所以不是很清楚。



實驗結果如下：

冰水	泡泡	泡泡形成時間	上升至油層 (6.9cm)		從油層上升至TOP (2.3cm)	
			時間(sec)	速度 (cm/sec)	時間(sec)	速度 (cm/sec)
第一匙	1		0.1	69.00	0.07	32.86
	2		0.32	21.56		
	3		0.39	17.69	0.05	46.00
	4		2.21	3.12		
第二匙	1		0.1	69.00	0.15	15.33
	2		0.21	32.86		
第三匙	1		0.09	76.67	0.04	57.50
	2		0.11	62.73	0.05	46.00
	3		0.15	46.00		
	4		0.08	86.25	0.13	17.69
	5		0.11	62.73		
	6	8.07"		0.31	22.26	

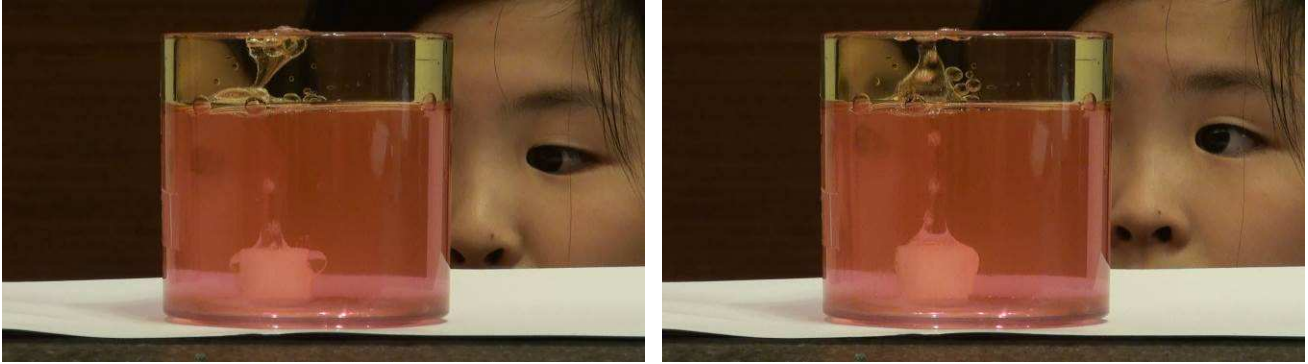
因為杯子有霧氣關係，不好觀察，常常只看到油層有泡泡升上來，可是沒看到是什麼時候開始上升的。不過，形成的泡泡明顯比熱水和溫水少。水的溫度會影響鹽的溶解度，溫度愈高，溶解速度愈快。

火山爆發效果：熱水>室溫水>冰水，也就是說溫度高>溫度低

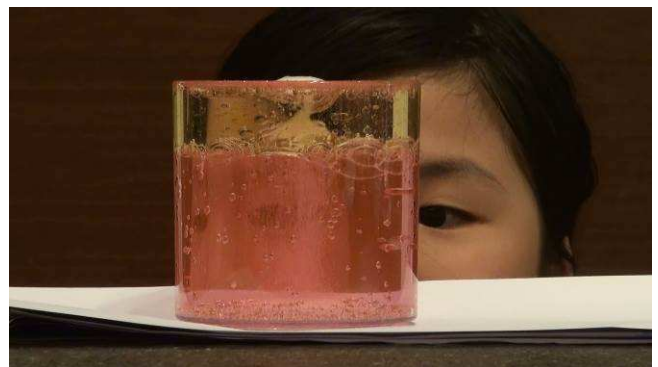
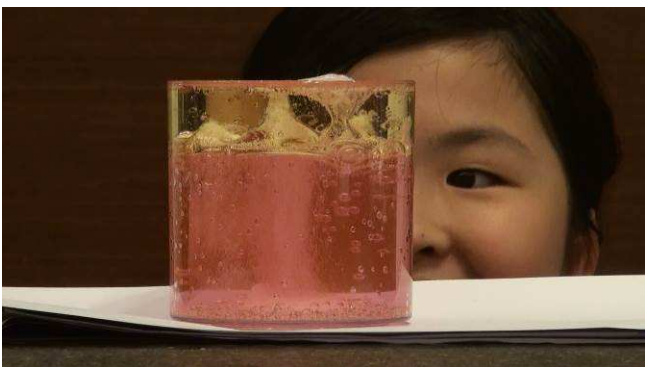
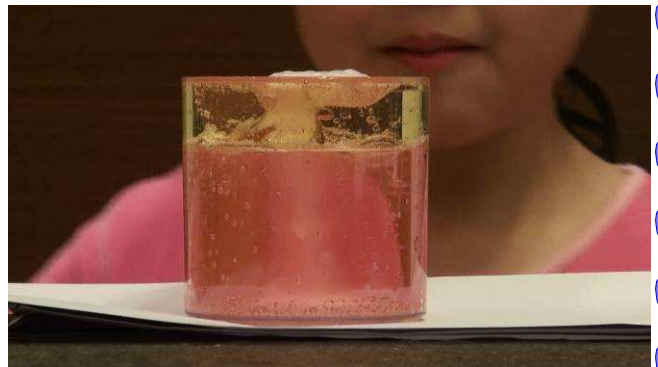
4. 加入其他物質：

- (1) 方糖：方糖是細白糖加工後凝結成方塊狀的糖，細白糖顆粒很細，在

壓縮凝結過程中，有很多空氣在裡面，所以很容易溶解在液體中。放一顆方糖下去，一進入水層碰到水，就開始快速溶解，產生很多氣泡上升。也有大的油泡形成上升，而且會升到頂端。只是過了一會兒，泡泡變少，仍可見小小的粒子向上飄。第一顆方糖作用時間約 39 秒，第二顆只有 8 秒，噴發效果不錯！



(2) 汽水：將水改成汽水，再加入油。汽水內含二氧化碳，一倒入瓶中，氣泡因大氣壓力而不斷上升，即使油在上層，氣泡仍然會上升到頂端。加入鹽後，整個效果就像是火山大爆發，熔漿不斷的噴發，而且持續很久，直到鹽完全溶解(約 12 分鐘)。



- (3) 洗碗精：一加入會有小泡泡在油層上升，洗碗精慢慢下降，到瓶底後，產生的泡泡上升的速度分別為 12.55、18.65 和 26.54 cm/sec，非常緩慢。產生泡泡的數量很少，後來持續加入洗碗精，在油層中形成很多泡泡，不再下降，反而上升到表面。液體的效果不明顯，油會把洗碗精的不親水端包住，所以後來再加入洗碗精，只會在油層上升。



- (4) 白色顏料溶液：剛開始加入白色顏料溶液，直接往下擴散。後來輕輕放入，結果在油層形成白色珍珠浮著。較大的圓球會浮在水層上方，較小的浮在油層上方，形成美麗的畫面。很有趣！



白色顏料溶液若沒形成圓球，就像水一樣，不溶於油，所以會再下擴散。當輕輕放入油中，油會將它包覆形成圓球。油水不相溶，所以這些圓球不會沉到水層，只會在油層懸浮。

五、討論：

1. 不同的容器的影響：形狀大小和高度不影響火山噴發效果，因為鹽在水中的溶解度不會因為瓶子而改變。容器的容量大，裝的水較多，可以溶解的鹽較多。如果是以一匙鹽同時倒下，同樣的鹽下降時帶進水中的油是差不多的。即使水多可以溶解的鹽較多，也只有這些油可以浮上去，所以效果差異不大。

高愛迪斯建議：若容器容量差異更大，試試看效果如何？

2. 鹽在水中溶解，讓油浮上來。所以鹽的溶解速度大小會影響效果。溶解速度愈快，火山噴發的實驗效果愈好。

影響溶解度的因素有：溶劑和溶質本身的特性、溫度、顆粒大小等。
經由實驗證明：

- (1) 不同溶劑：汽水的效果比水好。
- (2) 不同溶質：如糖和鹽在水中的溶解速度不同，鹽較快。
- (3) 溶質顆粒大小：顆粒愈大，溶解速度愈慢。
- (4) 溫度：溫度愈高，溶解速度愈快，效果愈好。

3. 所有實驗效果以在汽水中加鹽最好。汽水中含有二氧化碳氣體，鹽所含的鈉離子及氯離子與水結合能力比二氧化碳強，這些離子會與二氧化碳競爭水分子，導致原來水合的二氧化碳失去水分子，以二氧化碳氣體溢散，這種效應稱為鹽析效應 (salting-out effect)。當底部的油都上升了，因為鹽析效應產生的二氧化碳使得火山持續噴發。

高愛迪斯：並不是鹽析作用產生的二氧化碳，應是汽水本身的二氧化碳。「鹽析效應」通常指在蛋白質中加入鹽，使其沉澱。

4. 加入液體：較濃稠的液體，如洗碗精，會產生很少的泡泡上升。如

果加入的液體不是濃稠的，不會帶油入水層。所以液體效果不好。

5. 效果持續時間:我把各實驗火山噴發的持續時間整理如下，時間計算是以加鹽入油層到噴發反應結束，不包括要等很久的時間:

	效果持續時間		
	第一匙	第二匙	第三匙
寶特瓶	11"	10"	10"
窄口牛奶瓶	10"	50"	52"
寬口牛奶瓶	10"	11"	10.01"
圓瓶(精鹽)	9"	8"	7.12"
玫瑰鹽	3.01"	4.15"	
砂糖	15.17"	11"	12"
冰糖	5.25"	6"	2.13"
方糖	39"	8"	
熱水	13"	11"	5"
冰水	20"	14"	
汽水加精鹽	19' 28.02"		

由於沒有計算要等很久的時間，所以大部份實驗，加 1~3 匙效果差不多。

- (1) 方糖: 是以 1 顆來加，比 1 匙的量多，再加入第 2 顆時，水溶液可能飽和，所以一下子就沒反應了。
- (2) 熱水: 鹽在熱水中溶解很快，也很容易達到飽和，所以加第 3 匙時反應時間較短。
- (3) 汽水加鹽: 反應時間會持續到鹽完全溶解，這是因為鹽析作用。

剛加入鹽時因為反作用力，效果最好。第 2 匙以後，因水中已有部份鹽溶解，再溶解鹽的量會變少而且速度變慢。這時只要加以攪拌，就可以加速鹽的溶解，效果可以持續又更好。攪拌可以增加溶解的速度和量。

六、結論:

這個實驗主要應用了 2 個原理：

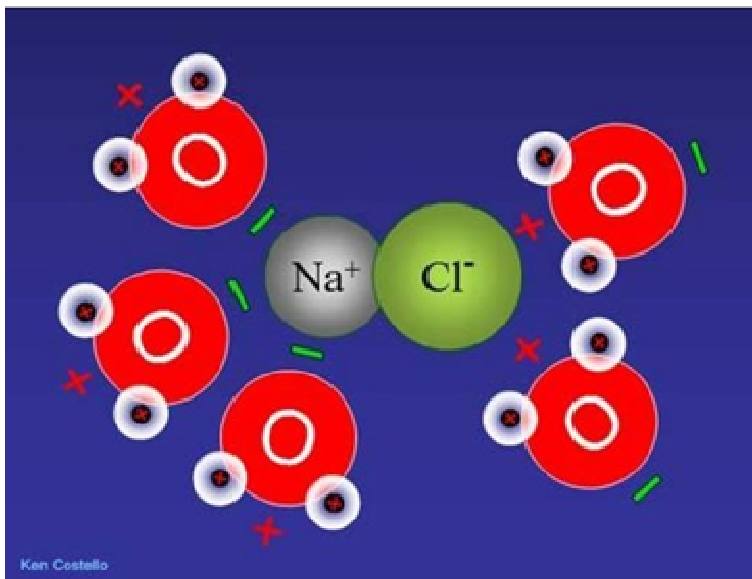
(一) 油水不相溶：這個實驗主要是利用「油水不相溶」原理，加鹽到油和水裏產生類似火山爆發的效果。

物質相溶的特性，有一個規則：“Like dissolves like”，意思就是「相似者可溶」。兩種液體相似，它們較易混合；若差別很大的話，較難混合。基本原則是：極性的溶在極性；離子溶於極性；非極性的溶在非極性。

水分子是十分細小且具有極性，它能與一些近似的液體混和，例如酒精。而油的分子則較大和非極性的(不帶電荷)，因此它不能溶於水。水的密度較大，所以油會浮在水上。

鹽(NaCl)是由 Na 和 Cl 離子形成，水是 H 和 O 離子形成，二者相似，所以鹽可以溶於水。油是由碳和氫組成的非離子物質，所以鹽不能溶於油。

這就是為什麼加鹽在油層不分解，只會將油帶入水層，形成 blob 沉到底層。當鹽在水中溶解，油就會浮上來。有一位英國人 Carven Walker 在 1964 年利用這個原理，發明了”Lava Lites”。



鹽 NaCl 在水中與水分子(H₂O) 互相吸引的情形

(二) 溶解度：鹽在水層的溶解速度，會影響火山爆發的效果。影響溶解度的

因素有：溶劑和溶質本身的特性、溫度、顆粒大小等。根據這些特質，設計實驗來驗證，結果確實證明溶解速度較快，火山爆發效果愈好。

(三) 最佳效果的設計：非「汽水」莫屬！我只是把日常生活中容易取得的物品，拿來試試看。其中以「汽水+油+鹽」效果最好，原來汽水加鹽會有鹽析效應，讓火山噴發效果超好又持久。

七、參考資料：

1. http://www.exploratorium.edu/science_explorer/volcano.html
2. <http://brihteyeslearning2.tripod.com/id65.html>
3. <http://www.dynamicscience.com.au/tester/solutions/chemistry/lavalamp/lavasalt.htm>
4. <http://www.nylearns.org/module/content/search/item/3493/viewdetail.aspx>
5. <http://www.wmich.edu/engineer/ceee/page/experiments/Salt%20Volcano.htm>
6. <http://www.csiro.au/helix/sciencemail/activities/LavaLamp.html>
7. <http://www.wretch.cc/blog/beeway/16475703>
8. <http://dns.yushes.tyc.edu.tw/~science/science/flower.pdf>
9. <http://tw.myblog.yahoo.com/hungpont-younghong/article?mid=1318&l=f>
10. http://www.ehow.com/how-does_4612254_dissolve-water-but-not-oil.html
11. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405101400617>
12. http://www.myoops.org/twocw/nctu/upload/chemistry/chemistry_lecturenotes/ch-8-2.pdf
13. 生活中的科學：在家玩科學