

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-應用科學科

科 別：應用科學科

組 別：國 中 組

作品名稱：神奇的溫泉魔法球

關 鍵 詞：溫 泉、總鹼度、碳酸氫鈉

編 號：030802

學校名稱：

宜蘭縣立復興國民中學

作者姓名：

陳翊維、陳正偉、鄭茹璟、鄭至軒

指導老師：

李建勳、吳欣怡



神奇的溫泉魔法球

一、 研究動機

臺灣堪稱世界溫泉博物館，從溫泉、冷泉到各式各樣的溫泉源頭，不但質好、量多、種類齊全更勝於日本，故臺灣可說是溫泉國家。本（宜蘭）縣內即有二處聞名國內外的溫泉景點，一為礁溪溫泉、一為蘇澳冷泉。溫泉為本縣之最重要資源，本次科展特以縣內溫泉為主題，對縣內之礁溪溫泉、蘇澳冷泉進行研究分析，進而開發具本地鄉土風格特色之特產品。

二、 研究目的

想了解縣內礁溪溫泉、蘇澳冷泉的特性，並分析溫泉及冷泉的成分，並應用所得的結果，將溫泉內的主要成份，以相關的組成藥品組合，並還原礁溪溫泉及蘇澳冷泉的特有特色，而開發及推廣具有本地鄉土溫泉特色的溫泉沐浴劑。

三、實驗器材

（一）器材：

溫度計、pH 計、滴定管（50ml）、電磁攪拌器、電子秤、移液管、滴管、錐形瓶、量筒（100ml、50ml 各一）、研鉢

（二）藥品：

氫氧化鈉（1N）、硫酸（0.1N）、鉻酸鉀指示劑、混合指示劑（溴甲酚

綠-甲基紅指示劑)、酚酞指示劑、硝酸銀標準液(0.0141N)、氯化鈉標準液(0.0141N)、硝酸(1N)、碳酸鈉標準液(0.02N)、碳酸鈉(食品級)、食鹽、阿拉伯膠(食品級)、檸檬酸(食品級)、椰子油、荷荷芭油、精油

四、溫泉包的製造流程

- 1.採樣(礁溪溫泉及蘇澳冷泉)
- 2.現場分析(pH值測量、水溫測定、溶解性二氧化碳含量測定)
- 3.水樣分析(鹼度、氯鹽)
- 4.分析結果整理、判定
- 5.作品配方試算
- 6.作品試製、改善(成型及添加香味劑等)、製作成型
- 7.作品試用

製品試樣的水質分析(pH值、水溫、溶解性二氧化碳、鹼度、氯鹽等)

- 8.分析結果整理、討論

五、實驗步驟：

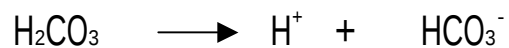
(一) 礁溪溫泉的成分分析

- 1.實地溫度量測
- 2.pH值量測
- 3.水樣分析實驗步驟與原理：

(1) 二氧化碳的量測：

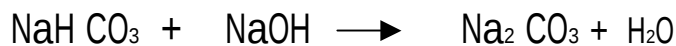
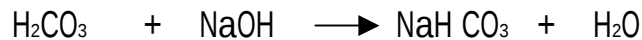
二氧化碳溶於水中約有 1% 形成碳酸，但碳酸會馬上解離成氫離子及碳酸根離，因此水中的總二氧化碳量包括有二氧化碳及碳酸。

二氧化碳溶在水中呈酸性



水中游離二氧化碳分析法：

原理：游離二氧化碳與碳酸鈉或氫氧化鈉作用，生成碳酸氫鈉，使酚酞指示劑，由無色轉為粉紅色。



計算式：

$$\frac{\text{CO}_2}{(\text{mg/L})} = \frac{A \times N \times 44000}{\text{水樣體積(ml)}}$$

A：滴定水樣所需之 NaOH ml 數

$$= \frac{A \times 1 \times 44000}{100}$$

N：NaOH 之當量濃度

水樣數 = 100 ml

$$= A \times 440$$

(2) 鹼度的量測：

水之鹼度為中和強酸至某 pH 之能力，其測定值隨所用終點之 pH 而異。

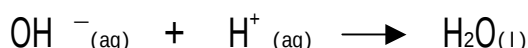
鹼度可作為水中重碳酸鹽、碳酸鹽、及氫氧化物濃度之指標。測定方法係用標準酸滴定至當量點，滴定時可用指示劑之變色顯示。

鹼度的種類及原理：

酚酞鹼度：使用酚酞指示劑測定至終點的鹼度稱之。

總鹼度：與 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 反應所需的酸稱之。

(1) 當 pH 降至 10 時， OH^- 均被中和



(2) 當 pH 降至 8.3 時， CO_3^{2-} 均被轉為 HCO_3^-



(3) 當 pH 8.3 時，僅含 HCO_3^-

(4) HCO_3^- 會與 H^+ 作用成為 H_2CO_3 ，當 pH = 4.5 時此反應接近完成

(5) 與 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 反應所需之酸稱為總鹼度

實驗步驟：

1. 取 50 ml 水樣。
2. 加入 5 滴溴甲酚綠-甲基紅混合指示劑（因水樣 pH 小於 8.3）。
3. 以標準硫酸（0.1N）滴定，並記錄滴定量。

計算式：

記錄滴定量

$$\text{CaCO}_2 \text{ (mg/L)} = \frac{A \times N \times 50000}{\text{水樣體積(ml)}}$$

$$= \frac{A \times 0.1 \times 50000}{50}$$

$$= 100A$$

A：滴定水樣所需之 H_2SO_4 ml 數

N： H_2SO_4 當量濃度 (0.1N)

水樣數 = 50ml

3. 氯鹽的量測：

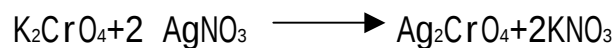
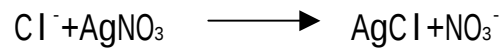
水中氯鹽主要係土壤中氯鹽的溶解

分析法：硝酸銀滴定法

原 理：在中性溶液中，以硝酸銀標準液滴定水中的氯離子，形成氯化銀沉澱，在

滴定終點時，多餘的硝酸銀與指示劑鉻酸鉀生成紅色鉻酸銀沉澱。

反應式：



橙黃色 $\longrightarrow$ 橙紅色

實驗步驟：

- (1) 取 50 ml 水樣
- (2) 加入 5 滴鉻酸鉀指示劑
- (3) 以標準硝酸銀標準液滴定 (0.0141N) 滴定至橙紅色
- (4) 記錄滴定量
- (5) 取 50 ml 蒸餾水作空白試驗

計算式：

$$\begin{aligned}\text{Cl}^- \text{ (mg/L)} &= \frac{(A-B) \times N \times 35450}{\text{水樣體積(ml)}} \\ &= \frac{(A-B) \times 0.1 \times 35450}{50}\end{aligned}$$

A：滴定水樣所需之 AgNO_3 數

N： AgNO_3 之當量濃度

B：滴定蒸餾水所需之 AgNO_3 數

水樣數 = 50 ml

六、溫泉浴劑之製作：

原理：利用檸檬酸與過量碳酸鈉在水中生成二氧化碳及碳酸氫鈉，使浴水具礁溪溫泉及蘇澳冷泉之功效。

1、原料功用：

- (1) 碳酸鈉：與檸檬酸反應產生二氧化碳及碳酸氫鈉。

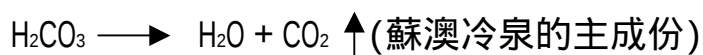
(2) 檸檬酸：提供氫離子與碳酸鈉反應產生二氧化碳及碳酸氫鈉。

(3) 食鹽：減緩檸檬酸與碳酸鈉之反應，並提升洗浴之效果。

(4) 阿拉伯膠：作為成型劑。

反應方程式：

檸檬酸 + 碳酸鈉(過量) + 水 $\longrightarrow$ 檸檬酸鈉 + 碳酸氫鈉 + 二氧化碳



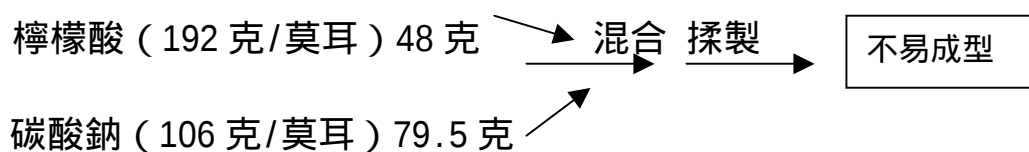
實驗步驟：

第一部份：溫泉球的試作

(1) 配方試算：

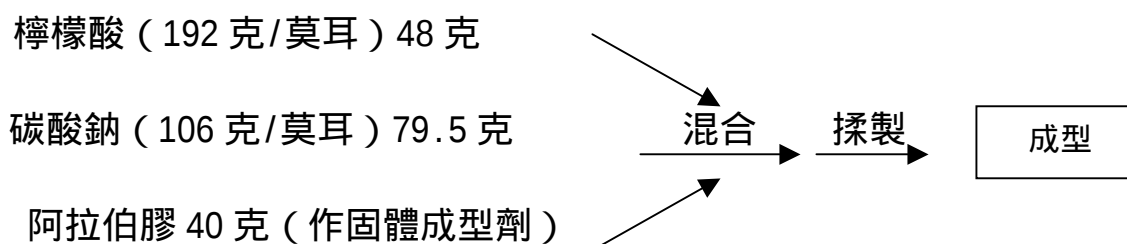
檸檬酸每一分子含二個可解離之氫離子 (H^+)，因此每一莫耳檸檬酸恰可與一莫耳碳酸鈉 (Na_2CO_3) 完全反應生成碳酸 (H_2CO_3)，為使浴水中留存足量碳酸氫鈉，須使用過量碳酸鈉參與反應。本作品係以檸檬酸與碳酸鈉莫耳比 1 比 3 進行製作。

1. 作品試製一：



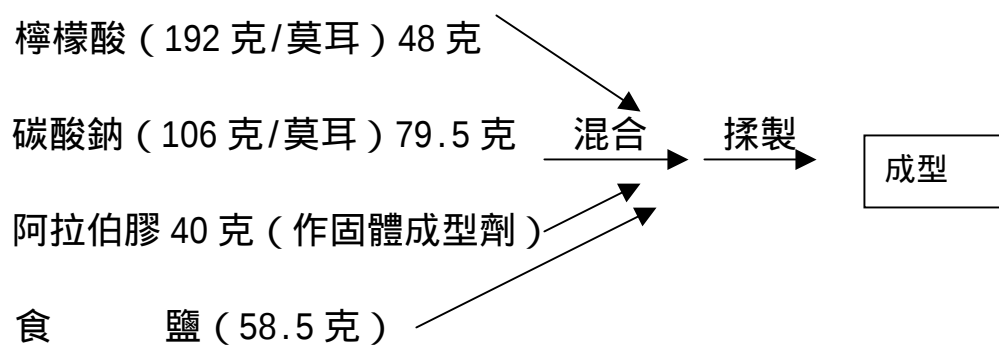
測試結果：強度不佳

2. 作品試製二：



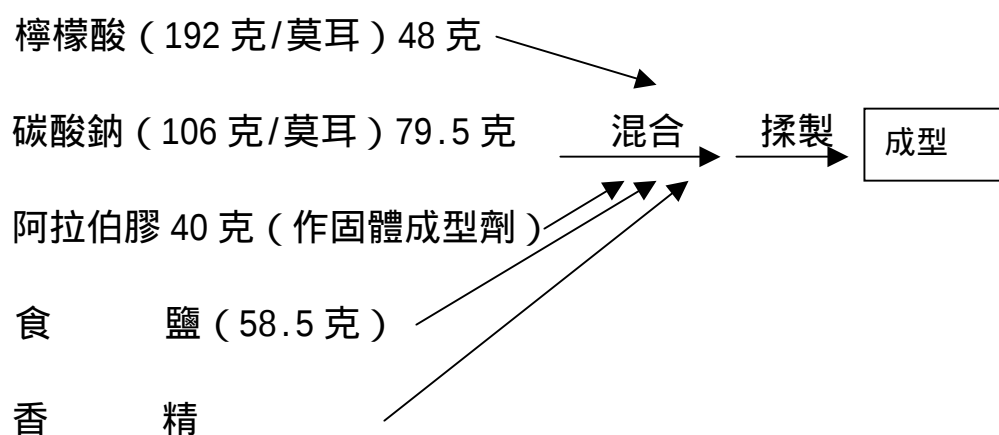
結果：成品反應太快，易浮於水面

3. 作品試製三：



結果：成品效果較好，具有溫泉的性質

4. 作品試製四：



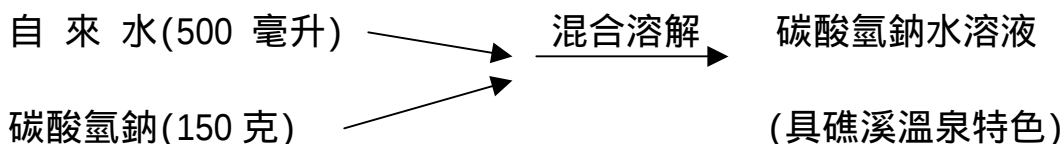
結果：成品效果較好，有溫泉的性質及香精的味道

第二部分：液體溫泉浴劑的試作

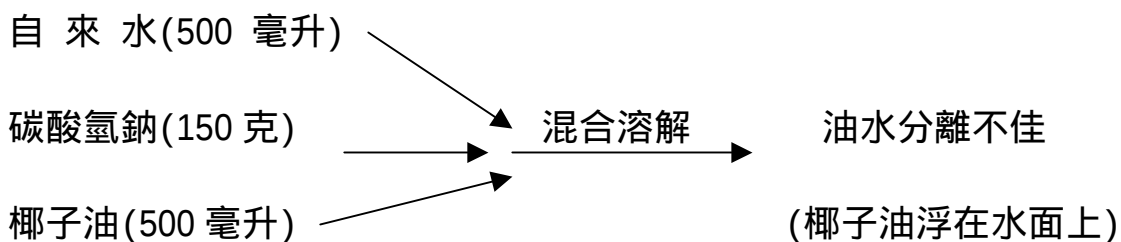
器材：磁攪拌器

藥品：碳酸氫鈉 椰子油 荷荷芭油 香精油

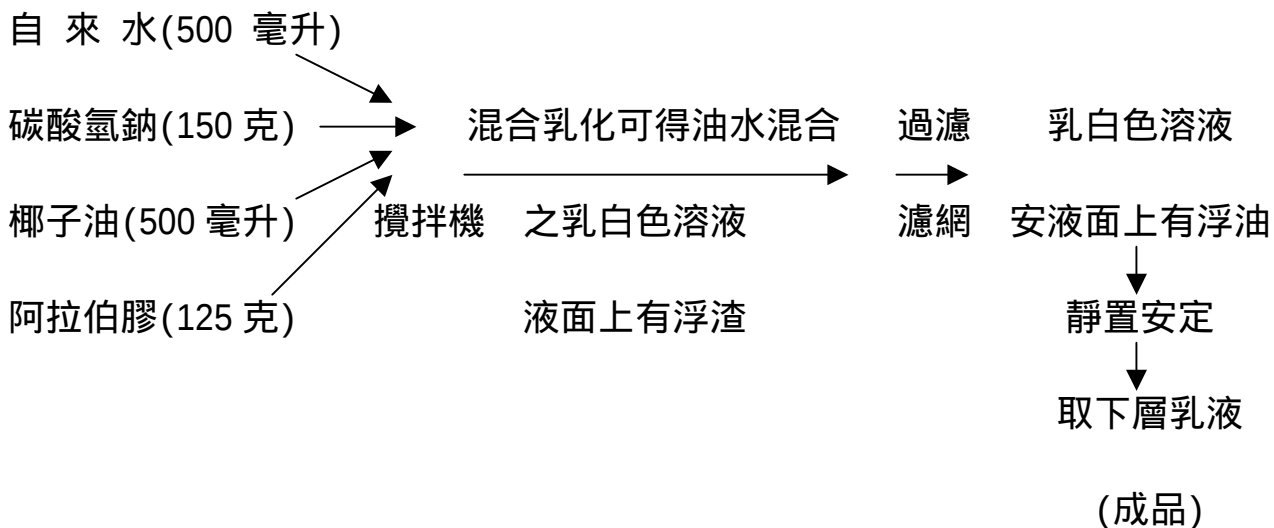
1. 碳酸氫鈉直接溶於自來水



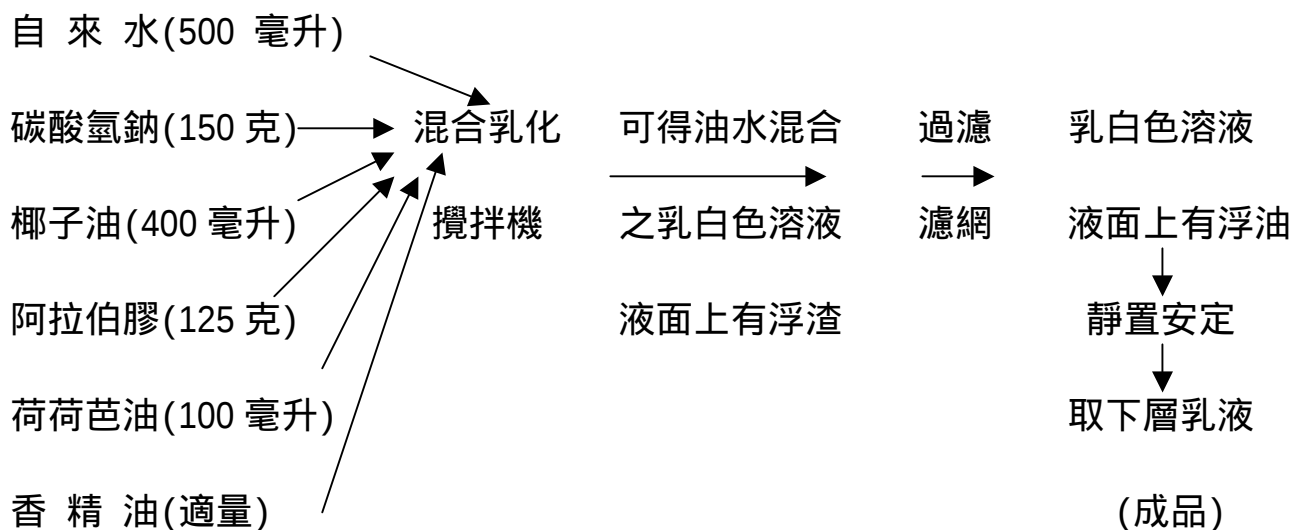
2. 為提高浴水的功能於浴劑中，添加椰子油作為泡浴時增加皮膚保濕作用。



3. 為克服油水分離不佳的問題，於是在浴劑中，添加阿拉伯膠作為乳化劑，並利用攪拌機進行乳化。



4. 為提高浴水的美容功能，以荷荷芭油替代部分椰子油，使浴劑俱皮膚保濕及健膚的作用，另可依個人喜好加入香精油，增添沐浴的樂趣。



5. 液體溫泉浴劑 pH 分析：

成品浴劑 pH 值：乳液濃度太高不易量測。

稀釋 1000 倍後之 pH 值：8.2

七、實驗結果

1、蘇澳冷泉二氧化碳分析結果：

	NaOH 滴定 前 ml 讀數	NaOH 滴定 後 ml 讀數	水樣消耗之 NaOHml 數	水中含有之 CO ₂ 濃度 (mg/L) = A × 440
第一次	0.0	2.5	2.5	1100
第二次	2.5	5.1	2.6	1144
平均	= $\frac{(A-B)}{2} \times N \times 35450$			= 1122 mg/L CO ₂

2、溫泉水樣鹼度分析結果：

(1) 鹼度成分分析結果：

水樣 編號	硫酸標準液滴 定前 ml 讀數	硫酸標準液滴 定後 ml 讀數	水樣消耗之硫酸 標準液 ml 數	水中含有之鹼度 CaCO ₃ (mg/L)
1	0.0	4.6	4.6	460
2	4.6	9.0	4.4	440
3	9.0	12.2	3.2	320
4	12.2	16.0	3.8	380
5	16.0	20.8	4.8	480
6	20.8	25.6	4.8	480
7	25.6	29.8	4.2	420
8	29.8	34.6	4.8	480
9	34.6	38.1	3.5	350
10	38.1	40.6	2.5	250
11	40.6	42.2	1.6	160

(2) 溫泉水樣氯鹽分析結果：

水樣 編號	硝酸銀標準液 滴定前 ml 讀數	硝酸銀標準液 滴後 ml 讀數	水樣消耗之硝酸 銀標準液 ml 數	水樣含有之氯鹽 Cl ⁻ 濃度(mg/L)
1	0.0	3.4	3.4	29.0
2	3.4	7.0	3.6	31.0
3	7.0	10.1	3.1	26.0
4	10.1	13.8	3.7	32.0
5	13.8	17.3	3.5	30.0

6	17.3	23.1	5.8	53.0
7	23.1	29.1	6.0	55.0
8	29.1	36.3	7.2	67.0
9	36.3	40.9	4.6	41.0
10	40.9	44.3	3.4	29.0
11	44.3	47.4	3.1	26.0
空白	47.4	47.9	0.5	-----

溫泉成份分析如下表：

成份 水樣編號	溫度	鹼度	氯鹽	二氧化碳	pH
		CaCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	CO ₂ (mg /L)	
1	46.0	460	29.0	---	7.42
2	46.0	440	31.0	---	7.63
3	48.5	320	26.0	---	7.66
4	41.6	380	32.0	---	7.25
5	55.0	480	30.0	---	7.11
6	53.3	480	53.0	---	7.22
7	46.0	420	55.0	---	7.80
8	35.0	480	67.0	---	8.40
9	49.6	350	41.0	---	7.50
10	42.0	250	29.0	---	7.51
11	21.8	160	26.0	1122	5.32

(二) 取成品一顆 (約 15 克) 投入一升水中為試驗水樣，分析結果得：

1、水溫 21.5

2、pH 變化如下：

第一次：由 7.8 → 5.4 → 6.4 → 6.9

第二次：由 7.7 → 5.4 → 6.5 → 6.9

第三次：由 7.7 → 5.4 → 6.3 → 6.9

第四次：由 7.8 → 5.5 → 6.4 → 6.9

3、試驗水樣二氧化碳含量：

	NaOH 滴定 前 ml 讀數	NaOH 滴定 後 ml 讀數	水樣消耗之 NaOHml 數	水中含有之 CO ₂ 濃度 (mg/L) = A ×440
第一次：	0.0	0.5	0.5	220
第二次：	0.0	0.6	0.6	264
第三次：	0.6	1.1	0.5	220
第四次：	1.1	1.6	0.5	220
平 均：	----	----	----	231

4、試驗水樣鹼度分析結果：

	硫酸標準液滴 定前 ml 讀數	硫酸標準液滴 定後 ml 讀數	水樣消耗之硫酸 標準液 ml 數	水中含有之鹼度 CaCO ₃ (mg/L)
第一次：	0.0	13.1	13.1	3275
第二次：	0.0	13.3	13.3	3325
第三次：	13.3	26.2	12.9	3225

第四次：	26.2	39.4	13.2	3300
平 均：	----	----	----	3281

5、試驗水樣氯鹽分析結果：

	硝酸銀標準液 滴定前 ml 讀數	硝酸銀標準液 滴後 ml 讀數	水樣消耗之硝酸 銀標準液 ml 數	水樣含有之 氯鹽濃度 Cl (mg/L)
空白	0.0 0	0.05	0.05	-----
第一次：	0.05	69.65	69.60	3230
第二次：	0.00	70.15	70.10	3255
第三次：	0.00	69.30	69.25	3216
第四次：	0.00	70.05	70.00	3251
平 均：	----	----	----	3238

以溫泉浴劑一粒（約 15 克）投入一升水中所得之成份分析如下表：

成份 水樣編號	溫度	鹼度	氯鹽	二氧化碳	pH 變化
		CaCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	CO ₂ (mg/L)	
↓ 試樣溫泉水	21.5	3281	3238	231	7.8
					5.4
					6.4
					6.9

八、實驗討論

第一部份：溫泉球

1. 因礁溪溫泉之 pH 值多小於 8.3，知礁溪溫泉所含主要鹼度成份為碳酸氫鹽鹼度，故礁溪溫泉屬碳酸氫泉。據資料顯示，此泉泡後對皮膚會有滋潤、軟化角質及美白的功效。
2. 蘇澳冷泉因受地殼壓力作用故泉水中溶解之二氧化碳含量可達 1000mg/L 以上，而本次科展作品「溫泉浴劑」係在一般狀況下使用，故水中溶解之二氧化碳含量僅達 200mg/L 以上，係因作品投水中產生之二氧化碳在常壓下均變成氣態逸出水面。
3. 由分析結果知蘇澳冷泉二氧化碳含量高達 1000mg/L 以上，故蘇澳冷泉屬碳酸泉，泉溫較一般溫泉水低。據資料顯示，此泉泡後能促進微血管的擴張，使血壓下降，改善心血管功能，幫助血液循環，泡起來不會有急速脈搏加速現象。且碳酸泉含有二氧化碳會在皮膚表面形成氣泡，對皮膚有輕微按摩作用。
4. 我們由檢定溫泉的成分及製作「溫泉浴劑」，係利用碳酸鈉和檸檬酸為主原料製成，其投入水中反應後可在水中產生二氧化碳和碳酸氫鈉。我們溫泉包的製品在溶入水中後，在試驗樣水樣時，同時兼具有礁溪溫泉和蘇澳冷泉的雙重特色。
5. 我們為使作品與市售溫泉粉有所區隔，也便於使用和增加泡浴的樂趣，作品特作成圓球狀，故如僅使用碳酸鈉和檸檬酸為原料時，則強度不足而不易成型，為了克服這樣的缺點，故在作品中添加阿拉伯膠作為固體黏著劑以便幫助溫泉球的成型。

6. 作品中亦添加食鹽以減緩碳酸鈉和檸檬酸之反應，使浴劑不致因反應過速，在水中迅速產生大量二氧化碳而浮在水面，影響泡浴的感覺及效果。另據稱食鹽對角化皮膚表面有很好的溶解作用，用食鹽水洗澡 15~20 分鐘，可使人消除疲勞，精力充沛。因此浴劑中添加食鹽更來增加泡浴的效果。
7. 為了更能增加泡浴的情趣，可添加各式各樣的香料於浴劑中。
8. 我們由試驗水樣分析結果得知，一顆浴劑約可泡成 10 公升溫泉。浴劑使用量可隨水量的多寡及個人的喜好而增減。

第二部分：液體溫泉浴劑的試作

1. 如直接以碳酸氫鈉混合自來水製成溫泉水，則該成品約可稀釋 1000 倍使用，但浴水僅具礁溪溫泉之特色。
2. 為提高浴水的美容功能，可於浴劑中添加潤膚植物油，使泡浴時增加皮膚保濕及健膚的作用。
3. 因水與油互不相溶，於浴劑中添加椰子油混合後，在浴劑中形成水(下層)—油(上層)二相，為克服此一問題，可添加阿拉伯膠作為乳化劑，並利用果汁機進行乳化，使水油二相均勻混合。
4. 如添加過量的油，在乳化過程將產生大量浮渣及浮油，並影響浴劑之安定性。本實驗以水：油：阿拉伯膠比例約為 4：4：1 所得的結果較佳。
5. 乳化完成後，加以過濾及靜置後，汲取下層浴劑，以減少浮油。
6. 椰子油可增加皮膚保濕作用而荷荷芭油富含維他命和礦物質可保持肌膚健康，

且很容易就能滲透肌膚，以荷荷芭油替代部分椰子油，使浴劑具皮膚保濕及健膚的作用，另可依個人喜好加入香精油，增添沐浴的樂趣。

九、結論：

1. 礁溪溫泉所含主要鹼度成份為碳酸氫鹽鹼度，故礁溪溫泉屬碳酸氫泉。
2. 蘇澳冷泉二氧化碳含量高達 1000mg/L 以上，故蘇澳冷泉屬碳酸泉。
3. 我們的自製的溫泉包，可同時在水中產生二氧化碳和碳酸氫鈉，使浴水同時具有礁溪溫泉和蘇澳冷泉的雙重特色。所以使用本作品泡浴，可同時收泡礁溪溫泉和蘇澳冷泉的功效。
4. 液體溫泉浴劑，使用方便，添加潤膚植物油，使其不但保有皮膚滋潤，軟化角質之功效，更提供美容保養之作用。
5. 本次科展作品不論是液體溫泉浴劑，溫泉粉還是溫泉球，均很容易製作，可在家裡自行製作使用。可在作品中添加無機鹽類、香味劑、藥劑、酵素或其他成份等，則更可提高泡浴的功效，提高作品之實用性及價值性。

十、參考資料：

1. 水質分析標準方法
2. 水質檢驗方法彙編——環保署環檢所
3. 環境污染物分析——鐘瑞源編者
4. 食鹽功用新發現——www.chinesedc.com

5. 溫泉介紹——home.Pchome.com

6. <http://hercafe.yam.com/her-talk/herstyle/bodyshop/200111/16/163450.htm>

|

註：我們感謝自來水公司第八區管理處慨允借用各項器材、藥品，並致上最深忱的謝意。

十一、附錄：

1. 礁溪溫泉採樣點紀錄：

(1) 溫度及 pH 測定結果

水樣 1：湯之城——宜蘭縣礁溪鄉玉石村公園路 20 號

溫度：46.0 pH：7.42

水樣 2：名池大飯店——宜蘭縣礁溪鄉大忠村五峰路 7 號

溫度：46.0 pH：7.63

水樣 3：大方溫泉——宜蘭縣礁溪鄉德陽路 225 號

溫度：48.5 pH：7.66

水樣 4：蜜月山莊民宿——宜蘭縣礁溪鄉大忠路 144~1 號

溫度：41.6 pH：7.25

水樣 5：瑞川溫泉——宜蘭縣礁溪鄉德陽路 161 號

溫度：55.0 pH：7.11

水樣 6：春和大飯店——宜蘭縣礁溪鄉仁愛路 26 號

溫度：53.3 pH：7.22

水樣 7：川湯—宜蘭縣礁溪鄉中山路二段 218 號

溫度：46.0 pH：7.80

水樣 8：礁溪溫泉路基—溫度：35.0 pH：8.40

水樣 9：巍巍大旅館—宜蘭縣礁溪鄉德陽路 33 號

溫度：49.6 pH：7.50

水樣 10：仁愛路溫泉溝公共浴池

溫度：42.0 pH：7.51

水樣 11：蘇澳冷泉—蘇澳冷泉公園冷泉生飲處

溫度：21.8 pH：5.32

十二、實驗照片與資料



成品製作工具及原料



蘇澳冷泉採樣



溫泉採樣



溫泉現場 pH、水溫分析



冷泉現場二氧化碳分析



成分分析



原理討論



成品製作



成品試用