

附件四：作品說明書封面（請將附件四、五依序裝訂成冊）

嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書（封面）

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：彭巴與牛頓的戰役~溫度大戰

關鍵詞：彭巴效應 冷卻定律 冰點（最多三個）

編號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由承辦學校統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。
4. 作品說明書任一頁請勿出現校名、作者、校長及指導教師姓名等，並且照片中不得出現作者或指導教師之臉部。

附件五：作品說明書內文

作品名稱：彭巴與牛頓的戰役~溫度大戰

摘要

主旨探討彭巴效應與冷卻定律火花相觸，其中以「溫度」為研究重心，主要想以科學的手法來佐證彭巴效應的存在。

再者，針對彭巴效應做以下分析：一、能觀察並探討不同溫度純水產生彭巴效應現象。發現，溫度若非近冰點或沸點溫度，只要溫差小，則熱水會先結冰。二、探索不同接觸面對其效應探討，發現接觸面積會影響溫度降低的情形，接觸面積大>接觸面積小者。三、運用並察覺不同溶液對彭巴效應現象，發現鹽水結冰最為迅速，其次為鹼性溶液。四、運用自製開放冷藏箱與密閉式冷凍庫中實驗對彭巴效應現象探討，其中發現，效果顯著情形自製開放式>封閉式冷凍庫。

最後，溫度變化理論並非唯一，藉由此研究來證實彭巴效應的發生，並找出彭巴效應相關影響的因素。

壹、研究動機

自從升上高年級後，學校舉辦了科普相關閱讀活動，其中溫度的探討是我們最感到興趣的議題，其中讓我們了解到藉由科學「嘉」園，從生活出發，從生活週週察覺目前現有科普現象。不可諱言，知識是一切科學的動力，並且與人類生活密不可分，以下是我們對於此題目研究動機。

一、就自然科學知識上動機探索：

其一：在科普閱讀及實驗中，我們探索前人所教授的最佳保冷相關知識，並從中著手做霜的實驗中，發現為何有些液體凝結比較快？有些比較慢？因此更加促使我們想從中研究探討其來由！

其二：在五年級時自然課堂上，老師在「熱的傳播」單元中，所教導的熱傳導與對流單元活動課程中，種下想研究「溫度」種子，並且我們更有興趣什麼液體溫度變化情形？什麼物質可以對於溫度有更高敏銳度？彼此做乎相連結，讓學習自然科學知能在生活探索。

其三：在六年級水的循環的單元中，做了「霜」延伸實驗，做冰沙的實驗。其中發現每個人帶來不同的液體卻有些人有結成冰沙，卻有些人依然還是液體。於是更讓我們從中得到研究主題。

二、就與生活上息息相關左右：

其一：我們一開始與指導老師們討論到如何研究時？老師建議我們從生活中找題目，畢竟從生活中學習是促使我們學習更有趣。

其二：於是我們從生活中看到科學，我們更有興趣凝結這個議題，於是大家彼此分工合作，找尋相關資料，來做研究。

三、與大師理論相違背動機找尋：

其一：在找尋與凝結相關理論原理時，發現牛頓提出冷卻定律，與我們議題相關，因此，我們從此研究相關資料來「做中學，學中做」等。

其二：查詢資料之餘，發現與牛頓冷卻定律相互矛盾的資料出現時，更激發出我們科學探索慾望，並著手相關研究，來探究科學真理。

以上，希望我們可以以科學知能與生活做結合，來好好研究液體溫度在彭巴效應相互關係。

貳、研究目的

為了能體驗生活周遭環境問題，並且能在觀察溫度對冷卻凝結影響，從生活中了解到我們生活與科學理論相矛盾衝擊關係，能生活中可以探索其原因，並利用凝結的觀念，來著手實驗彭巴理論，並藉由生活中垂手可得液體來當作我們研究對象，並了解其相關實驗，來達到對於彭巴與牛頓間理論衝擊交替，於是我們一同討論出以下研究目的。

- 一、能觀察並探討不同溫度純水產生彭巴效應現象。
- 二、能探索不同大小接觸面對於彭巴效應探討。
- 三、能運用並察覺不同溶液對彭巴效應現象。
- 四、能運用自製開放冷藏箱與密閉式冷凍庫中實驗對彭巴效應現象探討。

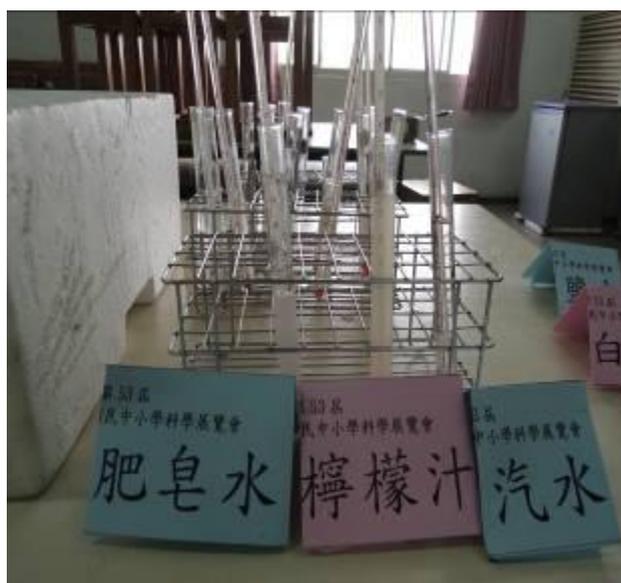
參、研究設備及器材

一、密閉冷凍庫實驗：收集所需器材以生活中常見物品來達到生活化為目的。對於各種液體所影響也會有相關差異，因此所需器材，依其簡述如下：

	設備名稱	數量	用途
基本設備	溫度計	4 支	測量溫度用
	試管	6 支	盛裝液體用
	試管架	2 組	固定位置使用
	大型冰箱	1 台	溫度實驗用
	數位相機	1 台	紀錄實驗過程用
器材	純水	3 罐	實驗液體
	燒杯	2 個	隔水加熱，維持溫度用
	酒精燈	1 組	加熱用
	三腳架	1 組	加熱用
	石棉心網	1 組	加熱用

二、開放式自製冷藏箱製作：收集所需器材以生活中常見物品為主，來探討對於各種液體所影響也會有相關差異，因此所需器材，依其簡述如下：

	設備名稱	數量	用途
基本設備	溫度計	4 支	測量溫度用
	大/小試管	各 3 支	盛裝液體用
	試管架	2 組	固定位置使用
	保麗龍盒	1 組	自製開放式器材用
	數位相機	1 台	紀錄實驗過程用
器材	純水	3 罐	實驗液體用
	燒杯	2 個	隔水加熱，維持溫度用
	酒精燈	1 組	加熱用
	三腳架	1 組	加熱用
	石棉心網	1 組	加熱用
	醋	1 瓶	實驗溶液用
	鹽	3 包	保冷劑及實驗溶液用
	小蘇打粉	1 罐	實驗溶液用
	石灰粉	1 瓶	實驗溶液用
	汽水	1 瓶	實驗溶液用
	白蠟油	1 瓶	實驗溶液用
	氨水	1 瓶	實驗溶液用
	檸檬汁	1 瓶	實驗溶液用
	雙氧水	1 瓶	實驗溶液用
肥皂絲	1 包	實驗溶液用	



肆、研究過程或方法

一、彭巴效應資料蒐集

待我們決定做出溫度變化的彭巴效應時，利用分工合作的方式發現以前也有人做過相關的科展與實驗，實驗的結果仍有可以改善的空間，因此我們就著手從文獻中討論，並就由文獻與老師討論來研究相關實驗與主題。

二、進行科展實驗

自製冷藏箱及密封式冷凍庫運用，其中使用開放式保麗龍箱盛裝是既簡易、又方便的，因為它除了可以承受低溫，還兼顧保冷的效果，在容器方面我們用了玻璃試管，我們也設計了一個實驗與一些操縱變因來測試是否影響彭巴效應。

實驗一：觀察並探討不同溫度純水產生彭巴效應現象。

操縱變因：不同純水水溫

應變變因：溫度變化

保持不變變因：1 實驗時間

2 實驗玻璃試管大小

3 實驗地點

4 測量間隔紀錄

5 液體容量

6 測量物(溫度計)的類別

7 液體的種類

條件：運用不同水溫的純水液體在封閉式冷藏室做彭巴效應凝固點效果實驗。

在課堂上開始放置容器，每隔 5 秒紀錄一次溫度，直到每個試管到凝固點以下溫度。

實驗二：能探索不同大小接觸面對於彭巴效應探討。

操縱變因：口徑大小不同試管

應變變因：溫度變化

保持不變變因：1 實驗時間

2 液體的種類

3 實驗地點

4 測量間隔紀錄

5 液體容量

6 測量物(溫度計)的類別

條件：運用不同口徑的試管，純水液體在封閉式冷藏室做彭巴效應凝固點效果實驗。

在課堂上開始放置容器於封閉式冷藏室中，每隔兩分鐘紀錄一次溫度，直到每個試管到凝固點以下溫度。

實驗三：不同溶液對彭巴效應現象影響與探討。

操縱變因：不同種類酸、鹼、中性液體

應變變因：溫度變化

保持不變變因：1 實驗時間

2 實驗玻璃試管大小

3 實驗地點

4 測量間隔紀錄

5 液體容量

6 測量物(溫度計)的類別

條件：運用不同種類酸、鹼、中性液體且相同大小試管來做實驗。

在課堂上開始放置容器於封閉式冷藏室中，每隔兩分鐘紀錄一次溫度，直到每個試管到凝固點以下溫度。

實驗四：運用自製開放冷藏箱與密閉式冷凍庫中實驗對彭巴效應現象探討。

操縱變因：實驗空間（開放或封閉式冷藏）

應變變因：溫度變化

保持不變變因：1 液體的種類

2 實驗玻璃試管大小

3 實驗地點

4 測量間隔紀錄

5 液體容量

6 測量物(溫度計)的類別

條件：在課堂上開始放置容器於封閉式與開放式冷藏室中，每隔一段時間紀錄一次溫度，直到每個試管到凝固點以下溫度，待完成後在進行下個對照組實驗。

觀察時間及溫度變化情形，並依照溫度與空間關係來探討彭巴效應。



三、整理實驗數據

在我們觀察實驗記錄表中，以電腦的 OFFICE 軟體來試圖比較相關研究實驗

的溫度曲線並從中探討各種液體在冷藏中溫度變化情形，更加從中得到一些符合理論。

伍、研究結果

一、能觀察並探討不同溫度純水產生彭巴效應現象。

實驗發現：

表 1：不同溫度純水在自製冷凍箱中溫度變化測量表

測量(度)	溫度試管	低溫試管	平常試管	高溫試管
原始溫度測量		4	18	27
第一次測量		3	11.2	20
第二次測量		2	8	15.2
第三次測量		1	6.5	12
第四次測量		1	5	9
第五次測量		1	4.5	7
第六次測量		0	4	5
第七次測量		-1	3	4
第八次測量		-1	2	2
第九次測量		-1	2	1
第十次測量		-1.3	1.5	0.8
第十一次測量		-1.6	1.1	0.2
第十二次測量		-2.1	0.8	-0.3
第十三次測量		-2.2	0.1	-0.6
第十四次測量		-2	-0.3	-0.7



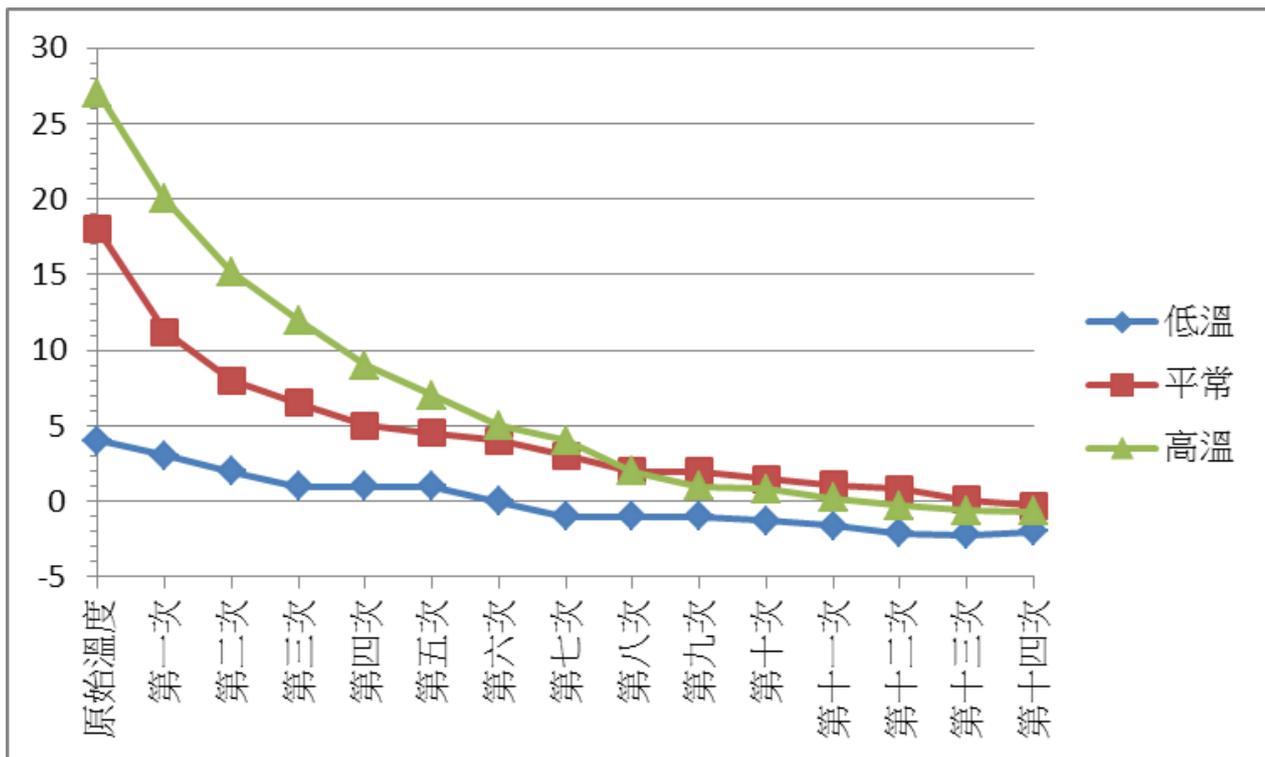


圖 1:不同溫度純水在自製冷凍箱中溫度變化折線圖

二、能探索不同大小接觸面對於彭巴效應探討。

實驗發現：

表 2：小試管在自製冷凍箱中溫度變化測量表

小試管 測量(度)	低溫	平常	高溫
原始溫度	19	24	32
第一次	13.6	18.5	26.5
第二次	9.7	13.5	17.7
第三次	7.9	8.4	6.1
第四次	5.3	3.2	0.4
第五次	1.5	0	-2.5
第六次	0	-0.5	-3
第七次	-0.5	-0.8	-3
第八次	-1	-1.2	-3
第九次	-2	-1.8	-3
第十次	-3	-2	-3.5

表 3：大試管在自製冷凍箱中溫度變化測量表

大試管	低溫	平常	高溫
測量(度)			
原始溫度	19	24	32
第一次	12.3	17.4	24.3
第二次	7.4	11.2	14.2
第三次	3	2	-1
第四次	2	1	-2
第五次	1.5	-0.2	-2.5
第六次	1.3	-0.8	-3
第七次	1	-1	-3.8
第八次	0.6	-1	-4
第九次	-1.2	-2.3	-4.7
第十次	-2.2	-1	-5.8

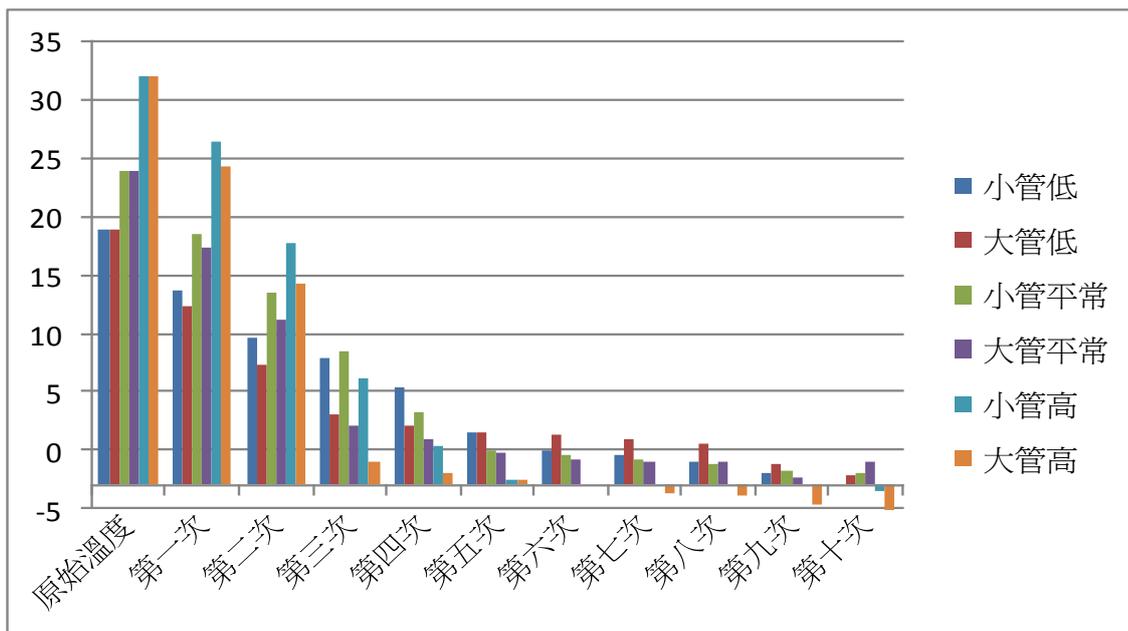


圖 2: 不同接觸面在自製冷凍箱中溫度變化長條圖

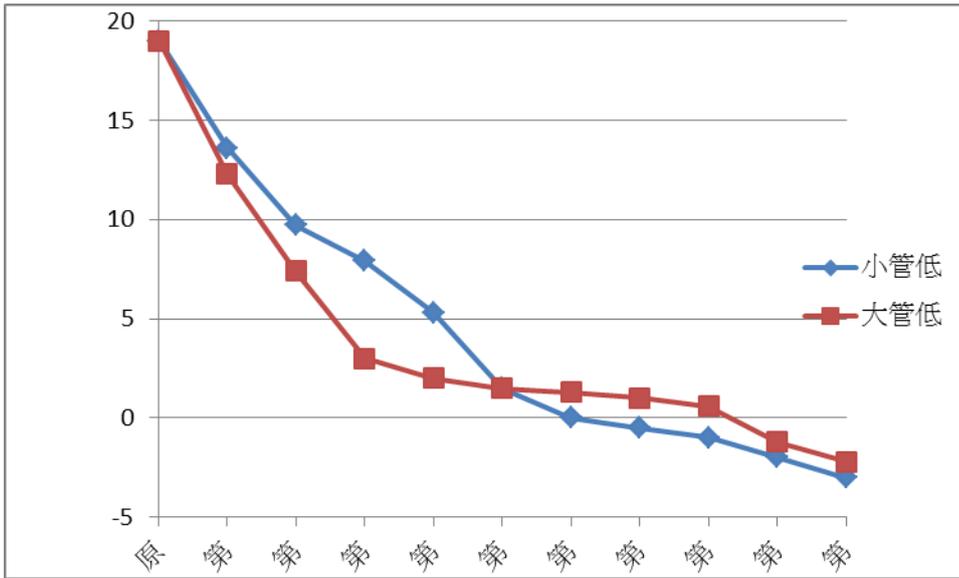


圖 3: 不同接觸面低溫試管在自製冷凍箱中溫度變化折線圖

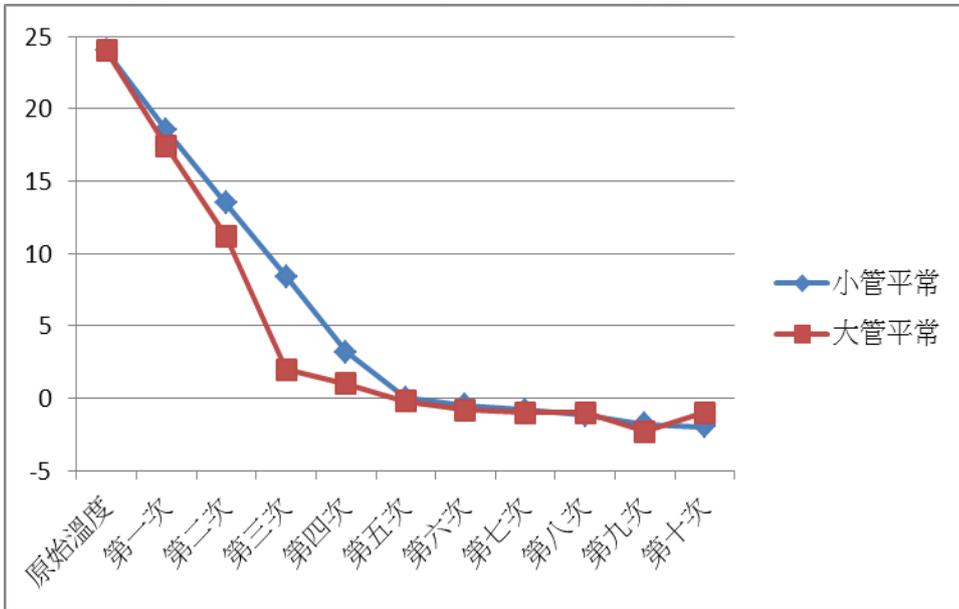


圖 4: 不同接觸面常溫試管在自製冷凍箱中溫度變化折線圖

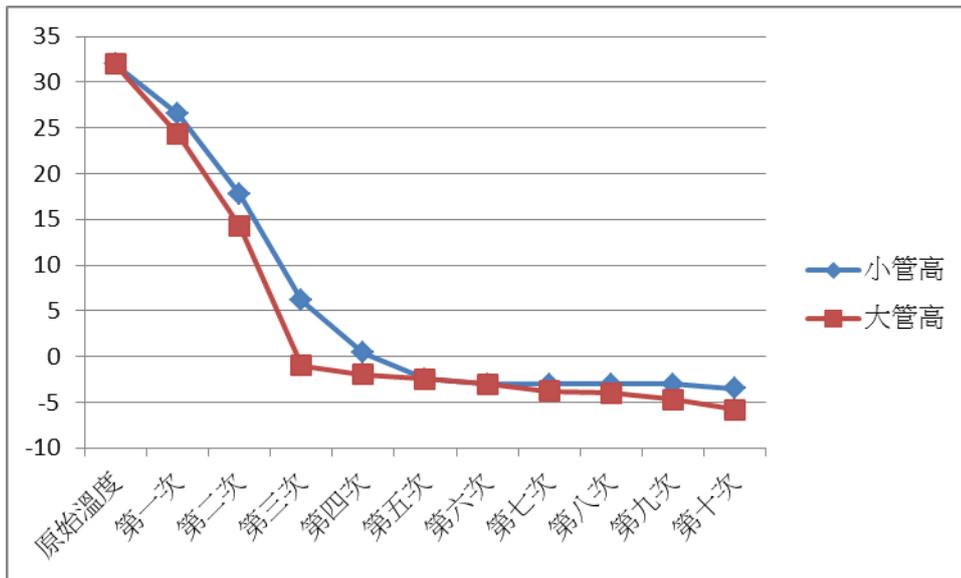


圖 5：不同接觸面高溫試管在自製冷凍箱中溫度變化折線圖

三、能運用並察覺不同溶液對彭巴效應現象。

實驗發現：

表 4：不同溶液在自製冷凍箱中溫度變化測量表

測量(度)	溶液類別(一)				
	醋酸	鹽水	小蘇打水	肥皂水	石灰水
原始溫度	28	28	28	28	28
第一次測量	25	26	25	28	23
第二次測量	23	20	20	23	21
第三次測量	15	11	11	13	15
第四次測量	11	6	6	8	10
第五次測量	8	3	3	3	7
第六次測量	3	0	1	2	4
第七次測量	2	-1	0	-2	-1
第八次測量	0	-2	-1	-5	-3
第九次測量	-1	-3	-1	-5.5	-3
第十次測量	-2	-4	-2	-6	-3
第十一次測量	-2.5	-5	-3	-6	-3
第十二次測量	-3	-5	-2	-6	-3
第十三次測量	-3	-6	-2.5	-6	-3
第十四次測量	-5	-5	-3	-6	-3

表 5：不同溶液在自製冷凍箱中溫度變化測量表

溶液類別(二)	汽水	白臘油	氨水	檸檬水	雙氧水
原始溫度	28	28	28	28	28
第一次測量	26	26	25	25.5	25.5
第二次測量	20	20	21	13	25
第三次測量	15	12	11	10	24
第四次測量	13.2	10	8	6	22
第五次測量	12.3	12	6	4	20
第六次測量	4	4	4	4	18
第七次測量	1.5	2	3	2	16
第八次測量	1	1	5	1	15
第九次測量	0	0	-1	0	13
第十次測量	0	0	-1	-1	12
第十一次測量	-1	0	-2	-1	11
第十二次測量	-1.5	0	-2	-2	9
第十三次測量	-1.8	0	-2	-2	8
第十四次測量	-0.2	0	-3	-2	5

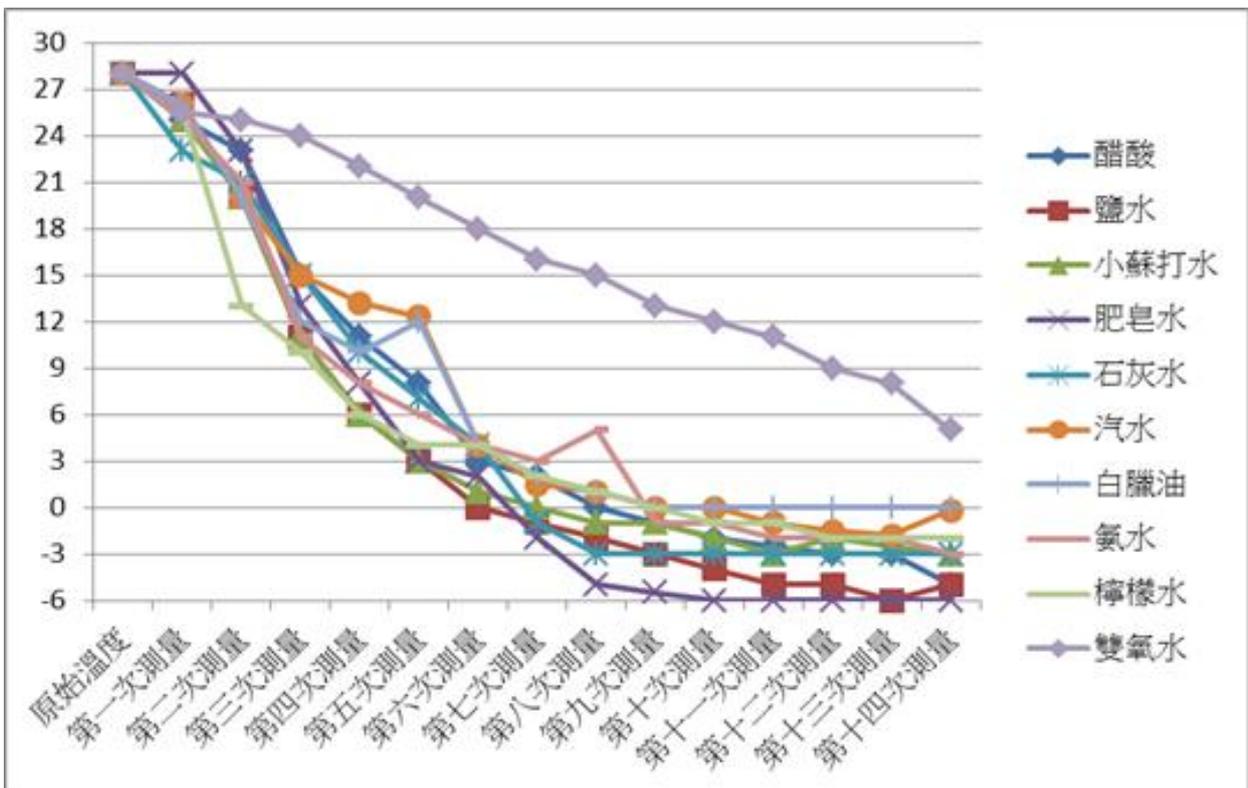


圖 6：不同液體在自製冷凍箱中溫度變化折線圖



四、能運用自製開放冷藏箱與密閉式冷凍庫中實驗對彭巴效應現象探討。

實驗發現：

表 6：不同溫度液體在開放式製冷凍箱中溫度變化測量表

開放式冷藏 測量(度)	低溫試管	平常試管	高溫試管
原始溫度測量	4	18	27
第一次測量	3	11.2	20
第二次測量	2	8	15.2
第三次測量	1	6.5	12
第四次測量	1	5	9
第五次測量	1	4.5	7
第六次測量	0	4	5
第七次測量	-1	3	4
第八次測量	-1	2	2
第九次測量	-1	2	1
第十次測量	-1.3	1.5	0.8
第十一次測量	-1.6	1.1	0.2
第十二次測量	-2.1	0.8	-0.3
第十三次測量	-2.2	0.1	-0.6
第十四次測量	-2	-0.3	-0.7

表 7：不同溫度液體在封閉式製冷凍箱中溫度變化測量表

封閉式冷藏 測量(度)	低溫	平常	高溫
原始溫度	9	29	38
第一次測量	8	22	29
第二次測量	6	19	25
第三次測量	5	18	22
第四次測量	4.5	15	19.5
第五次測量	6	13.5	17.5
第六次測量	4	13	16
第七次測量	3	11	14
第八次測量	3	10	13
第九次測量	2.5	9	12
第十次測量	2.5	8	11
第十一次測量	2	7.5	9.2
第十二次測量	1.8	7	8.2
第十三次測量	0.7	6.3	8
第十四次測量	-0.4	4	5
第十五次測量	-1.2	3.8	4.5
第十六次測量	-2.1	2.3	1.4
第十七次測量	-3.2	0.3	-0.2
第十八次測量	-3.5	-0.2	-0.8

圖 3:不同溫度純水在自製冷凍箱中溫度變化折線圖

陸、討論

一、由實驗一的實驗數據及圖表歸納來看，由小組成員討論下列情形：

(一) 根據彭巴效應所探討的是溫度越高，為什麼反而越容易使水結冰，但就其實驗結果，其實，溫度越高並不一定就越容易結冰。因為溫度越高，它的降溫狀況可能會越不好，可是，溫度越低，它的溫度狀況或許比高溫的看起來低，但它的降溫狀況卻越趨平緩。這對於是彭巴形成原因之一的「過冷」現象，算是不太有利的狀況。因為，當一物的降溫平緩，很有可能會規則的照一般情況降溫，做適當的三態變化，自然的難以達成彭巴的效果。

(二) 在做溫度控制時，在 4 度低溫試管，符合牛頓的冷卻定律先結成冰，雖不符合我們所討論的彭巴效應，因低溫實在太接近零點，不利實驗進行。但常溫與高溫分別為 18 度與 27 度，在自製容器內實驗高溫第十二次測量以達到冰點，而常溫要到第十四次才達到冰點，高溫比常溫快，與彭巴效應相互符合，其討論原因兩者溫差不能夠太多，不然成功機率較為低。

二、由實驗二的實驗數據及圖表歸納來看，由小組成員討論下列情形：

(一) 根據實驗一結果發現，其中三者溫差較為大，以低溫接近零度所以沒有造成彭巴效應反而符合牛頓所提出的冷卻定律，因此修正彼此間溫度關係，在討論修改於第二次實驗中，此次的溫度三者彼此之間不會差過 10 度，最高溫與最低溫只差異 12 度，其中發現到彭巴效應的產生符合預期，其中以先降至零點的狀況分別為：高溫 > 常溫 > 低溫，所以成果顯示是符合彭巴所提出理論。

(二) 在接觸面積來看，其中發現到大試管接觸面積到第三次就到冰點，而小試管接觸面積要到第五次才到冰點，因此我們從中討論出：所接觸的面積的大小兩試管中所盛裝容量液體相同狀況下，面積大小影響溫度傳遞，面積越大以溫度下降的狀況就會越快。

三、由實驗三的實驗數據及圖表歸納來看，由小組成員討論下列情形：

(一) 不同溶液中，發現到以鹽水到達冰點的速度最快，我們認為裡面有鹽巴在做輔助者的角色，以達到迅速降溫的效果，導致在酸、鹼、中性溶液中鹽水在第六次測量就達到冰點了。

(二) 除鹽水外，表現特為出現即是鹼性水溶液，其中以肥皂水、石灰水、小蘇打水在第七次測量就達到冰點；相反的，在液體中以雙氧水的表現在不顯著於冰點以下。

四、由實驗四的實驗數據及圖表歸納來看，由小組成員討論下列情形：

(一) 自製開放式容器內與封閉式家用冰箱冷凍庫中發現，彭巴效應如影隨形，其中，以自製效果及時間上為佳。

(二) 開放式及封閉式中溫度為-8 度及-9 度，但自製效果卻較為顯著的原因是在封閉式中，因為要測量溫度所以會定時開關，所造成溫度回溫的現象，因此，才會不如自製開放式冷藏。



柒、結論

在彭巴效應與牛頓的冷卻定律下，我們從中得到如何達成彭巴效應的結果如下：

一、溫差不能以極端溫度或溫差太大實驗，因為太接近冰點或沸點則會造成對流及其他影響，不易形成彭巴效應。

二、就溫差值而言，在 0 以上~20 度內為最佳，其中三者以溫水溫度為最佳。做了多次的實驗中，在研究表中記錄當中成功顯著數據，其中，我們曾做差異 30~70 度發現到成功機率並不是那麼高，甚至微乎其微。

三、就接觸面來看，接觸面積越大所達到冰點的速度就越快，再加上彭巴效應的指使下，大試管達到冰點較為小試管得快。

四、針對不同性質的液體中，不免發現最好的鹽水，因為鹽是輔助者的角色；其次，在鹼性溶液表現也佳。

五、封閉式冷凍讓我們大失所望，但因為控制變因開關之間與時間測量上均可能會使溫度回溫可能，所以時間上與速度上就沒有像自製開放式的佳，若往後若需進行封閉式，則可考慮用電子式測量來進行。

六、測量儀器上，本研究以酒精溫度計來做測量，倘若經費與器材許可下，採用電子式測量會使結果更為精確。

七、針對放置位置而言，不管是密閉式抑或開放式中，每個位置溫度也不為相同，往後若是需要再做此研究，這點必須考量進去，針對位置在做實際溫度比較。

捌、參考資料及其他

一、彭巴效應 | 維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-hk/94>，2013/02/19 瀏覽。

二、彭巴效應 | 國科會高瞻自然科學教學平台，

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%e5%bd%ad%e5%b7%b4%e6%95%88%e6%87%89>，2013/03/02 瀏覽。

三、許博硯 (2008)。彭巴效應及水凝固之探討 A Study of the Mpemba Effect and Water Solidification。國立台灣科技大學機械工程系：碩士論文。

四、蔡坤憲譯 (2001)，(太陽電力公司)。新北市：新自然主義出版股份有限公司。