

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳創意獎

081544

強強滾-沸騰氣泡與氣體測溫的研究

學校名稱： 臺北縣板橋市埔墘國民小學

作者：	指導老師：
小五 柯映竹	柯文賢、 林慶生
小五 江品萱	
小五 林柏聿	
小六 郭元富	
小六 林子翔	

關 鍵 詞：沸騰氣泡、氣體溫度計

強強滾---沸騰氣泡與氣體測溫的研究

摘要

水的沸騰是一個很平常的現象，但卻隱藏了許多深奧的學問。本研究配合牛頓版自然與生活科技第五冊第三單元奇妙的水，第六冊第一單元物質與熱，延伸深入探索水的沸騰現象，觀察水加熱時氣泡的大小變化、上升的速率及路徑、不同氣壓下的沸騰溫度等，並試圖以強制氣泡的大小和冒泡的頻率來測量水溫，最後發現容積固定的燈泡球內，氣體熱脹冷縮的體積、壓力都隨著溫度而成比例變化，因而成功的自製一個玻璃球氣體溫度計，搭配毛細管則靈敏度更高。

一、研究動機：

本學期自然課，老師指導我們觀察水蒸氣遇冷凝結成小水滴的現象，當我們剛用燒杯把水加熱時，看到由杯底和杯壁冒出一顆顆的小氣泡，而沸騰時冒升的氣泡又大又急促，大家都被這一幕精采的變化深深吸引，當然腦中也充滿許多的疑問，激起我們想一探究竟的衝動，於是就在老師指導下展開本研究。

二、研究目的：

- (一)觀察水加熱時氣泡量的變化、氣泡的大小、上升速率及路徑的變化。
- (二)探討沸騰氣泡為何不是圓球形的？
- (三)探討水位高低不同，加熱時的沸騰氣泡有何差異？
- (四)探討水溫未達沸點所形成的氣泡和全面沸騰 100°C 的氣泡有何不同？
- (五)探討為何大氣泡上升速率快，小氣泡上升速率慢？
- (六)探討不同氣壓下，水的沸騰溫度有何不同？
- (七)探討是否能以強制氣泡的大小和冒泡的頻率來測量水溫？
- (八)探討容積固定的空氣是否可以測溫？空氣熱脹冷縮的體積、壓力變化是否和溫度成比例關係？
- (九)自製玻璃球氣體(微)溫度計。

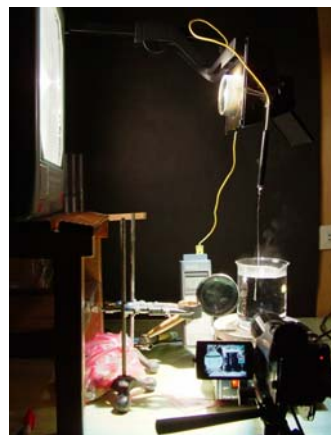
三、研究器材及設備：

瓦斯爐、平板加熱器、數位攝影機、照相機、影像處理軟體、電腦、燒杯、電子溫度計、投影機、放大鏡、碼錶、塑膠管、橡膠膜、塑膠瓶、黏著劑、注射針筒、錐形瓶、方形壓克力容器、L 型玻璃管、打氣馬達、電加熱棒、透明片、刻度滴管、活栓、矽膠管、耐熱膠、冰塊、鹽、酒精、壓克力管、藍墨水、尺、毛細管、酒精溫度計、試管。

四、研究過程與方法：

(一)水的沸騰現象觀察

實驗 1：水加熱時氣泡量與氣泡大小的變化
方法：



- (1)將燒杯裝水用瓦斯爐加熱至沸騰。
- (2)用數位攝影機拍攝不同水溫下氣泡生成的過程。
- (3)用影像處理軟體，擷取不同水溫時的影像，比較氣泡量的變化。

實驗 2：水沸騰時氣泡上升的大小變化

方法：

- (1)將沸騰的水以平板加熱器加熱，拍攝擷取氣泡上升的影像。
- (2)用慢速定格播放的方式，選取列印指定氣泡上升過程中的所有影像。

實驗 3：水加熱時，氣泡上升的速率及路徑變化

方法：

- (1)擷取實驗 1 的影像，比較不同水溫時，氣泡冒出及上升的速率。
- (2)用慢速快門拍攝氣泡上升時的拖曳影像，分析氣泡上升的路徑。

(二)沸騰氣泡為何不是圓球形的？

方法：

- (1)擷取沸騰氣泡剛由杯底表面形成和浮升水中的影像，觀察氣泡的形狀。
- (2)用注射針筒、塑膠管、橡膠膜、塑膠瓶等材料，自製簡易水壓計，比較水中不同深度的水壓大小。

(三)水位高低不同，加熱時的沸騰氣泡有何差異？

方法：

- (1)用簡易水壓計，測量不同水位高低時，容器底部和貼近水面處的水壓大小。
- (2)將燒杯分裝不等量的水，加熱至沸騰，用(一)實驗 2 方法，比較氣泡的變化。

(四)水溫未達沸點所形成的氣泡和全面沸騰 100℃ 的氣泡有何不同？

方法：

同(一)實驗 2 的方法，拍攝水溫 98℃ 和 100℃ 以上的氣泡做比較分析。

(五)為何大氣泡上升速率快，小氣泡上升速率慢？

方法：

- (1)用大小塑膠容器各 2 個，貼上繃緊程度相同的塑膠膜，並將底部相接。
- (2)側面各穿 2 孔，接上塑膠管連接至針筒 U 型管，即完成大小氣泡壓力差浮力計。
- (3)用凸透鏡放大碼錶時間數字，同時將碼錶與上升的大小氣泡用 DV 拍攝，同(一)實驗 2 方法，計算大小氣泡上升至相同指定高度所花的時間。

(六)不同氣壓下，水的沸騰溫度有何不同？

方法：

- (1)用分支錐型瓶裝水 200ml 加熱至沸騰，用針筒將空氣打入瓶中，觀察沸騰氣泡冒升情形。
- (2)停止加熱，當水溫下降後，用針筒抽氣降低氣壓，比較不同水溫時，再出現沸騰氣泡的抽氣量。

(七)強制氣泡的大小變化可以測量水溫嗎？

方法：

- (1)在方型壓克力容器側面接近底部處穿孔插入 L 型玻璃管，連接固定壓力的打氣馬達。
- (2)在容器底部裝置電加熱棒，調整水溫。
- (3)用電腦繪製列印 2mm×2mm 的小正方形方格，再影印至透明片上，貼在容器外表層。
- (4)裝水 15 公分高，並由底部 L 管打入氣泡，用 DV 拍攝，計算不同水溫時，氣泡上升至相同高度的面積大小。

(八)強制氣泡冒泡的頻率可以測量水溫嗎？

方法：

- (1)在 4×4×20cm 的方型壓克力容器側面近底部穿孔插入 L 型玻璃管，並連接固定壓力的打氣馬達。
- (2)固定裝水的深度 12cm，調配不同的水溫，用碼錶測量強制氣泡冒升 10 顆所需的時間，每種水溫測量 5 次求平均。



(九)容積固定的空氣，可以測量溫度嗎？

1.氣體熱脹冷縮的體積變化與溫度的關係

方法：

- (1)將刻度滴管固定在塑膠容器上方，滴管上端連接進氣活栓和長矽膠管。
- (2)用針筒抽水上升到適當高度，並關閉活栓，使水位不會下降。
- (3)用排水集氣法，測量氣體受熱膨脹的體積量。用水位上升法，測量氣體冷縮的體積。

2.氣體熱脹冷縮的壓力變化與溫度的關係

方法：

- (1)用壓克力管、矽膠管、進氣活栓製作一個氣體壓力差測量器。
- (2)管中裝入飽和食鹽水並染色，調整左右兩管在相同水位高度，做上記號，關閉活栓。
- (3)浸泡不同溫度的水，調整液面高度回到原記號點，以保持玻璃球氣體體積不變。
- (4)用尺測量左右兩管的液面高度差，測量 3 次求平均值。

(十).燈泡玻璃球氣體溫度計的製作

方法：

- (1)由(九)1.2.得知，氣體的體積和壓力會隨溫度而成比例變化，因此我們利用氣體熱脹冷縮的原理，自製一個玻璃球氣體溫度計。
- (2)將玻璃球浸入 0°C 碎冰中，塞緊左管橡膠塞，待水柱穩定，在液面做上記號，此刻度就是 0°C 的位置。
- (3)調配不同水溫，將玻璃球浸入不同溫度的水中，分別做上記號。
- (4)測量不同水溫下，左右管液柱上升後與 0°C 的液面差。

(十一)燈泡玻璃球氣體微溫度計的製作與應用

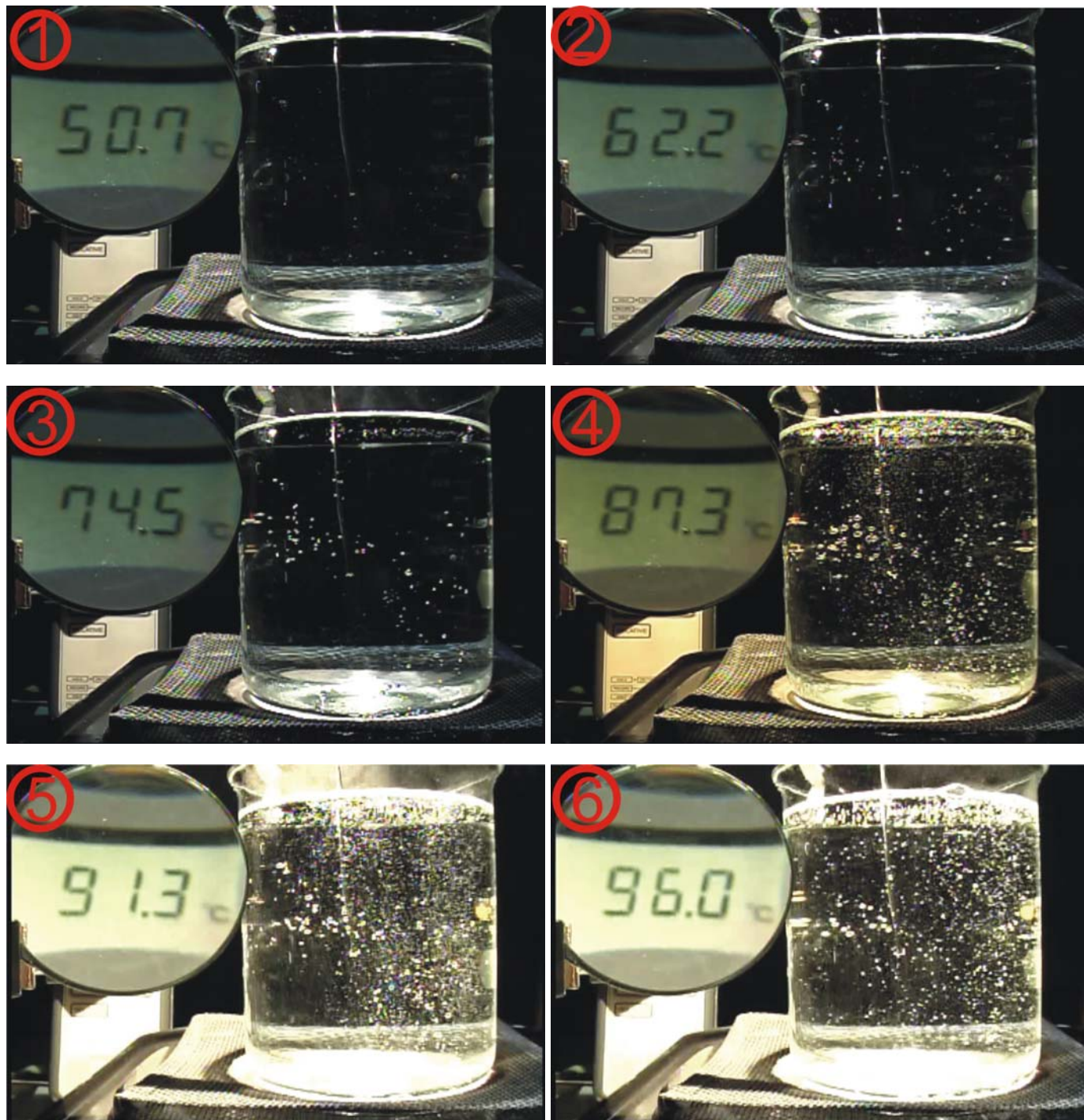
方法：

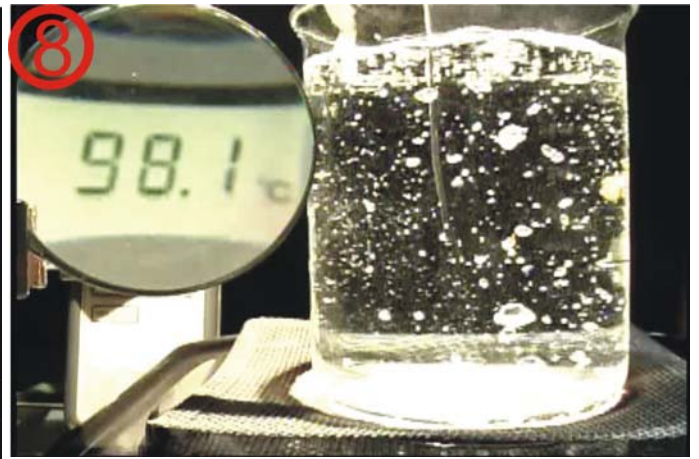
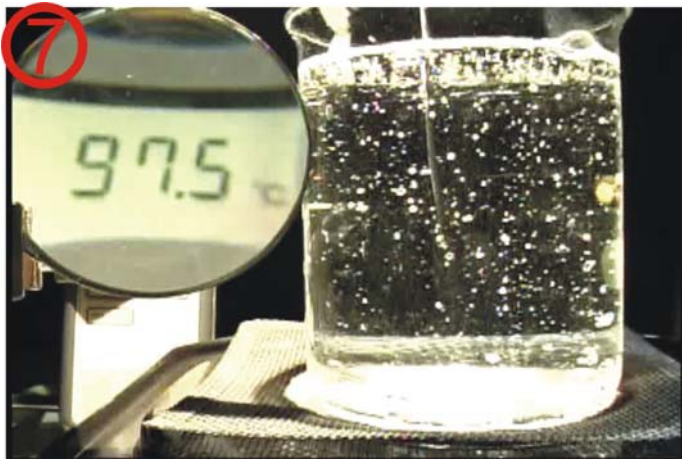
- (1)將(十)氣體溫度計的左管改用毛細管，使氣體熱脹冷縮時，液柱的升降更明顯。
- (2)將錐形瓶裝水加熱，連接導管至試管中，把試管放在冷水中冷卻，用氣體微溫度計測量蒸氣冷凝成水的放熱反應。
- (3)用衛生紙沾酒精，包在玻璃球上，測量酒精揮發時的吸熱反應。

五、研究結果：

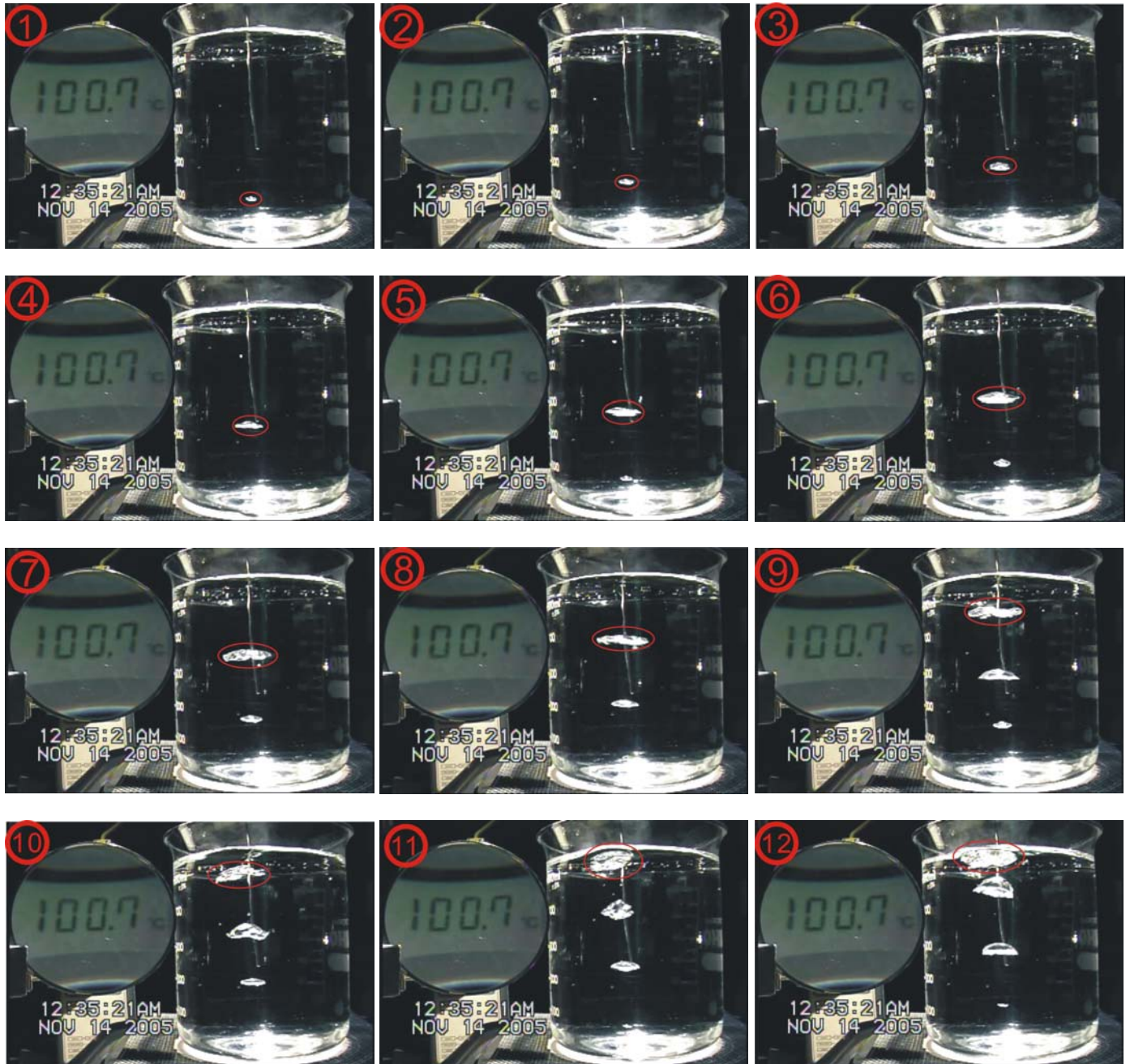
(一)水的沸騰現象觀察

實驗 1：水加熱時氣泡量與氣泡大小的變化





實驗 2：水沸騰時氣泡上升的大小變化

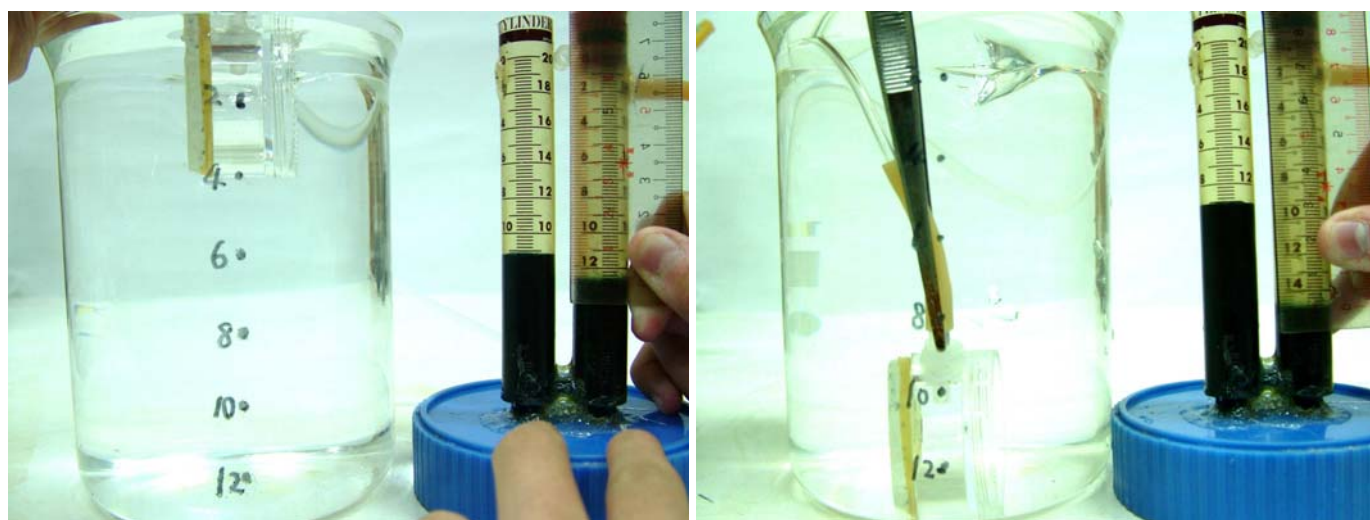


實驗 3：水加熱時，氣泡上升的速率及路徑變化



- (1) 水溫越低，小氣泡上升緩慢；水溫越高，大氣泡上升越快速，尤其 99°C 以上的沸騰氣泡，上升最急促。
- (2) 氣泡上升時並非直線上升，且每一氣泡上升的路徑都不相同。

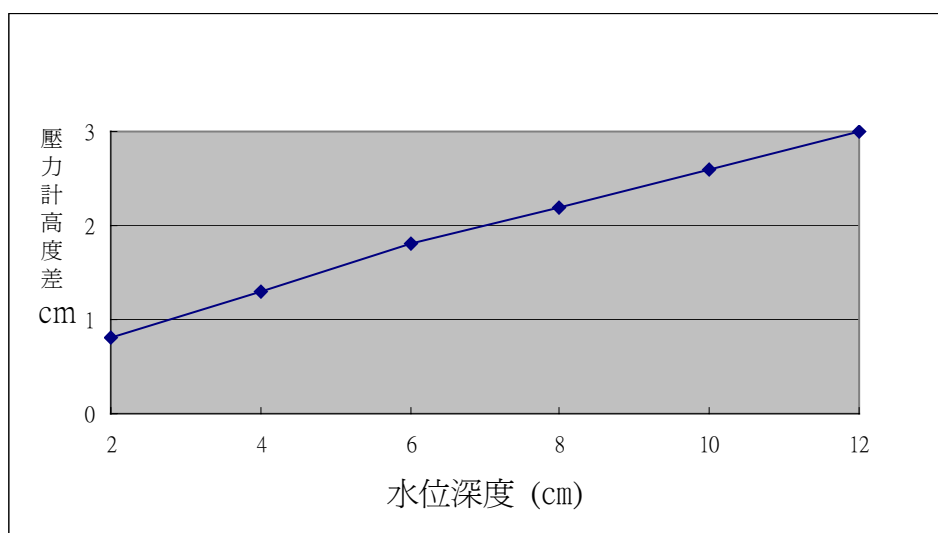
(二)沸騰氣泡為何不是圓球形的？



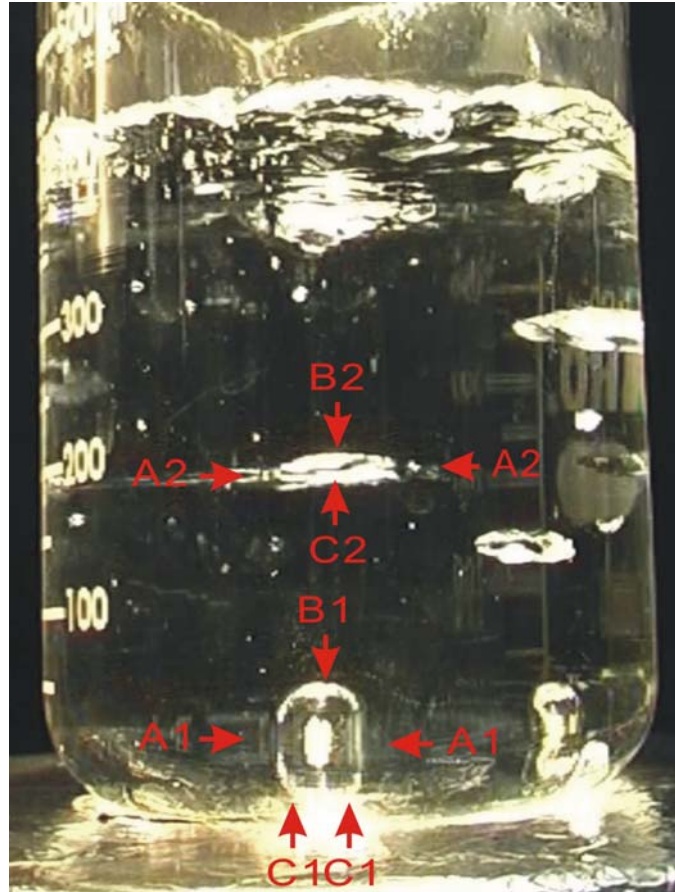
上層水壓小

底層水壓大

水位深度(cm)	2	4	6	8	10	12
壓力計高度差(cm)	0.8	1.3	1.8	2.2	2.6	3.0



- 1.壓力計離水面越深，兩管液面差越大，壓力越大。
- 2.壓力計越貼近水面，兩管液面差越小，壓力越小。

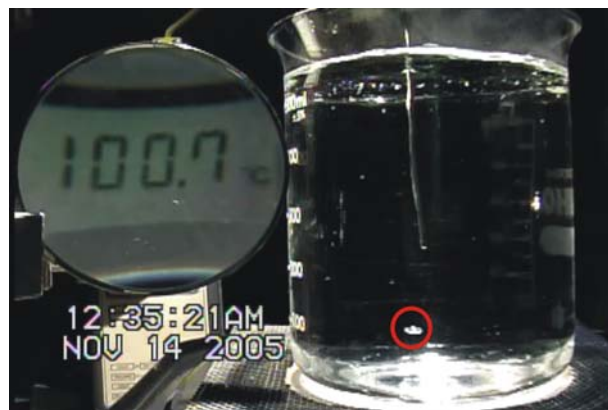


- 1.由簡易水壓計測量得知，水深度越深，壓力越大，而相同的水位，壓力也就相同。
- 2.底層氣泡形成時，側壓 $A1 > B1$ ，氣泡四周壓力不相等，所以不是圓球形。加上氣泡受熱膨脹，當氣泡膨脹到向上的浮力超越 $B1$ 時，氣泡就上浮。

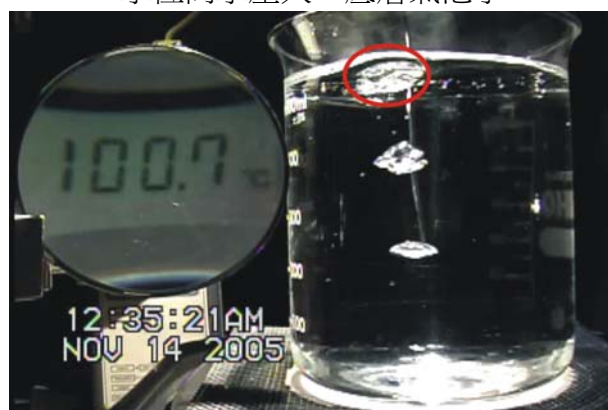
(三)水位高低不同，加熱時的沸騰氣泡有何差異？



水位低水壓小，底層氣泡較大



水位高水壓大，底層氣泡小



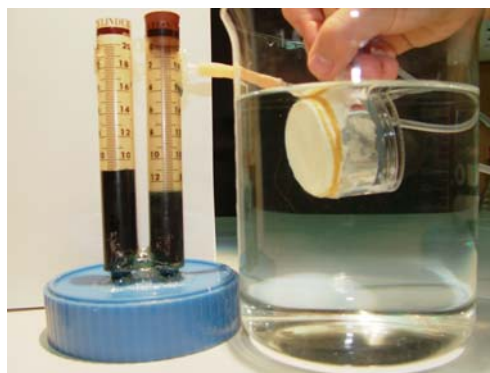
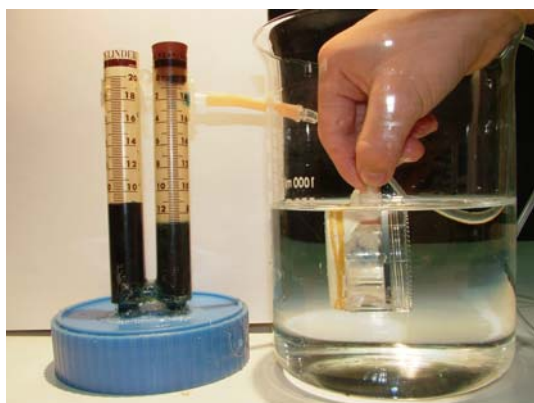
氣泡浮升到貼近水面處，水壓相等，沸騰氣泡大小很接近



水位低，底層水壓小

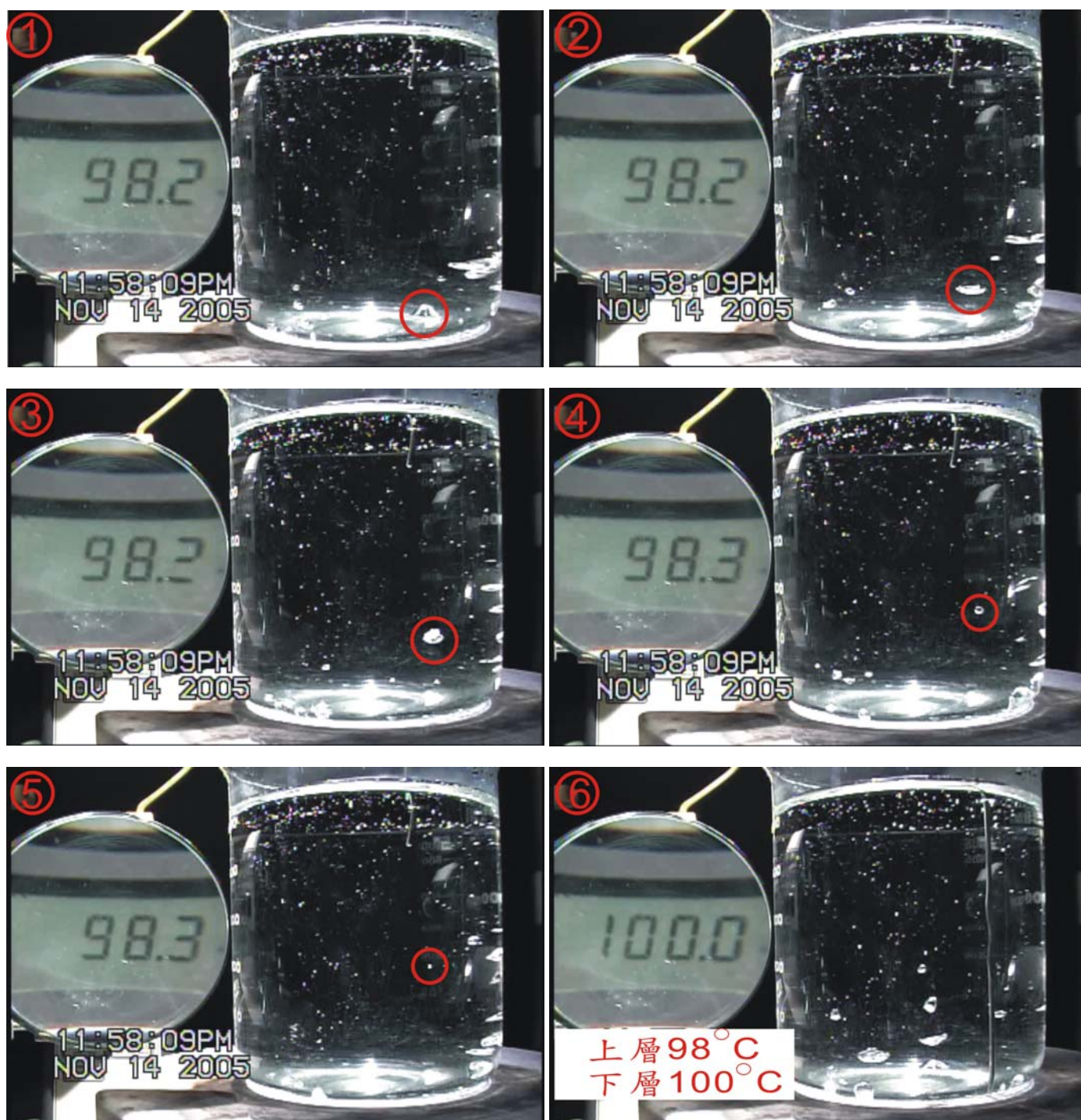


水位高，底層水壓大



水位高低不同，貼近水面處水壓仍相等

(四)水溫未達沸點所形成的氣泡和全面沸騰 100°C 的氣泡有何不同？



(五)為何大氣泡上升速率快，小氣泡上升速率慢？

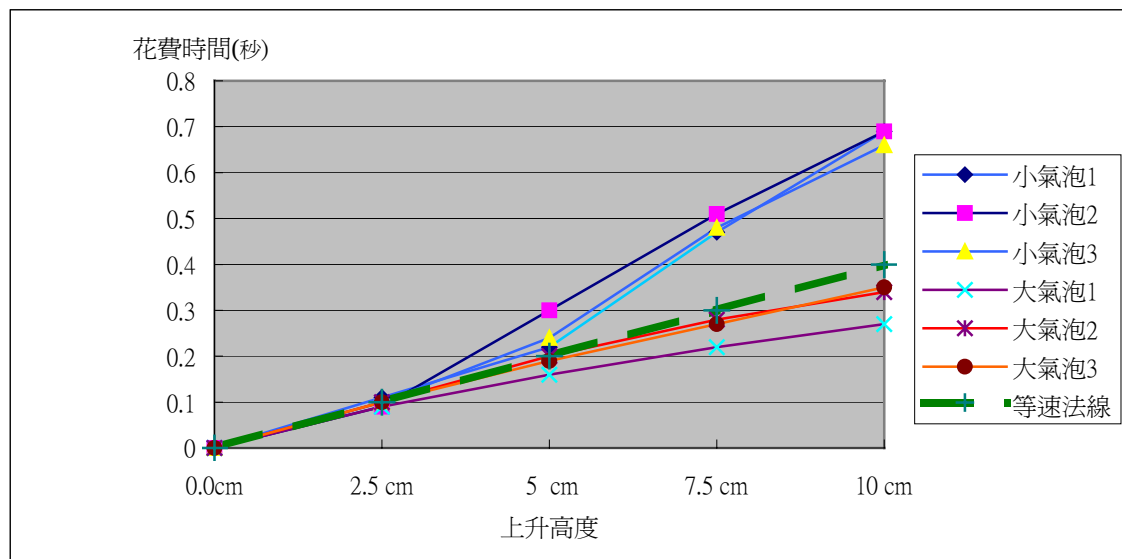


水溫未全面沸騰，小氣泡上升速率慢



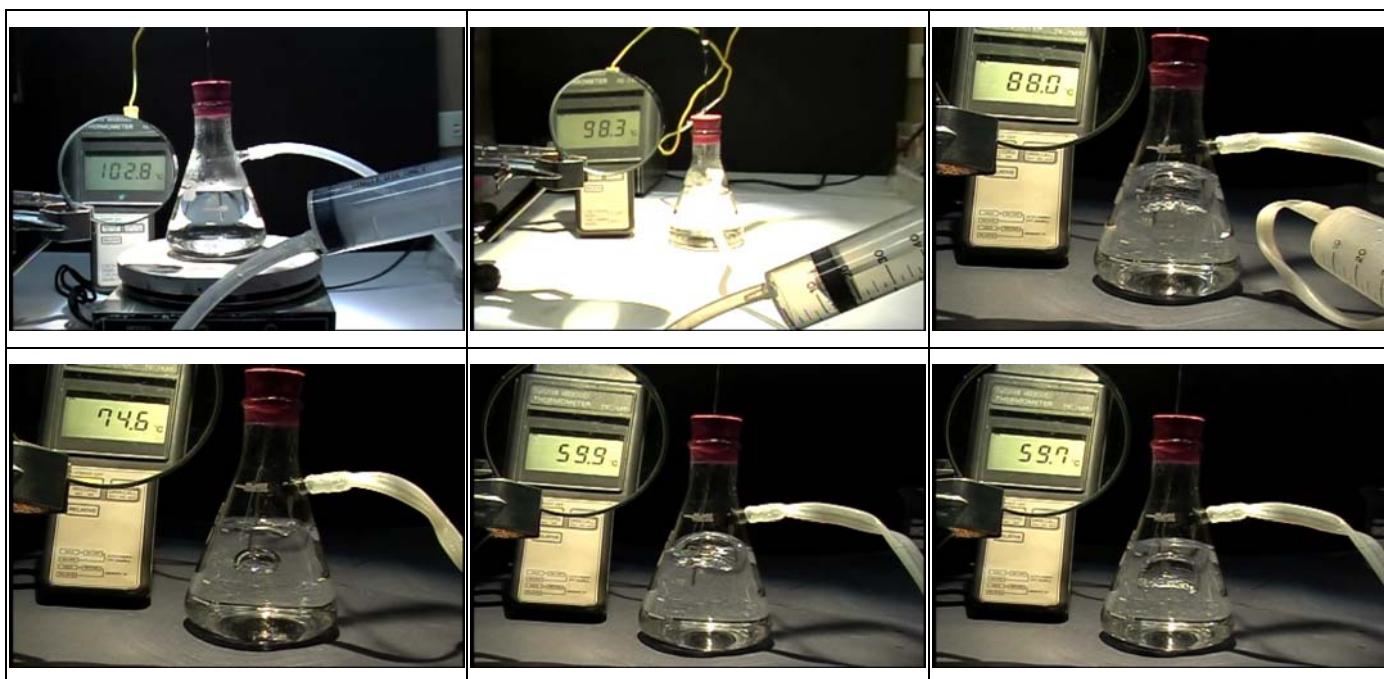
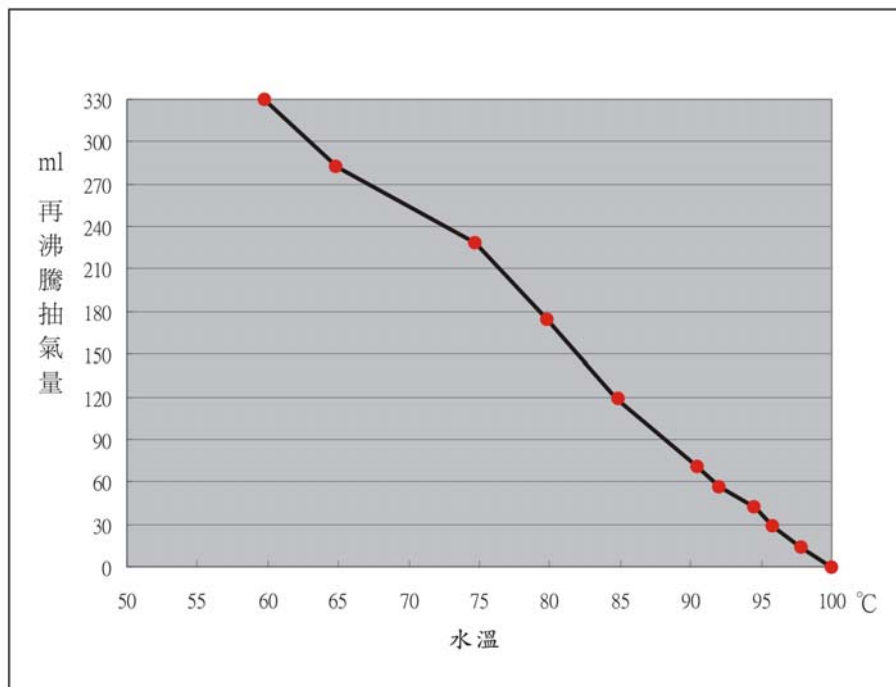
沸騰大氣泡上升速率快

花 費 時 間 (秒) 氣 泡 上 升 高 度	未沸騰小氣泡			沸騰大氣泡		
	1	2	3	1	2	3
2.5 cm	0.11	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
5 cm	0.22	0.30	0.24	0.16	0.20	0.19
7.5 cm	0.47	0.51	0.48	0.22	0.28	0.27
10 cm	0.69	0.69	0.66	0.27	0.34	0.35

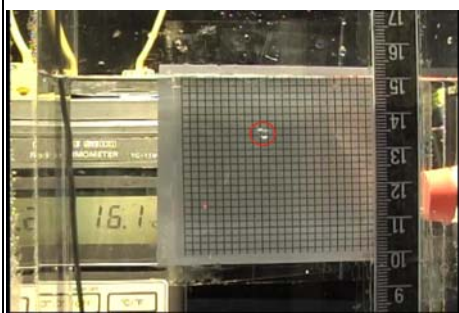
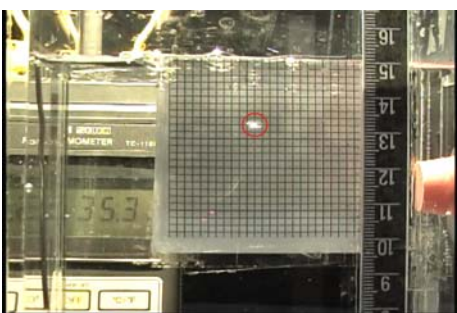


(六)不同氣壓下，水的沸騰溫度有何不同？

水溫℃	100	98.3	96.4	94.0	92.7	90.6	85.0	80.1	74.6	64.6	59.5
再沸騰 抽氣量(ml)	0	15	30	40	55	75	120	175	225	280	330



(七)強制氣泡的大小變化可以測量水溫嗎？

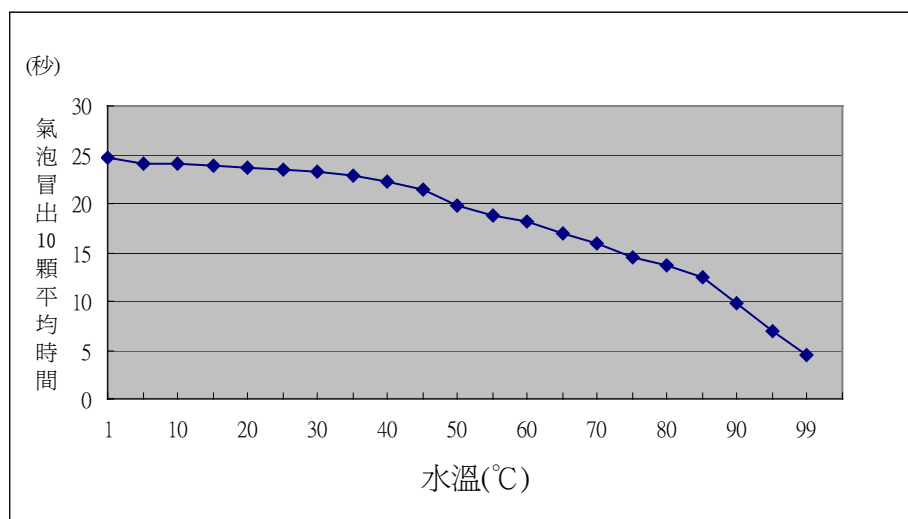
		
水溫 16°C，氣泡面積約 8 mm ²	水溫 35°C，氣泡面積約 8 mm ²	水溫 50°C，氣泡面積約 8 mm ²
		
水溫 75°C，氣泡面積約 10 mm ²	水溫 98°C，氣泡面積約 38 mm ²	水溫 100°C，氣泡面積約 84 mm ²

- 1.強制氣泡打入水中，會因水溫增高而有變大的趨勢，但並不很明顯，和(一)實驗 1 水加熱時的氣泡大小變化相似，要到接近沸騰時(90 幾度)才有明顯變大的現象。
- 2.因在中低溫時，氣泡大小變化不明顯且會翻轉變形，所以用強制氣泡的大小來測量水溫並不適宜，但能判斷水溫是否已接近沸騰溫度。

(八)強制氣泡冒泡的頻率可以測量水溫嗎？



水溫℃	冒泡 10 顆時間(秒)					平均時間(秒)
	1	2	3	4	5	
99	4.53	4.48	4.52	4.44	4.55	4.50
95	7.12	7.09	6.86	6.99	7.14	7.04
90	9.91	9.81	9.90	9.79	9.78	9.84
85	12.48	12.56	12.64	12.66	12.43	12.55
80	13.68	13.78	13.73	13.64	13.84	13.73
75	14.56	14.42	14.57	14.67	14.36	14.52
70	15.89	15.92	16.09	16.01	16.13	16.01
65	16.81	16.89	17.12	17.06	17.12	16.94
60	18.12	18.18	18.25	18.17	18.23	18.21
55	18.89	18.75	18.87	18.69	18.72	18.78
50	19.84	19.96	19.86	19.84	19.92	19.88
45	21.37	21.42	21.26	21.48	21.28	21.36
40	22.18	22.36	22.24	22.33	22.31	22.30
35	22.76	22.77	22.84	22.86	22.72	22.79
30	23.14	23.31	23.18	23.12	23.24	23.19
25	23.51	23.58	23.41	23.40	23.48	23.48
20	23.77	23.94	23.68	23.50	23.58	23.69
15	24.02	23.82	24.12	23.81	24.06	23.97
10	24.00	24.1	24.16	23.80	24.24	24.06
5	24.31	24.26	24.10	24.02	24.18	24.17
1	24.69	24.73	24.63	24.86	24.95	24.77

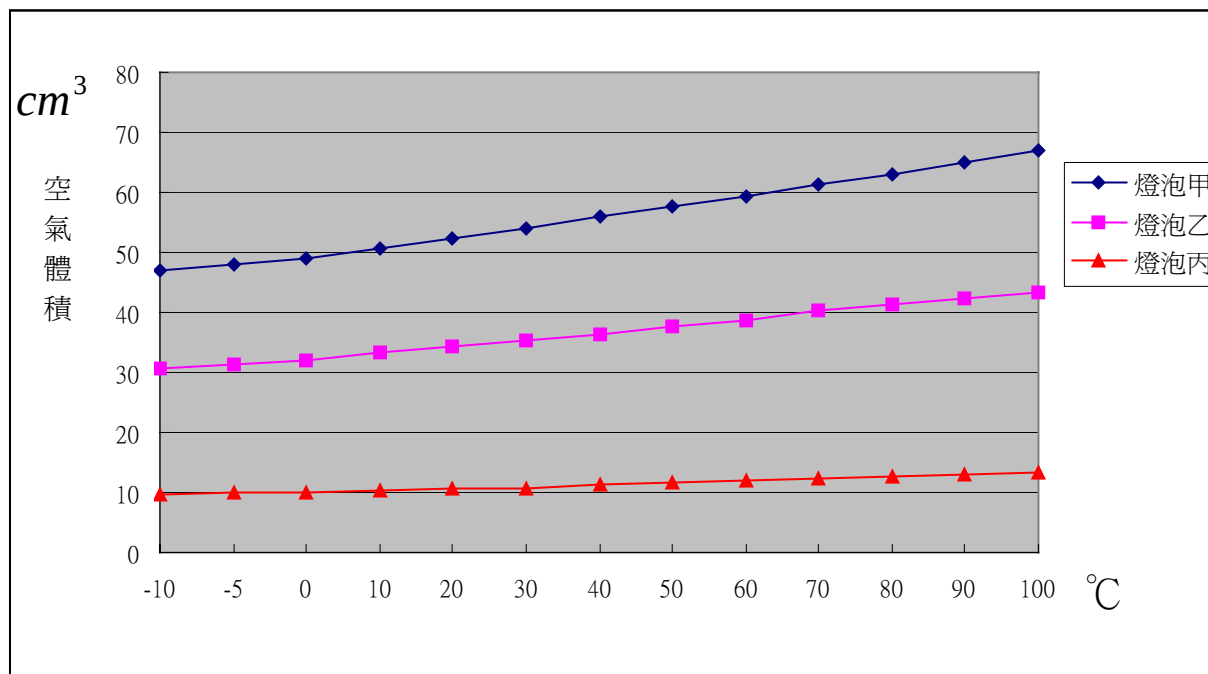


1. 強制氣泡冒出的頻率會隨著水溫的增高而變快。低溫時氣泡冷縮，冒出的頻率變慢；高溫時氣泡膨脹，很快脫離出氣口，冒出頻率快。
2. 水溫 40°C 以下，強制氣泡冒升頻率變化較平緩，冒泡平均時間差距較小，水溫判定較不精準；40°C 以上氣泡冒升頻率變化較大，水溫判定較明顯精準。
3. 有穩定的固定壓力打氣裝置和更精準的時間測量，一定可以藉由打入強制氣泡冒出的頻率來測量水溫。

(九)容積固定的空氣可以測量溫度嗎？

1.氣體熱脹冷縮的體積變化與溫度的關係

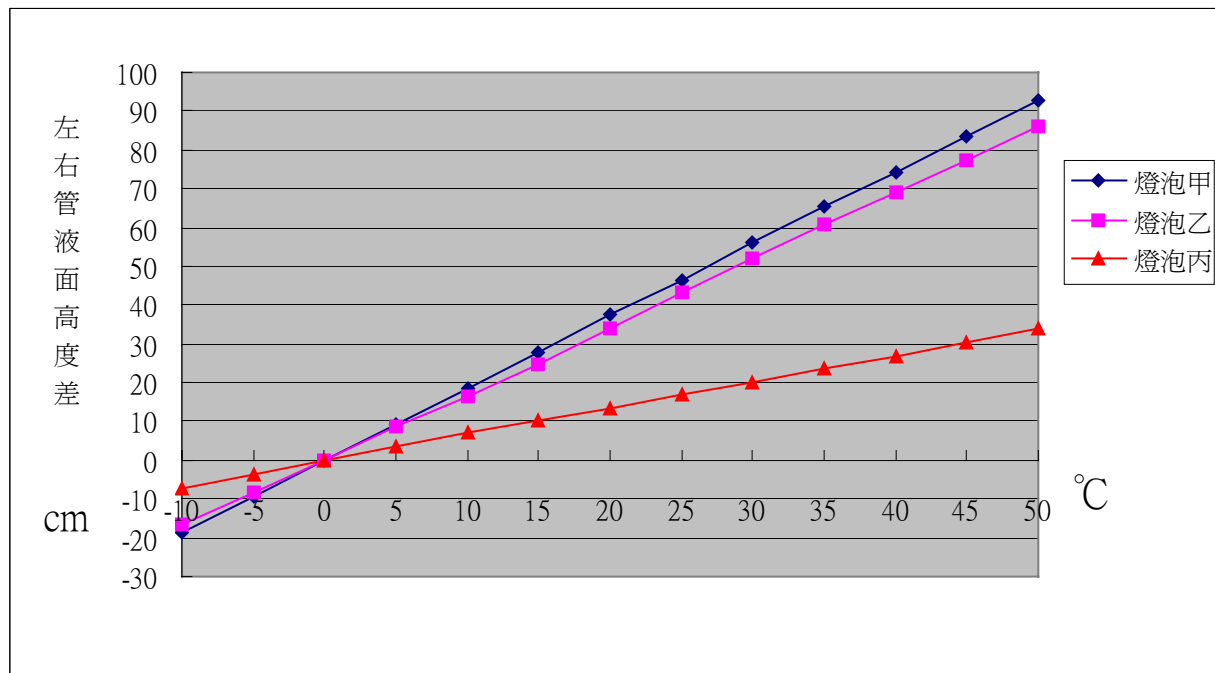
(1)



- 1.當壓力維持一定時，溫度越高，氣體膨脹的體積也越多；溫度越低，氣體冷縮的體積也越多。
- 2.由折線圖接近直線得知，當氣體升降相同的溫度時，體積膨脹或冷縮的比例都一樣。

2.氣體熱脹冷縮的壓力變化與溫度的關係

(1)

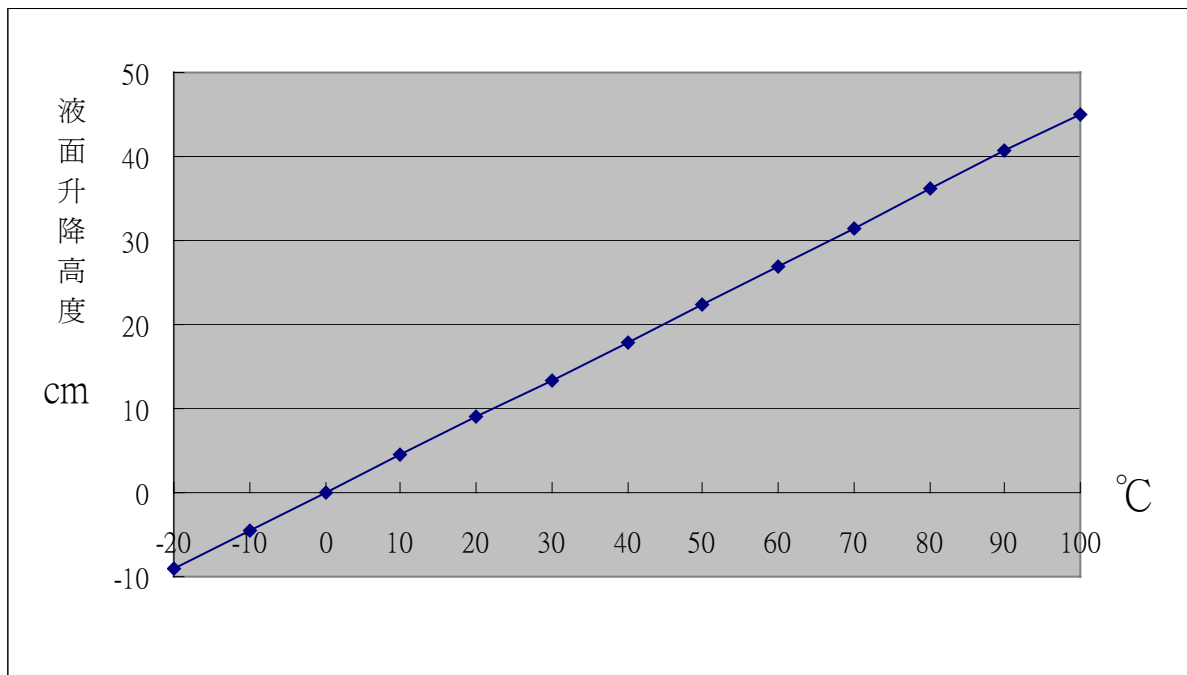


- 1.由折線圖接近直線得知，容積固定的氣體，壓力隨著溫度而成比例變化，溫度越高，壓力越大。
- 2.三條曲線傾斜程度不同，是三種燈泡的材質不同，傳熱的感應程度不一樣所造成的。

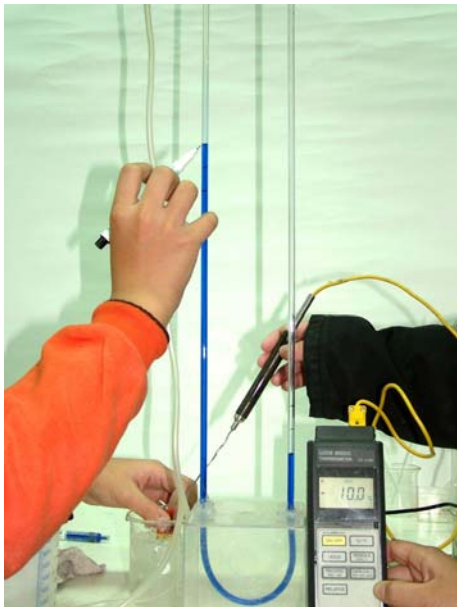
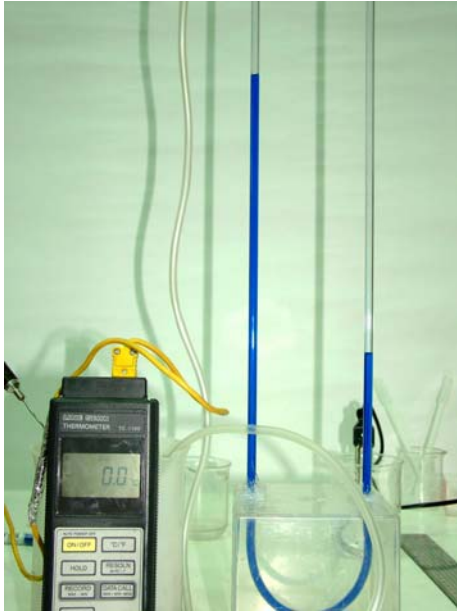
(十)玻璃球氣體溫度計的製作

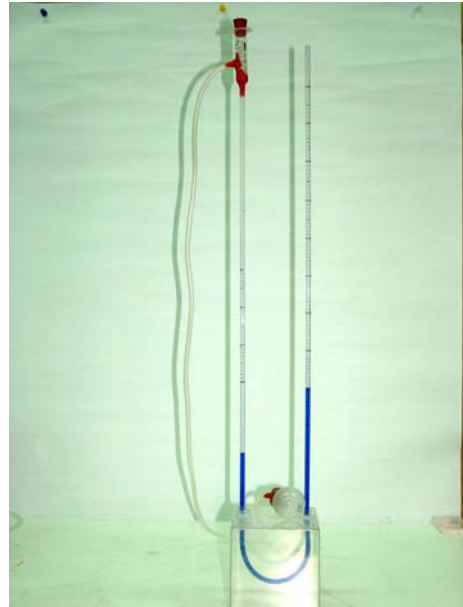
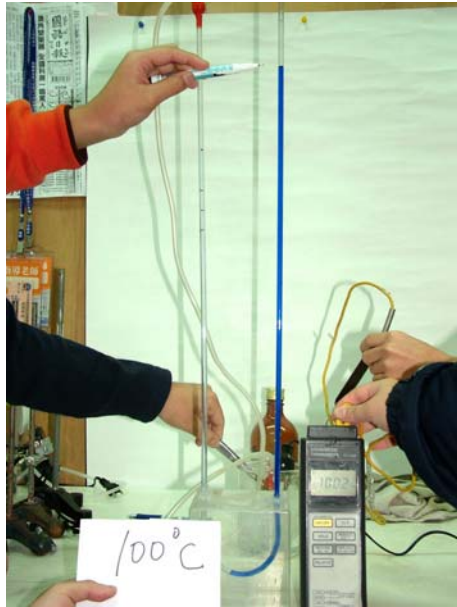
液柱高度變化記錄表

溫度 ℃	-20℃	-10℃	-5℃	0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃
液柱 高度 變化 cm	-9.0	-4.5	-2.2	0.0	+4.5	+9.0	+13.4	+17.9	+22.3	+26.8	+31.4	+36.1	+40.7	+45.1



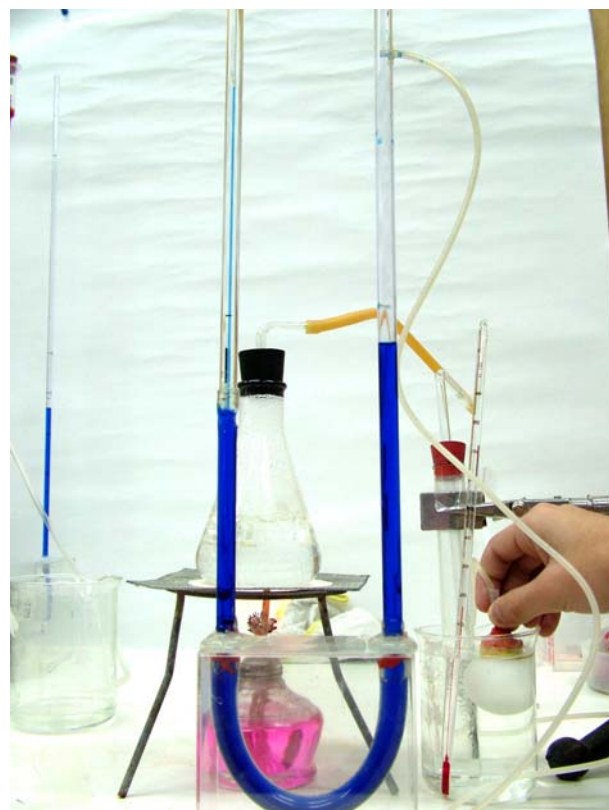
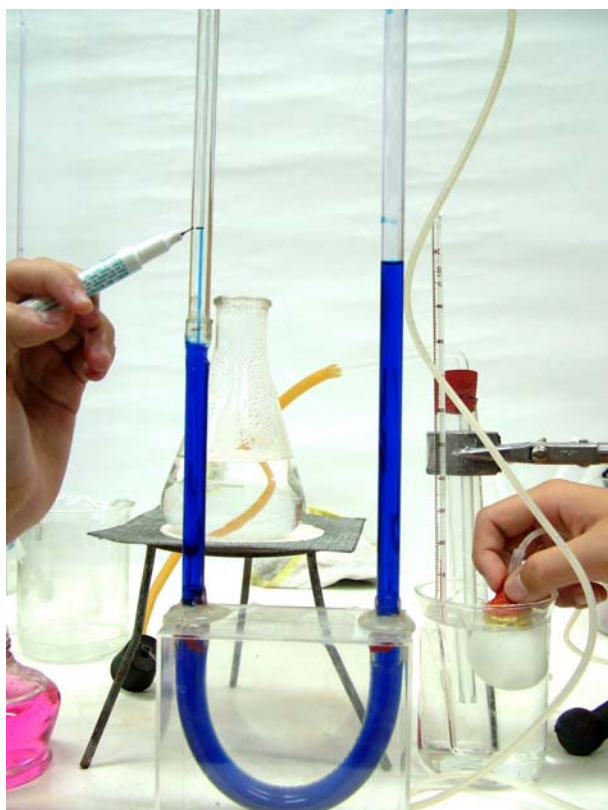
- 1 玻璃球對熱的傳導靈敏，溫度升降與管柱的液面升降高度成比例變化。
- 2.溫度每升降 10℃，液柱也規律的約升降 4.5CM，再把刻度平均細分，製成一精密度比酒精溫度計高的氣體溫度計。



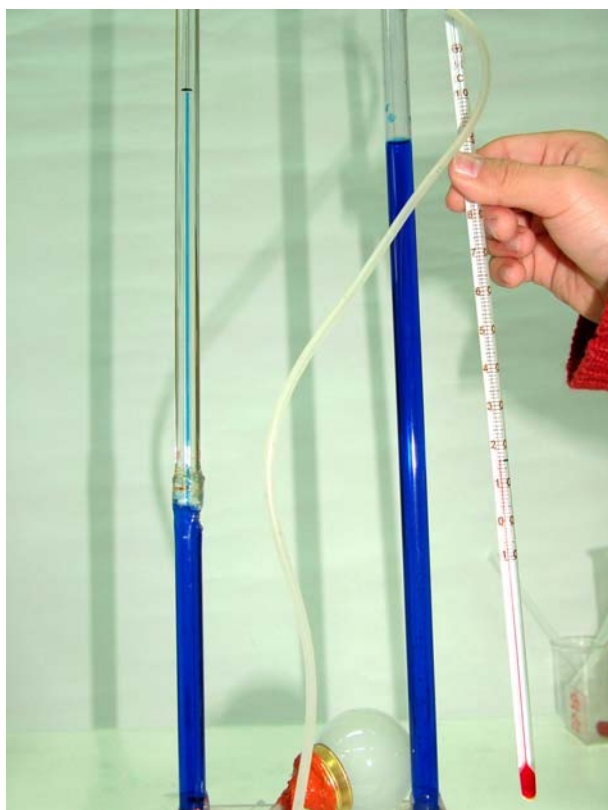


(十一)玻璃球氣體微溫度計製作與應用

(1)蒸氣冷凝時的放熱反應檢測



(2)酒精揮發時的吸熱反應檢測



- 1.水蒸氣冷凝成水時，會放出熱量，玻璃球的氣體感應靈敏，毛細管中液柱明顯上升，而酒精溫度計液柱變化不明顯。
- 2.酒精揮發時，需吸收周圍熱量，氣體微溫度計中的毛細管液柱明顯下降，而酒精溫度計液柱變化不明顯。

六、討論：

(一)水加熱至沸騰時的現象觀察

1.水加熱時在杯底和杯壁的氣泡核受熱膨脹，形成小氣泡附著。繼續加熱，溫度越高，氣泡越多，小氣泡慢慢浮升。水溫達 97.5°C 以上，開始出現較大氣泡，達 100°C 的氣泡，幾乎都是大的氣泡。

2. 100°C 的沸騰氣泡，越接近底部越小，貼近水面時氣泡膨脹到最大。

3.水溫越高，氣泡上升速度越快。氣泡上升的路徑並非直線上升，而是往壓力較弱的方向浮升。

(二)沸騰氣泡都不是圓球形的，浮升中的氣泡，四周圍的壓力並不相等，受到氣泡上方水的阻擋壓力，加上氣泡底部水壓大於側壓，氣泡大部分呈現不規則扁橢圓形狀。

(三)水位越高，底層剛形成的沸騰氣泡較小；水位越低，底層剛形成的沸騰氣泡較大。但氣泡浮升至貼近水面處，因水壓相等，氣泡的大小也相差不多。

(四)上層水溫未達沸點時，氣泡在上升過程中，一部分會被冷凝成水，越往上升反而變得越小。全面沸騰的氣泡則越往上升水壓越小，氣泡體積越大。

(五)1.小氣泡上下壓力差小，浮力小，上升慢；大氣泡上下壓力差大，浮力大，上升快。

2.氣泡並非等速上升，未全面沸騰的氣泡，是先快後慢，偏離等速法線的角度大；而全面沸騰的大氣泡則一路加速上升，越貼近水面，水壓越小，氣泡體積越大，上升更快速。

(六)一大氣壓下，水的沸點是 100°C ，用針筒打氣加壓，沸騰氣泡會消失，沸點提高。水溫未達 100°C 時，用針筒抽氣降壓，可以再出現沸騰氣泡，水溫越低，再沸騰的氣壓也要越低。

(七)用強制氣泡打入水中的大小變化來測溫並不適宜，因氣泡大小變化不夠明顯，且會翻轉變形，要到接近沸騰時，才有明顯變大現象。

(八)以固定壓力打入強制氣泡，可以藉由氣泡冒出的頻率來測溫。水溫低時氣泡冷縮，冒出的頻率慢；水溫高時，氣泡膨脹，冒出的頻率快。

(九)容積固定的空氣，體積與壓力會隨著溫度而成比例變化，可以藉由定量空氣的體積與壓力變化來測量溫度。

1.由(九)-1 得知，氣體壓力一定時，溫度越高，氣體膨脹的體積也越多。氣體升降相同的溫度，體積膨脹或冷縮的比例也相同。

2.由(九)-2 得知，容積固定的定量氣體，溫度越高，壓力越大。氣體壓力隨著溫度升降而增減的比例都一樣。

(十)玻璃球對熱的傳導靈敏，溫度升降與管柱的液面升降高度成比例變化，可以精確的測量溫度。

(十一)將玻璃球氣體溫度計的管柱改成毛細管，可以精確的測量細微的溫度變化。例如蒸氣冷凝成水時會放出熱量，使毛細管中液柱很快的明顯上升；酒精揮發時的吸熱現象，也很快使氣體微溫度計中的液柱明顯下降，非常實用。

七、結論：

(一)本研究原想藉由沸騰氣泡的觀察，歸納找出可以測量水溫的氣泡特性，從觀察結果中找到許多明顯易見，卻常常被忽視的沸騰冒泡現象，雖然這些現象還不能準確應用在測溫上，但卻引起我們對後續氣體測溫研究的靈感。總結以沸騰氣泡測溫的重要發現是：

- 1.沸騰氣泡量越多，水溫越高；氣泡量越少，水溫越低。
- 2.水溫越高，沸騰氣泡體積有變大的趨勢，但 97.5°C 以上才會出現沸騰大氣泡。
- 3.水溫越高，沸騰氣泡上升速率越快；水溫越低，氣泡上升速率越緩慢。
- 4.水溫已達沸點 100°C 的沸騰氣泡，上升時是由小漸大的，上升速率由慢漸快(平均速率是急促的)。
- 5.水溫未全面沸騰時，氣泡上升過程中會由大變小，上升速率由快變慢，接近水面時又加快上升。
- 6.沸騰氣泡在接近沸騰和 100°C 時變化比較明顯，中低溫的正確溫度較難精準判定。
- 7.不同氣壓下，水的沸點不同，氣壓小，沸點低，要從沸騰氣泡判定水溫，需考慮氣壓的因素。
- 8.沸騰氣泡大都呈現不規則扁橢圓形，上升路徑也沒有規律性，無法從氣泡的形狀與上升路徑判定水溫。

(二)以強制氣泡的大小變化來測溫並不明顯，要接近高溫，氣泡上升到一定高度才有明顯變大的現象。以強制氣泡冒出的頻率來測溫是較可行的，氣泡冒出的頻率會隨著水溫的升高而變快，不同的水溫，氣泡冒出的頻率都有一些差距。但較細微的水溫變化，測量上可能會有誤差，比較困難。

(三)由溫度對沸騰氣泡的大小變化及強制氣泡冒升頻率的影響，我們推想氣體的體積、壓力變化一定和溫度有關。於是我們找出定量的空氣會隨著溫度的升降，其體積也會增減相同比例的規律性，也確定了空氣壓力隨溫度而比例變化的規律性。

(四)以定量空氣的體積與壓力變化來測溫的方法準確度高，我們成功的利用玻璃球製成雙管式氣體溫度計和微溫度計，比一般酒精溫度計更精密。

八、參考資料：

- 1.自然與生活科技牛頓版第五冊第三單元奇妙的水 P50~58
- 2.自然與生活科技牛頓版第六冊第一單元物質與熱.P4~21.
- 3.科學發展 2005 年 5 月，389 期 P64~67.
- 4.<http://www.pep.com.cn/200305/ca200055.htm>
- 5.<http://che.cycu.edu.tw/jamnet/course/c6.htm>
- 6.<http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp-sc/content1/number1/3/3-8.htm>
- 7.<http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp-sc/content1/number1/4/4-1.htm>
- 8.<http://163.23.211.30/laboratory/chemdemo/84/8424006/在減壓下沸騰.htm>

評	語
---	---

081544 強強滾-沸騰氣泡與氣體測溫的研究

研究設計稍具創意，表達說明清楚但精確度及實用化有待加強。