

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：物理

組 別：國小

作品名稱：浮起來吧！今天幾°C？

關 鍵 詞：溫度、密度、熱脹冷縮

編 號：

# 浮起來吧！今天幾°C？

## 摘要

本研究主要讓同學了解溫差浮沉子與伽利略溫度計二者的原理、差異，並實際試作看看。所以我們決定本次的主題為「浮起來吧！今天幾°C？」。

希望藉由同學們的討論與實作，發現問題、解決問題。經過實作我們發現：

一、關於溫差浮沉子的部分，重點在於如何讓浮沉子能夠成功的上浮與下沉，並增加浮沉的次數。我們將焦點放在：

- 1、浮沉子的重量。
- 2、量杯與下容器二個容器中水溫的控制。
- 3、量杯內裝入不同的液體。

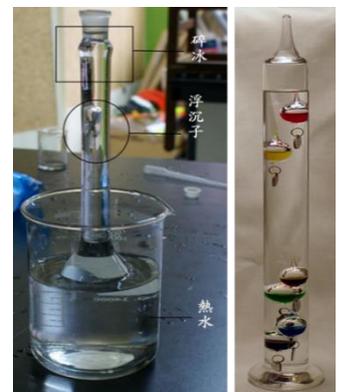
二、關於伽利略溫度計的部分，重點在於量杯內的小玻璃容器如何在不同的溫度下浮沉並增加浮沉的次數。我們將焦點放在：

- 1、量筒內的小玻璃容器整體的重量。
- 2、將小玻璃容器，在相同水溫下，放入大小不同的量筒中，觀察浮沉的效果。
- 3、量筒內或小玻璃容器內，分別裝入不同的液體。

三、溫差浮沉子、伽利略溫度計二者之間的差異與生活中的應用。

## 壹、研究動機

2023年，我們一群同學，有機會在網路上看到二個有趣的玩具。一個是溫差浮沉子(如圖一)，一個是伽利略溫度計(如圖二)。經過同學之間的討論，發現這二個玩具之間好像有共同之處；卻也有不同的地方，這引起我們很大的興趣。所以我們與老師討論之後，組成團隊，藉由討論與實作，看看是否能夠實際做出這二個玩具並且解答大家的疑問。



圖一

圖二

## 貳、研究目的

我們利用課餘的時間，透過團隊討論與實作，解決問題，並且增加同學的知識與經驗。相關的問題如下述：

### 一、關於溫差浮沉子的部分：

- 1、浮沉子會上浮下沉的原理是什麼？
- 2、量杯內與下容器二個容器中水溫的差異，是否會影響浮沉子的上浮與下沉？
- 3、量杯內如果裝入不同的液體，浮沉子的浮沉次數會不會增加？

### 二、關於伽利略溫度計的部分：

- 1、伽利略溫度計可以量測溫度的原理是什麼？
- 2、裝置中小玻璃容器的重量與大小不同的量筒二個因素，對於伽利略溫度計的成功與否，應該如何控制？
- 3、量筒內或小玻璃容器內，如果分別裝入不同的液體，小玻璃容器的浮沉現象是否會不同？

### 三、試圖找出在生活中，針對溫差浮沉子或伽利略溫度計二者，是否有其他的應用？

## 參、研究器材與設備

### 一、材料與支援工具如下表一

Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱
1	滴管	2	銅線	3	熱熔膠	4	熱熔膠槍	5	剪刀
Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱
6	尖嘴鉗	7	裝水容器	8	甲醇	9	乙醇	10	注射針筒
Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱
11	溫度計	12	油性筆	13	色素	14	冰塊	15	鐵尺
Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱	Item	名稱
16	美工刀	17	四種量筒	18	玻璃小容器	19	封口膜	20	

表一

## 二、補充說明如下：

### (一)、甲醇與乙醇：

1、在溫差浮沉子中的滴管頭內。分別使用水與 99.0% , 75.0% , 28.0%三種濃度的甲醇與乙醇。這些不同的液體，因為揮發程度的不同，對於滴管頭的密度就會有所改變。如果此時量杯內的溫度改變，在熱脹冷縮下，量杯內水的體積就會改變。此時浮沉子就會在量杯內上浮下沉。

2、在伽利略溫度計中，量筒內分別裝入水、甲醇與乙醇。這三種不同的液體，對溫度的敏感程度不同。會導致量筒內小玻璃瓶上浮下沉。

補充說明：

※揮發性，在化學、物理和熱力學的領域中，是指物質汽化的容易程度。在一定的溫度與壓力下，高揮發性的物質傾向於以氣體形式存在，而低揮發性的物質，則傾向於以液體或是固體形式存在。揮發性也可以用來描述氣體凝結成液體或固體的傾向性，低揮發性物質比高揮發性物質更容易凝結。

### (二)、四種量筒(如右圖三)：

在伽利略溫度計中，分別裝入水、甲醇與乙醇。討論不同的液體，分別在不同的量筒中，小玻璃瓶是否真能如市售的伽利略溫度計般，能夠順利的在不同的溫度下浮沉？另一個角度則是比較在不同大小的量筒裡，小玻璃瓶浮沉成功的機會與上浮下沉的次數是否不同。



## 肆、研究過程與結果

### 一、研究有關的資料與內容

(一)、製作溫差浮沉子相關資訊，請參閱以下網址：

1、<https://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-022.html>

國立台中教育大學，科學教育與應用學系所提供科學遊戲實驗室中的溫差沉浮子。

2、<https://www.youtube.com/watch?v=8rF-v2fv17Y>

程鋒科學教育工作坊。

(二)、製作伽利略溫度計相關資訊，請參閱以下網址：

1、<https://www.youtube.com/watch?v=ySkMS1nH-dQ>

科技大觀園。

2、[https://www.youtube.com/watch?v=3tx\\_EyW6x1A](https://www.youtube.com/watch?v=3tx_EyW6x1A)

【演示】伽利略溫度計 - 清華大學跨領域科教中心。

上列影片是同學們製作溫差浮沉子與伽利略溫度計的主要參考依據。

### 二、試作，觀察、發現問題與討論

(一)、製作前訓練

1、關於浮力。

浮力（英語：Buoyancy）指物體浸入液體後，與所受重力相反的垂直向上的力。在柱形流體中，壓力隨著深度增加而增大，因此柱形流體底部的壓力大於上部的壓力。類似的流體中，物體底部受到的壓力大於其頂部受到的壓力，這種壓力差在物體上產生了一種向上的淨力，即浮力。根據阿基米德定律，浮力與排開液體的重力(或重量)是相等的。浮力的單位是牛頓 (N)。

2、關於密度。

密度是指一物質單位體積下的質量，常用希臘字母  $\rho$  或是英文字母 D (Density) 表示。在數學上，密度定義為質量除以體積的商。即物體的質量與體積的比值。密度反映了物質本身的一種特性，它會受到外界因素的影響。一般來講，影響物質密度的主要物理量為壓力和溫度。

物體在液體中上浮與下沉的判斷依據，主要是看物體與液體之間密度的比較。如果物體的密度大於液體，就會下沉到容器的底部；如果物體的密度小於液體，就會上浮到液體的頂端；如果物體與液體的密度相等，則可在液體中的任一位置。

### 3、關於熱脹冷縮。

熱脹冷縮是指物體受熱時會膨脹，遇冷時會收縮的特性，其形狀、體積、密度可能因此改變。由於物體內粒子的平均動能是溫度的遞增函數，當溫度上升時，粒子的振動幅度加大，令物體膨脹；但當溫度下降時，粒子的振動幅度便會減少，使物體收縮。

熱膨脹改變物質粒子間的空間大小，所以會改變其體積，而對質量的影響則可以忽略，如此物質的密度亦會改變。如果物體浸入液體中且密度相等，則物體應該會浮在液體中任何位置；如果物體的密度大於液體的密度，則物體應該會沉到液體的底部；如果物體的密度小於液體的密度，則物體應該會浮在液體的頂端。

假設一個狀況，如果液體溫度上升，液體的體積會受熱膨脹，液體的密度就會變小，此時物體的密度相較於液體的密度則較大，物體就會下沉；如果液體溫度下降，液體的體積會遇冷收縮，液體的密度就會變大，此時物體的密度相較於液體的密度則較小，物體就會上浮。

### 4、關於揮發。

揮發性本身沒有定量的數值定義，但通常使用蒸氣壓或沸點(液體)來描述。高蒸氣壓指高揮發性，而高沸點指低揮發性。蒸氣壓和沸點通常以表格和圖表的形式呈現，可用於比較不同的物質，而這些數據通常是通過在一定溫度和壓力範圍內的實驗得出的。

蒸氣壓用來量化物質在特定溫度下形成蒸氣的難易程度。當一個物質被封閉在真空密封容器內時，會迅速用蒸汽填充該空間，在系統達到平衡且不再形成蒸汽後，可以測量該蒸汽壓力。增加溫度會增加形成的蒸汽量，從而增加蒸汽壓。在混合氣體中，每種物質都會貢獻混合物的總蒸氣壓，而其中揮發性更強的物質會產生更大的貢獻。

如下表二：

	水	甲醇	乙醇
20°C時的蒸氣壓 (torr (mm Hg))	2.33	88.30	44.30
一大氣壓時的沸點(°C)	101.33	64.5	78.5

表二

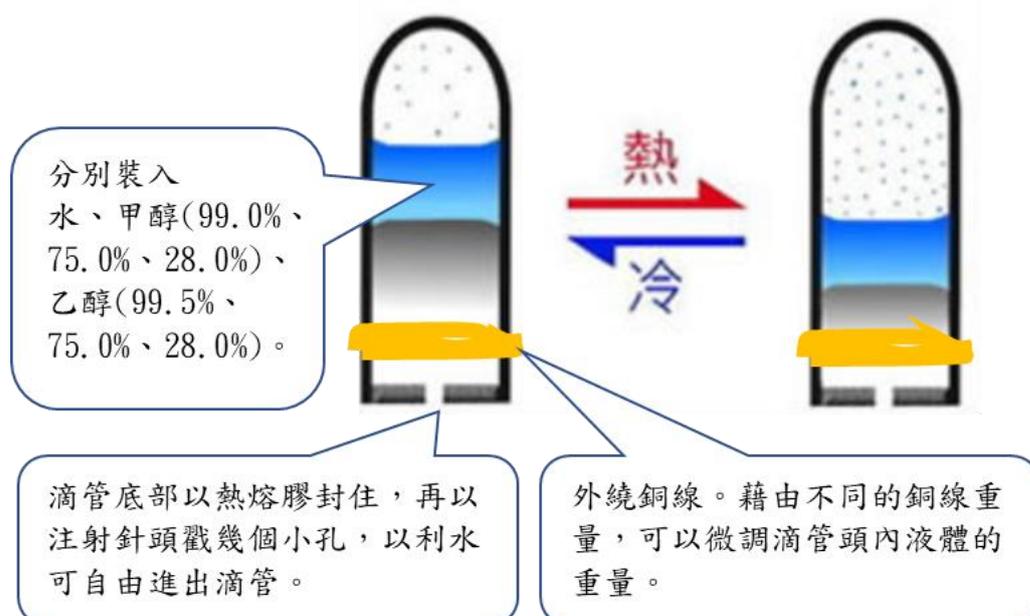
由上表二來看，水、甲醇和乙醇在 20°C 時，水的蒸氣壓最低；甲醇的蒸氣壓最高。如果水的蒸氣壓最低，就表示水的揮發性最小；甲醇的蒸氣壓最高，就表示甲醇的揮發性最大。如果我們把上表三種液體注入溫差浮沉子量杯中的滴管內，則有可能當溫度不同時，因為揮發產生的氣體量不同，造成滴管的重量不一，進而導致密度不同，讓溫差浮沉子量杯中的滴管上浮下沉的次數不同。

如果把水、甲醇和乙醇裝在伽利略溫度計的量筒中，在同樣溫度下，因為蒸氣壓可能不同，則量筒中的小玻璃瓶則可能也會有不同的浮、沉結果。

## (二)、開始試作。

### 1、溫差浮沉子的製作：

(1)、依照「國立台中教育大學，科學教育與應用學系所提供科學遊戲實驗室中的溫差沉浮子」的製作方式，我們製作了滴管頭如下圖四，我們試作了幾版溫差浮沉子，如下圖五。



圖四



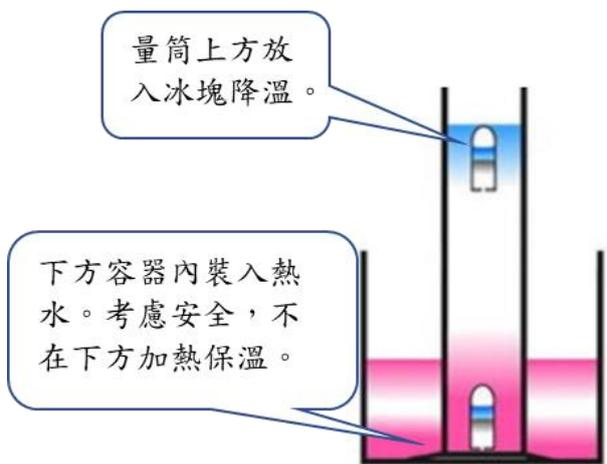
圖五

※、補充說明：

a、熱熔膠需確實封住滴管頭，僅留數個針孔可進出液體。

b、我們試做幾次外繞金屬線。如果用# 14 的鐵線來繞，重量雖然 ok，但太難作業，所以我們改用價格稍貴的銅線。

(2)、將上圖五完成的滴管頭(浮沉子，以下簡稱浮沉子)放入量筒中，再將量筒裝入一個容器中，容器內裝熱水，在量筒中放入冰塊，如下圖六(示意圖)、圖七。經過分組多次實驗後，我們獲得找出製作溫差浮沉子的正確操作步驟，如圖八、圖九。透過正確的步驟，我們得知，當浮沉子沉到底部受到熱水加熱，浮沉子中的液體受熱膨脹，部分被擠出浮沉子，使得浮沉子的重量減少，密度就會小於水，因此上浮。上浮到量筒上方之後，由於溫度較低(有冰塊)，浮沉子內的氣體遇冷收縮，浮沉子外部的水又跑入浮沉子裏，重量增加，密度變大，浮沉子又下沉。如此反覆，浮沉子就會持續的上浮、下沉，直到量筒上下的低、高溫差異，對浮沉子的密度已無明顯改變，此時浮沉子就會停止上浮、下沉。



圖六



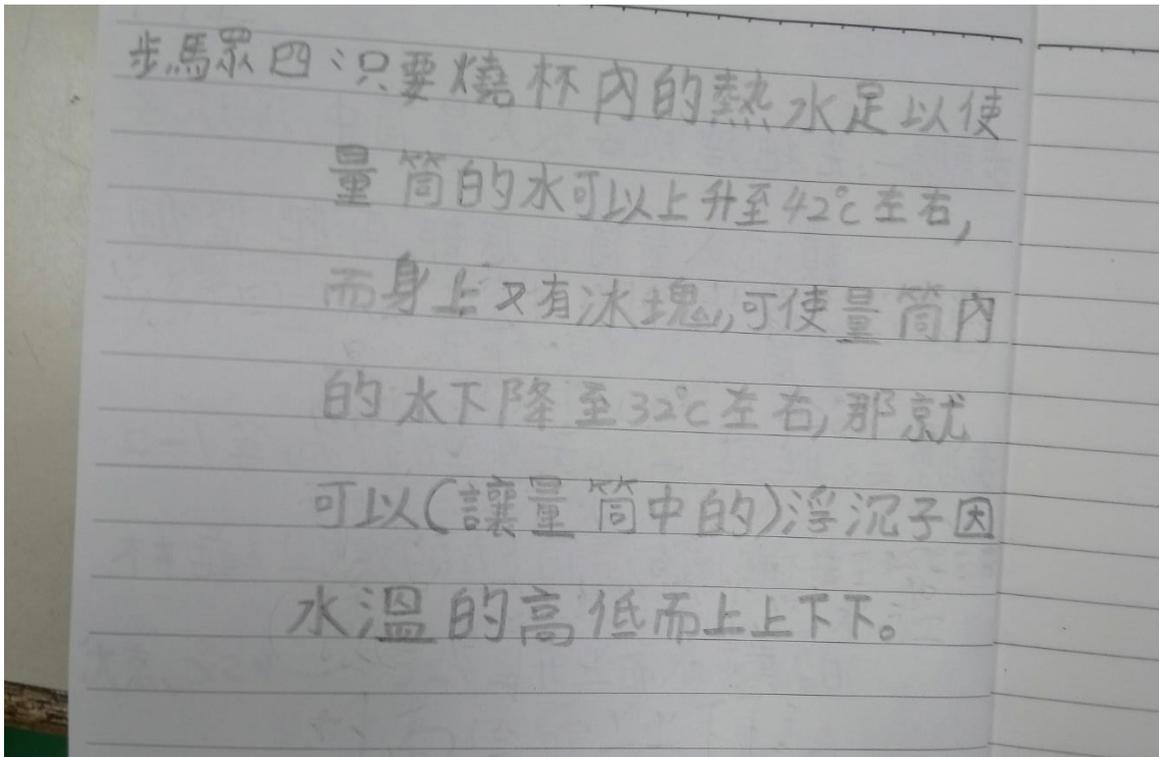
圖七

步驟一：先把浮沉子放入量筒中，浮沉子須沉入量筒最底部，再把整個量筒放入燒杯中。

步驟二：此時浮沉子在量的<sup>筒</sup>下方，等1-2分鐘左右，量筒下方的水因燒杯的熱水而上升至 $42^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ ，就會使浮沉子上升。

步驟三：浮沉子上升後在量筒內加入冰塊，當量筒上面和中間的水溫達到 $28^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ 左右，浮沉子就會下降。

圖八



圖九

※、討論如下：

a、我們在做實驗的時候，發現如果使用玻璃製的量筒，在同樣條件下，浮沉子上升快，下降慢；如果使用塑膠製的量筒，在同樣條件下，浮沉子上升慢，下降快。經過蒐集資料與討論，我們認為會有「浮沉子上升快，下降慢」的不同，主要是因玻璃材質與塑膠材質的熱傳導的速度不同所造成。因操作的方便性與安全性，雖然普通玻璃材質的導熱係數比塑膠好，我們仍決定使用塑膠量筒。

§、導熱係數：

$W/mK$ ，它也被稱為“K值”。導熱係數的比較可以通過K值來衡量。K值或導熱係數是指任何均勻材料直接傳導熱量的能力，或稱熱傳導率。如果材料的K值為1，即表示，兩側表面的溫差為1度時，1立方米的該材料將以1瓦的速率傳遞熱量，即是K值為1  $W/mK$ 。

§、一般物質的導熱係數，如下表三：

金屬的導熱係數表(W/mk)		玻璃的導熱係數表(W/mk)		塑膠的導熱係數表(W/mk)	
銀	429	夾層玻璃	1.2~3.0	HDPE	0.43
銅	400	雙層玻璃	1.05~2.5	POM	0.38
金	317	普通玻璃	1.05~1.2	PA	0.25
鋁	237	熱絕緣玻璃	0.35~0.7	PC / ABS	0.2
鐵	48	光學玻璃	0.2~0.9	PP / PVC	0.17
橡膠的導熱係數表(W/mk)		氣體的導熱係數表(W/mk)		液體的導熱係數表(W/mk)	
聚氨酯(PU)	0.18~0.25	氫氣	0.18	水(30°C)	0.62
矽橡膠	0.2	氫氣	0.15	甘油(60% 20°C)	0.38
熱塑性橡膠	0.14~0.44	甲烷(氣體)	0.03	硫酸(90% 30°C)	0.36
耐油橡膠	0.14~0.44	空氣	0.026	醋酸(50% 20°C)	0.35
聚碳酸酯	0.08~0.25	氫氣(氣體)	0.024	乙醇(80% 20°C)	0.24
氟橡膠	0.09~0.14	飽和蒸汽	0.018	甲醇(80% 40°C)	0.18
聚酯橡膠	0.07~0.2	氫氣	0.016	丙酮(30°C)	0.17
氯丁橡膠	0.12~0.14	二氧化碳(氣體)	0.015	苯(30°C)	0.16
				水銀(28°C)	8.36

表三

b、如果我們把浮沉子內的水改成其他揮發性較高的液體，在相同條件下，浮沉子上浮下沉的次數與時間會不同嗎？例如不同濃度的甲醇與乙醇。

c、我們的周遭是否還有其他的東西也有利用到類似溫差浮沉子的原理或概念？經過大家腦力激盪後，找到另一個類似的裝置，伽利略溫度計。

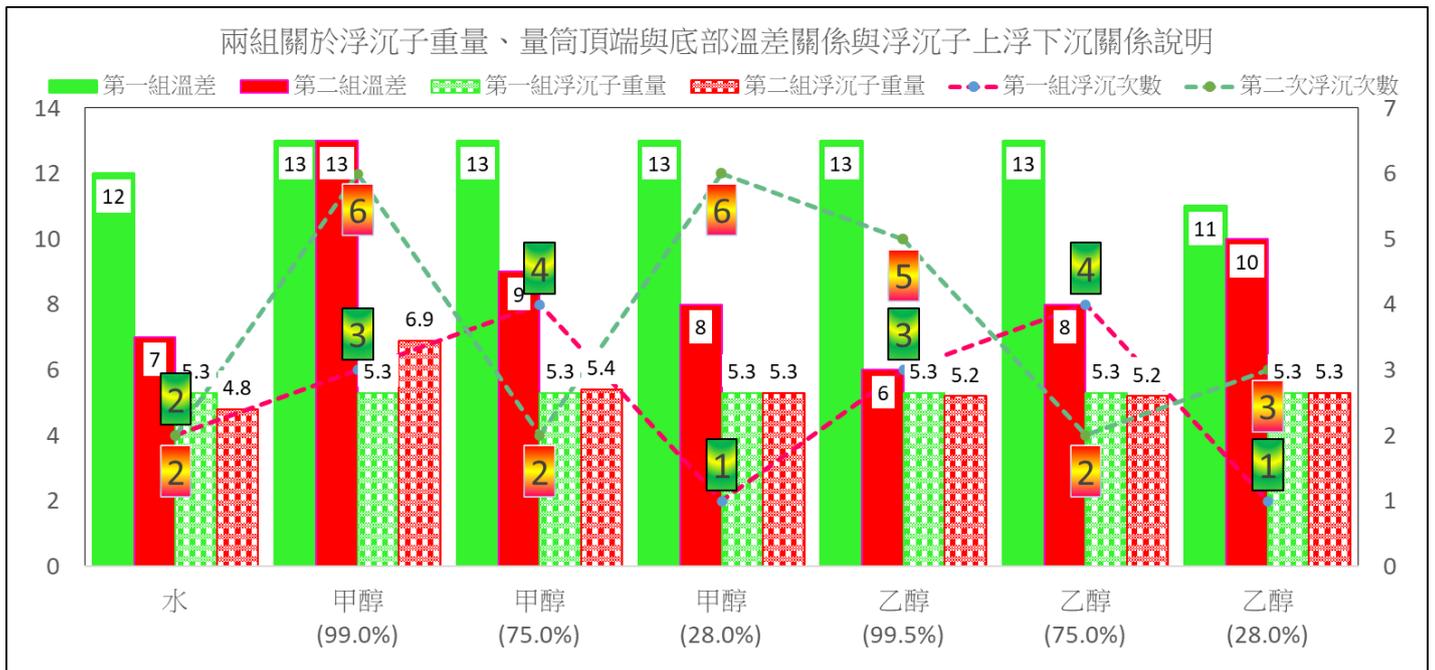
2、把浮沉子內的水改成其他揮發性較高的液體，在相同條件下，浮沉子上浮下沉的次數與時間會不同嗎？我們試作了甲醇、乙醇兩種液體，分別調配三種濃度(原液(市售甲醇原液的濃度是 99.0%，乙醇原液的濃度是 99.5%)、75%、28%)。

依 3:1 的比例，以三份的甲醇、乙醇原液與一份蒸餾水或煮沸過冷水混合，即可調配出濃度 70%至 78%的酒精；依 1:3 的比例，以一份的甲醇、乙醇原液與三份蒸餾水或煮沸過冷水混合，即可調配出濃度 23%至 28%的酒精。

(1)、依照圖八、圖九的步驟，使用上述不同的液體注射進浮沉子內，我們分成兩組，分別做了幾次的實驗，結果如下表四、圖十。

組別		第一組							第二組						
滴管內溶液種類與條件		水	甲醇			乙醇			水	甲醇			乙醇		
			99%	75%	28%	99.5%	75%	28%		99%	75%	28%	99.5%	75%	28%
量筒	材質	塑膠							塑膠						
	高度(cm)	12.7							22						
	水量(ml)	160							120						
	溫度(°C)	上	32	32	32	32	32	32	35	28	25	28	32	33	32
中		32	32	32	32	32	32	35	35	30	30	40	35	37	36
下		44	45	45	45	45	45	46	35	38	37	40	39	40	41
下容器	溫度(°C)	68	72	72	72	72	71	70	81	68	71	78	79	79	80
	水量(ml)	700	700	700	700	700	700	700	920	920	920	920	920	920	920
浮沉子重量(g) (滴管頭+金屬線+熱熔膠+不同液體)		5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	4.8	6.9	5.4	5.3	5.2	5.2	5.3
是否成功? 3分鐘內上下 來回算一次		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		2	3	4	1	3	4	1	2	6	2	6	5	2	3

表四



圖十

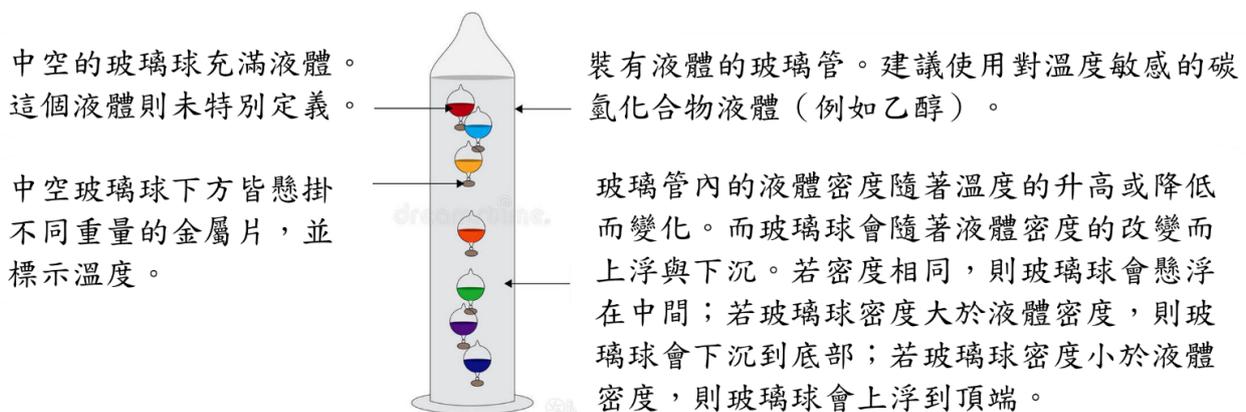
※、討論如下：

- a、經由多次的測試，當浮沉子整體的重量介於 4.8~5.4(g)時、量筒內頂端與底部的溫差達到 6°C 以上時，浮沉子會成功的上浮與下沉。
- b、如果將浮沉子內的水改成甲醇或乙醇，則近似的浮沉子重量、近似的量筒內頂部與底部的溫差，浮沉子會成功上浮與下沉的次數也會增加。
- c、甲醇與乙醇比水的效果佳，但是甲醇與乙醇之間的差異並不明顯。
- d、下表五是我們將浮沉子拆解，分別量測單一物件的重量。

浮沉子 (結構組成與材質)		塑膠 滴管頭 (g)	銅線 重量 (g)	熱熔膠 (EVA(乙烯醋酸 乙烯酯共聚物))(g)	水 (g)	甲醇			乙醇			總重 (g)	是否 成功
組別	序號					99.0%	75.0%	28%	99.5%	75.0%	28%		
1	水	0.7	3	0.3	1.3							5.3	2
	甲醇(99.0%)	0.7	3	0.3		1.3						5.3	3
	甲醇(75.0%)	0.7	3	0.3			1.2					5.2	4
	甲醇(28.0%)	0.7	3	0.3				1.2				5.2	1
	乙醇(99.5%)	0.7	3	0.3					1.4			5.4	3
	乙醇(75.0%)	0.7	3	0.3						1.3		5.3	4
	乙醇(28.0%)	0.7	3	0.3							1.3	5.3	1
2	水	0.7	2.8	0.3	1.0							4.8	2
	甲醇(99.0%)	0.6	3.1	0.6		2.6						6.9	6
	甲醇(75.0%)	0.6	2.8	0.8			1.2					5.4	2
	甲醇(28.0%)	0.6	2.4	0.7				1.6				5.3	6
	乙醇(99.5%)	0.7	2.8	0.3					1.4			5.2	5
	乙醇(75.0%)	0.6	2.6	0.5						1.5		5.2	2
	乙醇(28.0%)	0.7	2.5	0.6							1.5	5.3	3

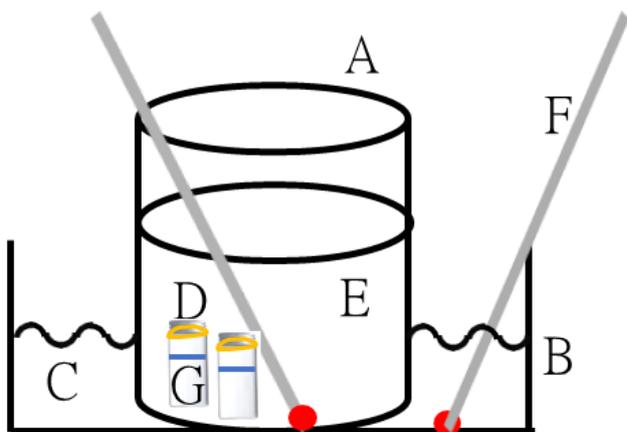
表五

3、經過大家腦力激盪後，我們找到一個類似的裝置，伽利略溫度計。如以下說明。

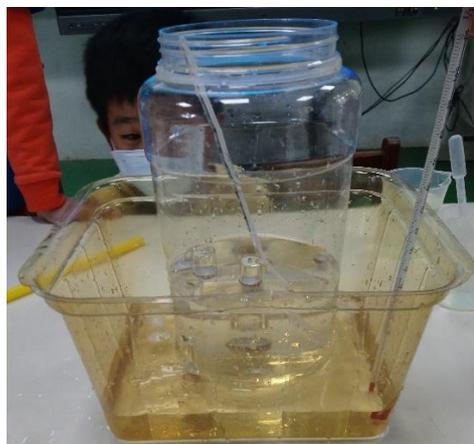


圖十一

(1)、我們依照 page 4 肆\_一\_(二)\_1、2 的兩段影片與上圖十一的說明，經過同學之間的討論，我們依照下圖十二的示意，準備器材，試作完成如下圖十三的簡易伽利略溫度計。



圖十二



圖十三

圖十二說明如下：

- A：塑膠容器。請同學準備家中的塑膠糖果罐。
- B：塑膠容器。自然教室內取得，裝水的容器。
- C：B 容器內裝冰塊。模擬讓 A 容器靜置於冰水中，並讓 B 容器內持續降溫。
- D：A 容器內放置小玻璃瓶(共 4 瓶)。瓶蓋外繞銅線。
- E：A 容器內裝水，水位高度大於 B 容器的水位高度。
- F：溫度計 2 支。一支置於 A 容器，一支置於 B 容器。
- G：小玻璃瓶中裝水。

結果如下表六：

	#1號瓶	#2號瓶	#3號瓶	#4號瓶	室溫下「浮」 在A容器底部
瓶重(g)	10.2	10.2	10.0	10.2	V
銅線重(g)	0.6	1.2	1.6	2.1	V
水重(g)	7.2	6.6	6.2	5.9	V
總重(g)	18.0	18.0	17.8	18.2	V
A容器置於冰塊中，持續降溫。是否上浮？	X	V	X	X	

表六

※、討論如下：

- a、我們認為 18(g)的小玻璃瓶雖然可以「浮」在 A 容器底部，但整個實驗來看，可以讓重量再輕一點。
- b、A 容器(如 page 3\_圖三中，最左側的塑膠容器)當水裝到紅線標示處時，需要 2050ml 的水量，我們認為瓶身太大，水量太多，溫度平衡不易。B 容器下降的溫度需要很久的時間才能影響到 D 玻璃罐。如果把 A 容器改小一點，那麼 B 容器內的降溫效應應該就能較快傳到 A 容器，D 玻璃罐的浮沉效果應該會較明顯。
- c、如果把 A 容器的水改成甲醇(或乙醇)，或許 D 玻璃罐的浮沉效果也會較明顯。
- d、如果把 D 玻璃罐的水改成甲醇(或乙醇)，D 玻璃罐的浮沉效果會如何？
- e、如果把 A 容器改成玻璃材質(傳熱效果較佳的材質)，或許 D 玻璃罐的浮沉效果也會較明顯。但考量操作的方便性與安全性，雖然普通玻璃材質的導熱係數比塑膠好，我們仍決定使用塑膠量筒。
- f、改變整個實驗模式，從持續降溫模式，改成持續升溫模式。如：
  - (a)、B 容器底部固定保溫。
  - (b)、A 容器上方以吹風機固定加熱。考量操作的方便性與安全性，加熱的模式暫時不予以實施。

4、經過大家討論後，我們決定修正實驗裝置。再做一次實驗。修正條件如下：

- a、改變小玻璃瓶的重量。
- b、改變 A 容器的大小。
- c、把 A 容器的水改成甲醇(或乙醇)。
- d、把 D 玻璃罐的水改成甲醇(或乙醇)。

我們分成兩組，分別做以下幾次實驗。

- (1)、A 組使用如右圖十四中的” B” 量筒；B 組使用” D” 量筒。內裝不同的液體，至紅色標線處。再依上圖十二/圖十三的模式



來做。

(2)、我們把圖十二 A 容器中的水更改為甲醇(75.0%)、乙醇(75.0%)。

(3)、我們把圖十二的 D 玻璃罐中的水，更改為乙醇(75.0%)。

※、結果如下表七、下表八：

組別		第一組											
D玻璃管	材質	玻璃				玻璃				玻璃			
	瓶蓋外繞物	銅線				銅線				銅線			
	數量	4				4				4			
	內溶液	水				水				乙醇(75%)			
	總重(g)	18.3	18.3	18.3	18.3	15.8	16.2	16.2	16.2	18.2	18.4	18.2	18.2
A容器	材質	塑膠				塑膠				塑膠			
	高度(cm)	14.5				14.5				14.5			
	內溶液	乙醇(75%)				甲醇(75%)				水			
	水量(ml)	958				958				958			
	溫度(°C) (靠近底部)	24°C	24°C	24°C	25°C	16°C	10°C	10°C	16°C	22°C	22°C	21°C	22°C
B容器	溫度(°C)	1°C	3°C	3°C	3°C	3°C	3°C	1°C	3°C	1°C	1°C	1°C	1°C
D玻璃管是否上浮？		V	X	X	V	V	X	V	V	X	X	V	X
耗時		8'54"	---	---	0'54"	0'0"	---	4'12"	0'0"	---	---	0'0"	---

表七

組別		第二組									
D玻璃管	材質	玻璃			玻璃			玻璃			
	瓶蓋外繞物	銅線			銅線			銅線			
	數量	3			3			3			
	內溶液	水			水			乙醇(75%)			
	總重(g)	18.6	18.0	18.2	15.6	15.7	16.1	18.6	18.0	18.2	
A容器	材質	塑膠			塑膠			塑膠			
	高度(cm)	14.5			14.5			14.5			
	內溶液	乙醇(75%)			甲醇(75%)			水			
	水量(ml)	330			330			330			
	溫度(°C) (靠近底部)	14°C	14°C	14°C	11°C	7°C	3°C	19°C	19°C	19°C	
B容器	溫度(°C)	0°C	0°C	0°C	1°C	1°C	0.5°C	1°C	1°C	1°C	
D玻璃管是否上浮？		V	V	V	V	V	V	X	X	X	
耗時		6'30"	6'30"	6'30"	3'15"	6'21"	7'15"	---	---	---	

表八

※、討論如下：

- a、75%的甲醇與 75%的乙醇如果裝在 A 容器中，浮沉效果的確優於水。
- b、依兩組的實驗結果來看，75%的甲醇的浮沉效果似乎略優於 75%的乙醇，但效果似乎並不明顯。
- c、小玻璃瓶的重量在 75%甲醇裡會「浮」在 A 容器底部的重量約為 16.2g；75%乙醇裡會「浮」在 A 容器底部的重量約為 18.3g，顯示浮力 75%甲醇大於 75%乙醇。
- d、而如果把 75%的乙醇裝在小玻璃瓶中，A 容器中仍裝水，則效果並不明顯。
- e、這一系列的實驗中最困難的部分在於如何讓小玻璃瓶「浮」在容器底部。微調的重量往往只是操作滴管，增加或減少一或二滴液體。
- f、75%的甲醇與乙醇已有如此效果，有同學提問，如果使用對熱敏感度更高的液體，效果會是如何？所以我們決定再做一次實驗。選擇石油醚、99.0%的甲醇原液、99.5%的乙醇原液。考量石油醚的安全性與價格，所以我們不用石油醚，直接使用甲醇乙醇的原液。

下表九是石油醚、甲醇與乙醇的一些物理與化學性質一覽。

石油醚

甲醇

乙醇

外觀：透明無色愉快味液體	外觀：透明無色流動液體	外觀：無色透明的揮發性液體
嗅覺閾值：—	嗅覺閾值：4.2-5960ppm（偵測）、53-8940ppm（覺察）	嗅覺閾值：49-716ppm（偵測）、100ppm（覺察）
pH 值：—	pH 值：--	pH 值：—
易燃性（固體，氣體）：—	易燃性（固體、氣體）：--	易燃性（固體，氣體）：—
分解溫度：—	分解溫度：—	分解溫度：—
自燃溫度：288 °C	自燃溫度：385°C	自燃溫度：363 °C
蒸氣壓：232.5mmHg@20°C	蒸氣壓：160mmHg @30°C	蒸氣壓：44.3 mm Hg
密度：0.75（水=1）	密度：0.79（水=1）	密度：0,789（水=1）
辛醇/水分配係數（log Kow）：—	辛醇/水分配係數（log Kow）：-0.82—0.66	辛醇/水分配係數（log Kow）：-0.31~ -0.32
		分子量：46,07g/mol

表九

5、修正實驗裝置。修正條件如下：

- (1)、A 組使用如上圖十四中的” B” 量筒；B 組使用” D” 量筒。內部分別裝入 99.0%的甲醇原液與 99.5%的乙醇原液。至紅色標線處。再依上圖十二/圖十三的模式來做。

(2)、微調小玻璃瓶的重量，因為甲醇、乙醇原液與稀釋成 75%的密度或許不同。

※、結果如下表十、圖十五、圖十六與表十一、圖十七、圖十八：

組別		第一組							
D玻璃管	材質	玻璃				玻璃			
	瓶蓋外繞物	銅線				銅線			
	數量	4				4			
	內溶液	水				水			
	總重(g)	14.3	14.4	15.5	14.7	14.3	14.4	15.5	14.7
A容器	材質	塑膠				塑膠			
	高度(cm)	14.5				14.5			
	內溶液	乙醇(99.5%)				甲醇(99%)			
	水量(ml)	958				958			
	溫度(°C) (靠近底部)	21	21	21	21	21	21	21	21
B容器	溫度(°C)	5	5	3	3	2	2	2	2
D玻璃管是否上浮？		V	V	V	V	V	V	V	V
耗時		4'15"	3'32"	9'43"	9'43"	1'36"	2'42"	1'36"	1'36"

表十

組別		第二組					
D玻璃管	材質	玻璃			玻璃		
	瓶蓋外繞物	銅線			銅線		
	數量	3			3		
	內溶液	水			水		
	總重(g)	14.3	14.3	14.4	14.5	14.3	14.2
A容器	材質	塑膠			塑膠		
	高度(cm)	14.5			14.5		
	內溶液	乙醇(99.5%)			甲醇(99%)		
	水量(ml)	330			330		
	溫度(°C) (靠近底部)	9	9	9	11	11	11
B容器	溫度(°C)	3	3	3	2	1	1
D玻璃管是否上浮？		V	V	V	V	V	V
耗時		5'45"	3'45"	5'45"	1'59"	0'33"	0'00"

表十一



圖十五



圖十六



圖十七



圖十八

比較二組分別將 A 容器內裝入不同濃度的甲醇、乙醇，如下表十二、表十三。

組別		第一組								第二組					
D玻璃管	材質	玻璃				玻璃				玻璃			玻璃		
	瓶蓋外繞物	銅線				銅線				銅線			銅線		
	數量	4				4				3			3		
	內溶液	水				水				水			水		
	總重(g)	18.3	18.3	18.3	18.3	14.3	14.4	15.5	14.7	18.6	18.0	18.2	14.3	14.3	14.4
A容器	材質	塑膠				塑膠				塑膠			塑膠		
	高度(cm)	14.5				14.5				14.5			14.5		
	內溶液	乙醇(75%)				乙醇(99.5%)				乙醇(75%)			乙醇(99.5%)		
	水量(ml)	958				958				330			330		
	溫度(°C)	24	24	24	25	21	21	21	21	14	14	14	9	9	9
B容器	溫度(°C)	1°C	3°C	3°C	3°C	5	5	3	3	0°C	0°C	0°C	3	3	3
D玻璃管是否上浮?		V	X	X	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
耗時		8'54"	---	---	0'54"	4'15"	3'32"	9'43"	9'43"	6'30"	6'30"	6'30"	5'45"	3'45"	5'45"

表十二

組別		第一組								第二組					
D玻璃管	材質	玻璃				玻璃				玻璃			玻璃		
	瓶蓋外繞物	銅線				銅線				銅線			銅線		
	數量	4				4				3			3		
	內溶液	水				水				水			水		
	總重(g)	15.8	16.2	16.2	16.2	14.3	14.4	15.5	14.7	15.6	15.7	16.1	14.5	14.3	14.2
A容器	材質	塑膠				塑膠				塑膠			塑膠		
	高度(cm)	14.5				14.5				14.5			14.5		
	內溶液	甲醇(75%)				甲醇(99%)				甲醇(75%)			甲醇(99%)		
	水量(ml)	958				958				330			330		
	溫度(°C)	16	10	10	16	21	21	21	21	11	7	3	11	11	11
B容器	溫度(°C)	3°C	3°C	1°C	3°C	2	2	2	2	1°C	1°C	0.5°C	2	1	1
D玻璃管是否上浮?		V	X	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
耗時		0'0"	---	4'12"	0'0"	1'36"	2'42"	1'36"	1'36"	3'15"	6'21"	7'15"	1'59"	0'33"	0'00"

表十三

※、討論如下：

由上表十二、十三我們討論後覺得：

(a)、不論是甲醇或乙醇，原液的浮力都比稀釋至 75%的浮力要好。

(b)、不論是甲醇或乙醇，原液的熱傳導效果都比稀釋至 75%的熱傳導效果要好。

(c)、不論是甲醇或乙醇，從第一顆浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間來看，原液的時間比稀釋至 75%的時間要短。

(d)、依兩組的實驗結果來看，甲醇從浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間雖然較短，但我們認為這兩種液體，不論是原液或稀釋後的濃度，差異其實並不明顯。

## 伍、討論

同學們利用課餘的時間，組成團隊、透過討論與實作，針對下列問題，討論如下：

一、關於溫差浮沉子的部分：

1、浮沉子會上浮下沉的原理是什麼？

※、浮沉子會上浮與下沉，主要是因為液體的熱脹冷縮，讓浮沉子整體的密度隨著溫度的改變而發生變化，再比較浮沉子與量杯內不同位置的密度，在高溫環境中，浮沉子會上浮；低溫環境時，浮沉子會下沉。

2、量杯內與下容器二個容器中水溫的差異，是否會影響浮沉子的上浮與下沉。

※、經由多次的測試，當浮沉子整體的重量介於 4.8~5.4(g)時、量筒內頂部與底部的溫差達到 6°C 以上時，浮沉子會成功的上浮與下沉。

3、量杯內如果裝入不同的液體，浮沉子的浮沉次數會不會增加？

※、a、如果將浮沉子內的水改成甲醇或乙醇，則近似的浮沉子重量、近似的量筒內頂部與底部的溫差，浮沉子會成功上浮與下沉的次數也會增加。

b、甲醇與乙醇比水的效果佳，但是甲醇與乙醇之間的差異並不明顯。

#### 4、實作溫差浮沉子的心得：

※、a、熱熔膠需確實封住滴管頭，僅留數個針孔可進出液體。

b、外繞金屬線。如果用# 14 的鐵線來繞，重量雖然 ok，但太難作業，所以改用價格稍貴的銅線。

#### 二、關於伽利略溫度計的部分：

##### 1、伽利略溫度計可以量測溫度的原理是什麼？

※、透明的圓柱型量筒內裝著對熱敏感程度較高的液體，再分別裝著不同密度的透明密封小玻璃罐。隨著溫度的不同，透明密封小玻璃罐會在圓柱型量筒內上下浮動。

市售的伽利略溫度計量筒內有數個密封小玻璃罐。透過外掛著刻有溫度的小銅牌，標示不同的溫度。而這些銅牌我們認為是用來微調小玻璃罐的重量。

我們的作法則是在玻璃罐外繞銅線。透過銅線的長度與小玻璃罐內增減液體的量，造成不同密度的小玻璃罐。如果量筒內液體溫度下降，體積收縮，此時密度會增加，如果小玻璃罐的密度較低，則會上浮。反之小玻璃罐則會下沉。

##### 2、裝置中小玻璃容器的重量與大小不同的量筒二個因素，對於伽利略溫度計的成功與否，應該如何控制？

※、a、因量筒內的液體包含不同種類，所以小玻璃罐的整體重量也會不同。重點在於當微調完成後，小玻璃罐需「浮」在量筒底部。下列為量筒內裝不同液體時小玻璃罐的重量，如表十四：

		水	甲醇			乙醇		
			99.0%	75.0%	28.0%	99.5%	75.0%	28.0%
小玻璃罐 重量(g)	第一組	18.2	14.9	16.2	18.3	14.7	16.3	18.3
	第二組	18.3	14.3	15.6	18.6	14.3	15.6	18.5

表十四

b、如上圖十四所示，A 罐的水量太多，浮沉子無法順利上浮、下沉。我們改成 B、D 罐後，則可順利完成。

3、量筒內或小玻璃容器內，如果分別裝入不同的液體，小玻璃容器的浮沉現象是否會不同？

※、a、如上表十、十一、十二、十三所示，我們認為：

(a)、不論是甲醇或乙醇，原液的浮力都比稀釋後(75%與 28%)的浮力要好。

(b)、不論是甲醇或乙醇，原液的熱傳導效果都比稀釋後至 75%的熱傳導效果要好。

(c)、不論是甲醇或乙醇，從第一顆浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間來看，原液的時間比稀釋至 75%的時間要短。

(d)、依兩組的實驗結果來看，甲醇從浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間雖然較短，但我們認為這兩種液體，不論是原液或稀釋後的濃度，差異其實並不明顯。

b、小玻璃罐中把水換成乙醇(75.0%)，而量筒中仍為水，效果與小玻璃罐中仍是水時並無差異。所以我們認為小玻璃罐中如果分別裝入不同的液體，並不會改變浮沉的效果。

4、實作伽利略溫度計的心得：

※、a、我們以增減小玻璃罐內的液體重量來微調重量，其改變往往只是滴管一、兩滴的差別。花了不少時間才得以順利操作。

b、小玻璃罐「浮」在量筒底部，讓同學做了好幾次。需要非常小心，不可讓小玻璃罐直接沉到底部，也需輕甩到罐身的小氣泡

c、因過程中會用到甲醇、乙醇等液體，為了安全，我們使用封口膜封住量筒，實驗全程戴上活性碳口罩，全程讓教室保持通風，稀釋作業則請老師協助。

## 陸、結論

針對自製「溫差浮沉子」與「伽利略溫度計」，我們利用課餘的時間，組成團隊、透過討論與實作，相關結論如下：

## 一、關於溫差浮沉子的部分：

1、經由多次的測試，當浮沉子整體的重量介於 4.8~5.4(g)時、量筒內頂部與底部的溫差達到 6°C 以上時，浮沉子會成功的上浮與下沉。

2、浮沉子內如果裝入不同的液體，浮沉子的浮沉次數會不會增加？

※、a、如果將浮沉子內的水改成甲醇或乙醇，則近似的浮沉子重量、近似的量筒內頂部與底部的溫差，浮沉子會成功上浮與下沉的次數也會增加。

b、甲醇與乙醇比水的效果佳，但是甲醇與乙醇之間的差異並不明顯。

3、實作溫差浮沉子的心得：

※、a、熱熔膠需確實封住滴管頭，僅留數個針孔可進出液體。

b、外繞金屬線。如果用# 14 的鐵線來繞，重量雖然 ok，但太難作業，所以改用價格稍貴的銅線。

## 二、關於伽利略溫度計的部分：

1、我們選擇如右圖十九的可密封小玻璃罐，外繞銅線。透過銅線的長度與小玻璃罐內增減液體的量，造成不同密度的小玻璃罐。因為微調的重量很小，所以我們選擇的方法是在小玻璃罐內增減液體的量。如果量筒內液體溫度下降，體積收縮，此時密度會增加，如果小玻璃罐的密度較低，則会上浮。反之小玻璃罐則會下沉。



圖十九

2、可密封小玻璃罐的重量與大小不同的量筒二個因素，對於伽利略溫度計的成功與否，應該如何控制？

※、a、因量筒內的液體包含不同種類，所以小玻璃罐的整體重量也會不同。重點在於當微調完成後，小玻璃罐需「浮」在量筒底部。下列為量筒內裝不同液體時小玻璃罐的重量，如上表十四。

b、如上圖十四所示，A 罐的水量太多，浮沉子無法順利上浮、下沉。我們改成 B、D 罐後，則可順利完成。

3、量筒內或小玻璃容器內，如果分別裝入不同的液體，小玻璃容器的浮沉現象是否會不同？

※、a、在量筒中使用不同的液體，如上表十、十一、十二、十三所示，我們認為不論是甲醇或乙醇：

(a)、原液的浮力都比稀釋後(75%與 28%)的浮力要好。

(b)、原液的熱傳導效果都比稀釋後至 75%的熱傳導效果要好。

(c)、從第一顆浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間來看，原液的時間比稀釋至 75%的時間要短。

(d)、甲醇從浮沉子開始上浮，至全部穩定後的時間雖然較短，但我們認為甲醇與乙醇這兩種液體，不論是原液或稀釋後的濃度，差異其實並不明顯。

b、小玻璃罐中把水換成乙醇(75.0%)，而量筒中仍為水，效果與小玻璃罐中仍是水時並無差異。所以我們認為小玻璃罐中如果分別裝入不同的液體，並不會改變浮沉的效果。

4、實作伽利略溫度計的心得：

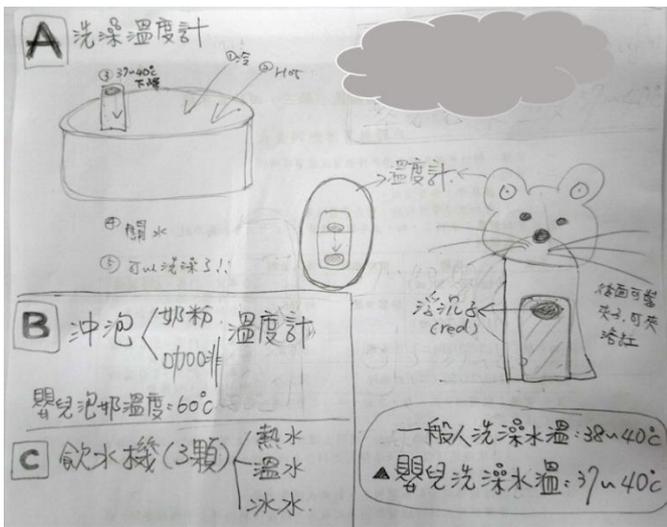
※、a、我們以增減小玻璃罐內的液體重量來微調重量，其改變往往只是滴管一、兩滴的差別。花了不少時間才得以順利操作。

b、小玻璃罐「浮」在量筒底部，讓同學做了好幾次。需要非常小心，不可讓小玻璃罐直接沉到底部，也需輕甩掉罐身的小氣泡

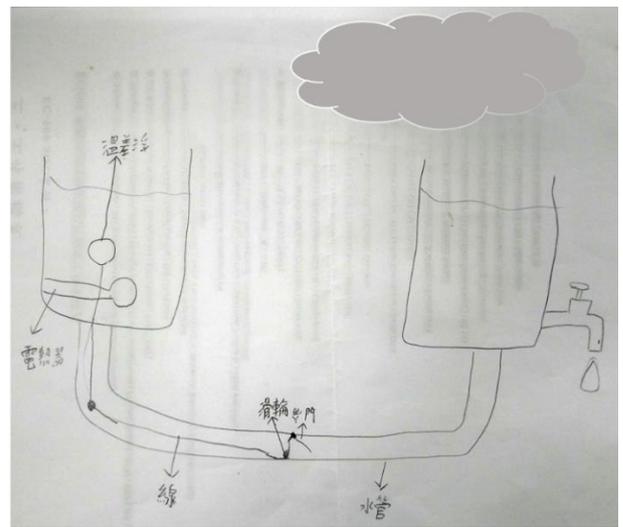
c、因過程中會用到甲醇、乙醇等液體，為了安全，我們使用封口膜封住量筒，實驗全程戴上活性碳口罩，全程讓教室保持通風，稀釋作業則請老師協助。

三、試圖找出在生活中，針對溫差浮沉子或伽利略溫度計二者，是否有其他的應用？

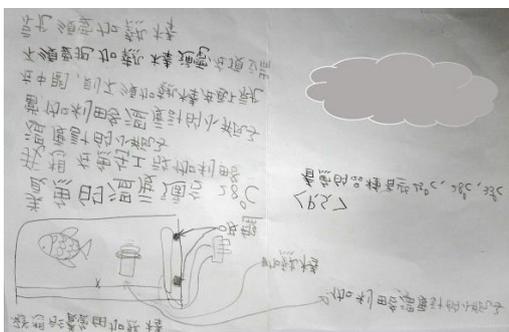
我們集思廣益，想到如下圖二十、圖二十一幾種可能在生活上的應用：



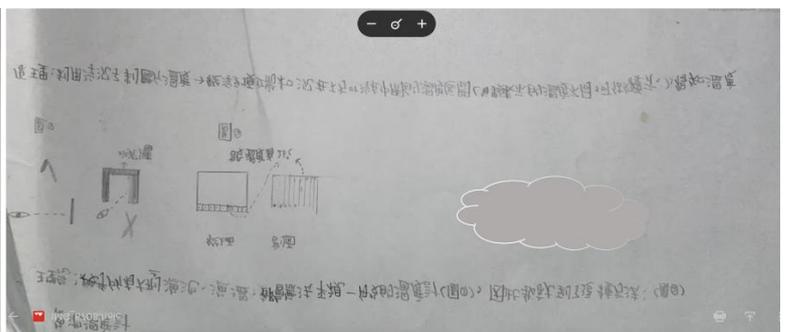
圖二十



圖二十一



圖二十二



圖二十三

- 1、如圖二十，利用伽利略溫度計的概念，製作「洗澡溫度計」、「沖泡咖啡(或牛奶)溫度計」和「飲水機溫度偵測計」。讓使用者不須透過數位顯示器或是一般經驗，只需看到類似密封的小玻璃罐般的標示出現時，就表示達到設定的溫度。
- 2、如圖二十一，設計一個利用溫差浮沉子的機構，讓使用者可以隨時用到設定溫度的水。
- 3、如圖二十二，設計一個利用伽利略溫度計的概念，讓魚缸內的水可以控制在設定的溫度。
- 4、如圖二十三，設計一個利用伽利略溫度計的概念，讓養殖池內水溫可以立即知道是在哪一個區間。

## 柒、參考

一、製作溫差浮沉子相關資訊，請參閱以下網址：

1、<https://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-022.html>

國立台中教育大學，科學教育與應用學系所提供科學遊戲實驗室中的溫差沉浮子。

2、<https://www.youtube.com/watch?v=8rF-v2fv17Y>

程鋒科學教育工作坊。

二、製作伽利略溫度計相關資訊，請參閱以下網址：

1、<https://www.youtube.com/watch?v=ySkMS1nH-dQ>

科技大觀園。

2、[https://www.youtube.com/watch?v=3tx\\_EyW6x1A](https://www.youtube.com/watch?v=3tx_EyW6x1A)

【演示】伽利略溫度計 - 清華大學跨領域科教中心。

三、關於甲醇

1、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B2%E9%86%87>

維基百科

2、<http://gclab.thu.edu.tw/MSDS/67-56-1.pdf>

物質安全資料表

四、關於乙醇

1、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B9%99%E9%86%87>

維基百科

2、<http://gclab.thu.edu.tw/MSDS/64-17-5.pdf>

物質安全資料表