

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：火山噴發預言家

- 探討 U 型管振盪與火山噴發的關聯性

關鍵詞：震動、火山、頻率

編號：

摘要

在實驗室中，觀察到加熱 U 型管後，管內的水會左右來回擺盪，這和期刊上描述熔岩柱擺動頻率和火山微震主頻率相同的現象蠻相似的，因此決定探討。首先我們加熱玻璃管，將其彎成 U 型，用來模擬熔岩通道，並在玻璃管內加入不同水量，結果發現水量越多，水面振動的越明顯。而改變不同 U 形管底部長度，發現當底部長度較短，則左右兩管的震動頻率相似，當底部長度變長，兩管的震動頻率出現明顯差異。若玻璃管的內徑變大，噴發頻率將明顯下降。火源距離 U 型管的中心愈遠，兩管的噴發頻率則差異愈大；但是火源若在直管正下方，則兩管噴發頻率接近。加熱源愈集中，愈容易造成水面噴發。最後，探討玻璃管振動與水面震動頻率，發現其隨時間變化的曲線蠻相似。

壹、研究動機

某天，我們在實驗室進行實驗時。偶然發現，將 U 型管置於火源上方一段時間後，管內的液體會規律的左右擺盪，並且每次震盪到最高點的位置都不一樣，這與我們在期刊上看到的火山噴發現象感覺有關聯性，我們很好奇這種現象是怎麼產生的，便上網搜尋原因。發現有幾個能改變實驗數據的變因。我們便決定著手進行實驗，自己找尋規律。做了幾次實驗後，我們發現並不是只有水量才能影響操縱變因。經過討論後，決定進行延伸。我們燒製了許多大小粗細不同的玻璃管，也改變了火源位置及火源大小，希望能成功做出完美的實驗數據。

科學人新聞

但麥爾坎、威廉斯與賽西三人均認為，大學應該在女性想要建立自己的家庭時，提供女性兼職或彈性工時的選擇，並且「暫停升等考核」(stop tenure clock)，讓女性有更多的時間發展自己的職業生涯。

美國許多大學已經開始讓研究生申請家事假期 (family

leave)，提供津貼補助與衛生福利給懷孕的女性研究人員，同時也延長她們的研究工作任期。麥爾坎表示女性不應被迫在職業生涯與家庭中做選擇，而且學術單位必須要「創造一種氛圍，讓女性不必再做困難而艱鉅的抉擇。」

(黃鈺敏 譯)

地質學

火山爆發怎知道？

了解火山噴發前的微震，可協助預警即將發生的災害。

撰文／蔡宙 (Charles Q. Choi)

爆炸式火山在大規模噴發之前，經常會先引發地震，例如1980年造成極大災害的美國聖海倫斯火山爆發就是如此。不過，嘗試透過微震來預測這類噴發的時間和威力，數十年來一直沒能成功。現在有一組跨學科研究團隊研發出新的模型，可協助我們在大規模噴發造成災難前，提早數小時至數天發出警訊。

英國里茲大學的一群科學家，探究火山微震為何成群出現，又為何在火山內部的不同深度發生。答案的關鍵或許就是熔岩的特性。熔岩相當類似橡皮黏土，受到快速拉扯時會裂開。熔岩在主要火山通道內上升時，會產生很深的裂縫，這些裂縫會使熔岩的強度降低，並在其他位置造成破裂，且流動得更快，造成更多破裂。

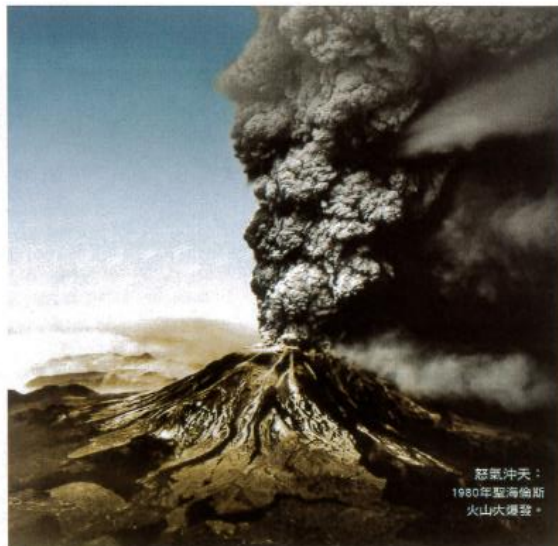
這樣一連串的破裂或許可以解釋，以往的研究曾偵測到火山導致的密集低頻地震。里茲大學的地球物理學家紐柏格 (Jürgen Neuberg) 表示，針對這類地震進行分析，可判定熔岩向上移動的速度，「因此可用於預測噴發」。紐柏格和同校的湯瑪斯 (Mark Thomas) 在今年3月2日的《地質》線上版詳細描述了他們的發現。

另一個團隊研發的模型，則認為這類微震是因為火山內部的熔岩柱在主要岩漿通道中來回擺動，就像節拍器

的擺桿一樣。加拿大卑詩大學的火山學家兼地球物理學家耶利內克 (Mark Jellinek) 在2011年2月24日的《自然》發表了他們的成果，指出熔岩柱擺動的頻率和大多數火山微震的主要頻率相同。

這個模型顯示，爆炸式噴發即將發生時，火山微震的頻率會以可預期的方式逐漸提高：爆炸式噴發會產生氣

體，氣體將熔岩柱壓縮得更細、更緻密，因此也擺動得更快。兩個研究團隊都表示還需要蒐集更多火山資料，以便進一步改良他們提出的模型。未來如果要嘗試預測爆炸式噴發，還需要觀察氣體排放狀況的變化，以及火山爆發前的外觀變化。紐柏格表示：「綜合所有資料之後，我們或許就能阻止悲劇發生。」(甘錫安 譯)



怒氣沖天：
1980年聖海倫斯
火山大爆發。

貳、研究目的

- 一、組裝實驗器材
- 二、探討不同水量對 U 形管震盪頻率的影響
- 三、探討不同 U 形管底部長度對振盪的頻率的影響
- 四、探討不同粗細 U 形管對振盪的頻率的影響
- 五、探討不同加熱位置對 U 形管震盪頻率的影響
- 六、探討不同加熱源差對 U 形管震盪頻率的影響
- 七、探討水位高低振動與玻璃管振動頻率的關係

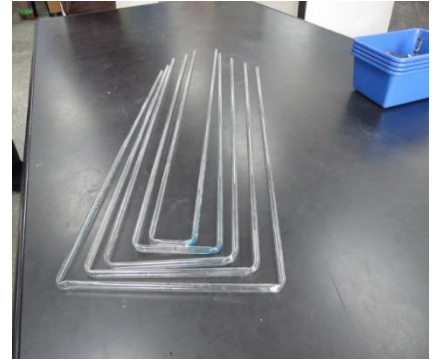
參、研究設備及器材



壓克力板



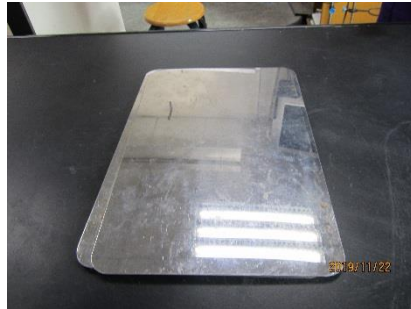
打火機



玻璃管



本生燈



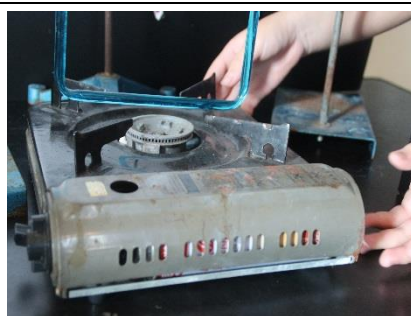
擋板



色素



游標尺



瓦斯爐



噴燈



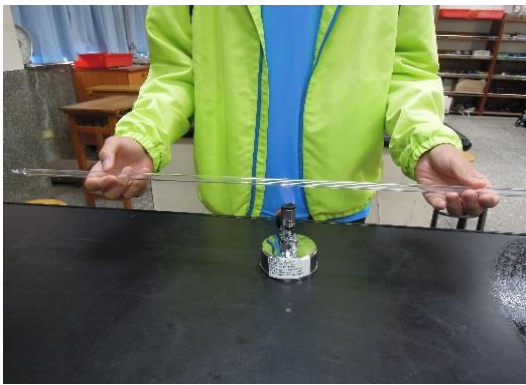
酒精燈

參、研究過程、結果與討論

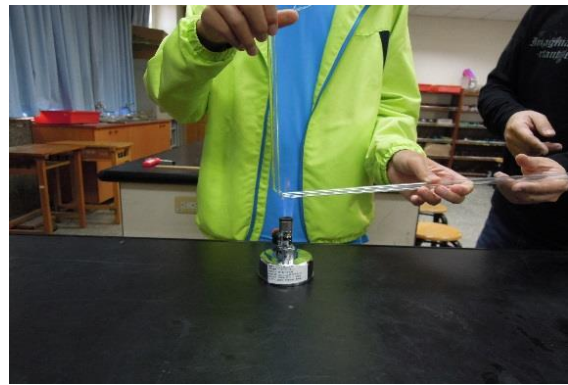
一、準備實驗：組裝實驗器材

我們首先想先模擬火山噴發的狀況，根據科學人雜誌中的描述，熔岩受到快速拉扯會裂開，熔岩在主要火山通道內上升，會產生裂縫。而熔岩柱擺動的頻率和火山微震的主要頻率相同。因此，我們將玻璃管利用噴燈加熱，彎成 U 型管的形狀，用來模擬熔岩通道，並在 U 型管內倒入加了色素的水。而加熱源則是利用本生燈在 U 型管下方處加熱，就可以觀察 U 型管內的噴發狀態與頻率了。

1. 將玻璃管利用噴燈加熱彎成 U 形管。

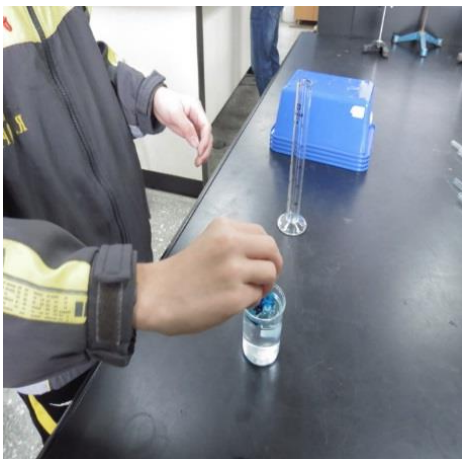


圖一 加熱玻璃管



圖二 將玻璃管折成 90 度

2. 將 U 型管兩端利用滴定管夾具固定。
3. 將 U 型管內裝入染色後的水。
4. 將本生燈放置在 U 型管下方處，當成加熱源。



圖三 加入染色後的水

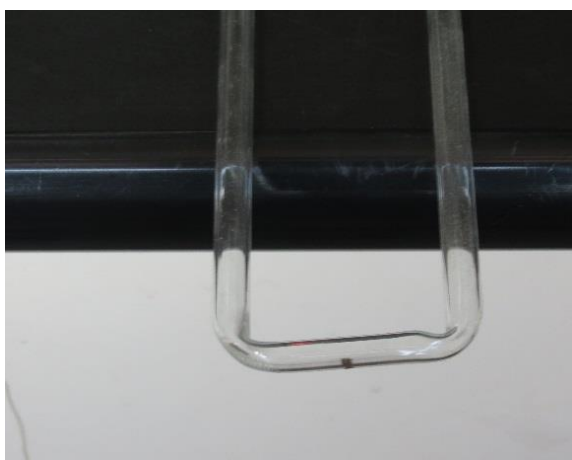


圖四 實驗裝置

二、實驗一：探討不同水量對 U 形管震盪頻率的影響

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成底部長度為 6cm 的 U 型管。
2. 將 U 型管固定在夾具中，裝入 15 ml 染色後的水。
3. 使 U 型玻璃管的底部與本生燈固定 1.8 cm 的距離。
4. 在玻璃管的左右水面上用奇異筆畫上標記。
5. 利用攝影機拍攝水面位置及 U 型玻璃管底部位置。
6. 將本生燈點火後開始進行實驗，紀錄約 5 分鐘。
7. 重複步驟 1~6，但依序將水量更改為 20 ml、25 ml、30 ml 及 35 ml。



圖五 6cm 的 U 型管



圖六 加入 15ml 水後的 U 型管



圖七 左右玻璃管用奇異筆做記號

(二) 實驗結果與討論

我們將影片格放播出，並且以一開始的奇異筆記號為標準，將水面離開標記的最高點時間記錄下來，共紀錄 20 次時間點，並依照水量 15 ml 到 35 ml 時，畫出時間與頻率關係圖。

表一 水量 15ml 時，左右兩管噴發時間與頻率的關係

水量 15 ml				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.39		1.03	
2	1.61	0.83	2.26	0.81
3	2.67	0.94	3.43	0.86
4	3.34	1.50	4.27	1.20
5	4.24	1.11	4.73	2.15
6	5.57	0.75	6.44	0.58
7	6.71	0.87	7.07	1.60
8	7.13	2.36	7.94	1.15
9	8.74	0.62	9.27	0.75
10	9.91	0.85	9.80	1.87
11	11.04	0.88	10.67	1.15
12	11.82	1.30	11.87	0.83
13	12.87	0.95	13.47	0.62
14	14.18	0.77	14.84	0.73
15	15.74	0.64	15.88	0.97
16	16.32	1.74	16.84	1.04
17	17.61	0.77	18.18	0.75
18	18.78	0.86	19.61	0.70
19	20.28	0.67	21.08	0.68
20	21.51	0.81	22.02	1.06
平均		1.01		1.03

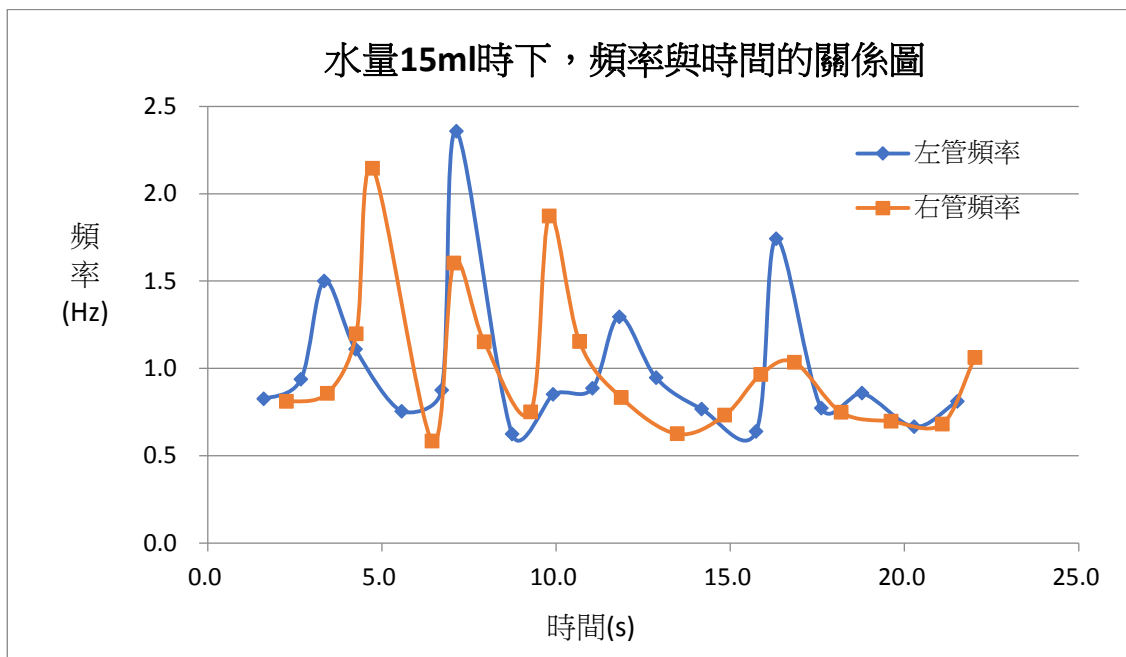
表二 不同水量，左右兩管噴發時間與頻率的關係

水量 20 ml				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	23.19		23.22	
2	23.69	2.02	23.65	2.30
3	25.63	0.52	25.26	0.62
4	26.66	0.97	25.90	1.57
5	27.93	0.79	26.69	1.25
6	29.40	0.68	27.93	0.81
7	30.13	1.36	29.36	0.70
8	30.53	2.52	30.10	1.36
9	31.40	1.15	31.60	0.67
10	33.10	0.59	33.20	0.62
11	34.04	1.07	34.07	1.15
12	35.51	0.68	35.57	0.67
13	36.67	0.86	36.67	0.91
14	37.17	2.00	37.91	0.81
15	37.87	1.43	38.77	1.15
16	38.30	2.31	39.14	2.72
17	38.74	2.30	39.71	1.75
18	39.14	2.49	40.24	1.87
19	39.74	1.67	40.58	2.99
20	40.21	2.14	41.54	1.04
平均		1.45		1.31

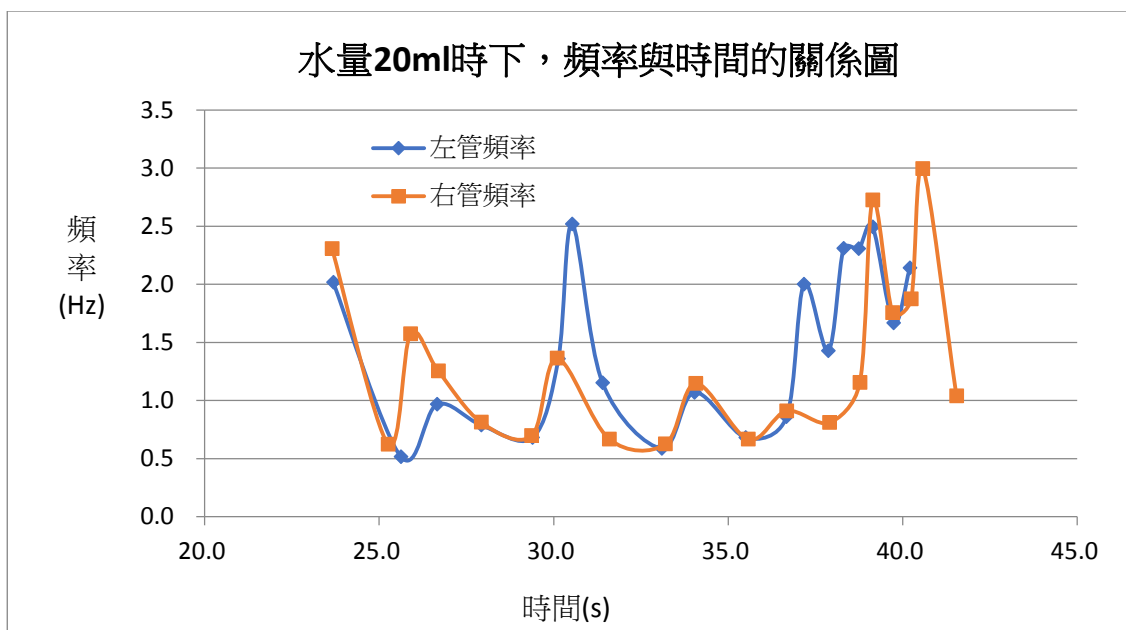
水量 25 ml				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.557		0.516	
2	1.030	2.114	1.247	1.368
3	1.764	1.362	2.148	1.110
4	2.791	0.974	3.950	0.555
5	3.499	1.412	5.588	0.611
6	4.133	1.577	6.070	2.075
7	5.334	0.833	7.268	0.835
8	6.836	0.666	8.900	0.613
9	7.403	1.764	10.214	0.761
10	8.197	1.259	10.758	1.838
11	9.071	1.144	11.522	1.309
12	9.765	1.441	11.858	2.976
13	10.432	1.499	12.626	1.302
14	11.140	1.412	13.161	1.869
15	12.969	0.547	13.344	5.464
16	13.535	1.767	13.755	2.433
17	13.943	2.451	14.995	0.806
18	14.544	1.664	15.594	1.669
19	15.077	1.876	16.630	0.965
20	15.664	1.704	17.130	2.000
平均		1.45		1.61

水量 30 ml				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.51		0.93	
2	1.29	1.28	1.63	1.43
3	1.74	2.19	2.10	2.14
4	2.13	2.58	2.50	2.49
5	2.58	2.21	2.97	2.14
6	3.21	1.59	3.67	1.43
7	3.73	1.91	4.27	1.67
8	4.29	1.79	5.07	1.25
9	4.98	1.45	5.70	1.58
10	5.80	1.22	6.70	1.00
11	6.23	2.33	8.34	0.61
12	6.67	2.29	10.10	0.57
13	7.50	1.20	11.44	0.75
14	8.09	1.70	11.87	2.31
15	8.37	3.57	13.40	0.65
16	9.06	1.44	13.87	2.13
17	10.04	1.03	15.23	0.74
18	10.74	1.43	15.64	2.42
19	11.07	3.02	16.32	1.47
20	11.81	1.36	16.78	2.20
平均		1.87		1.52

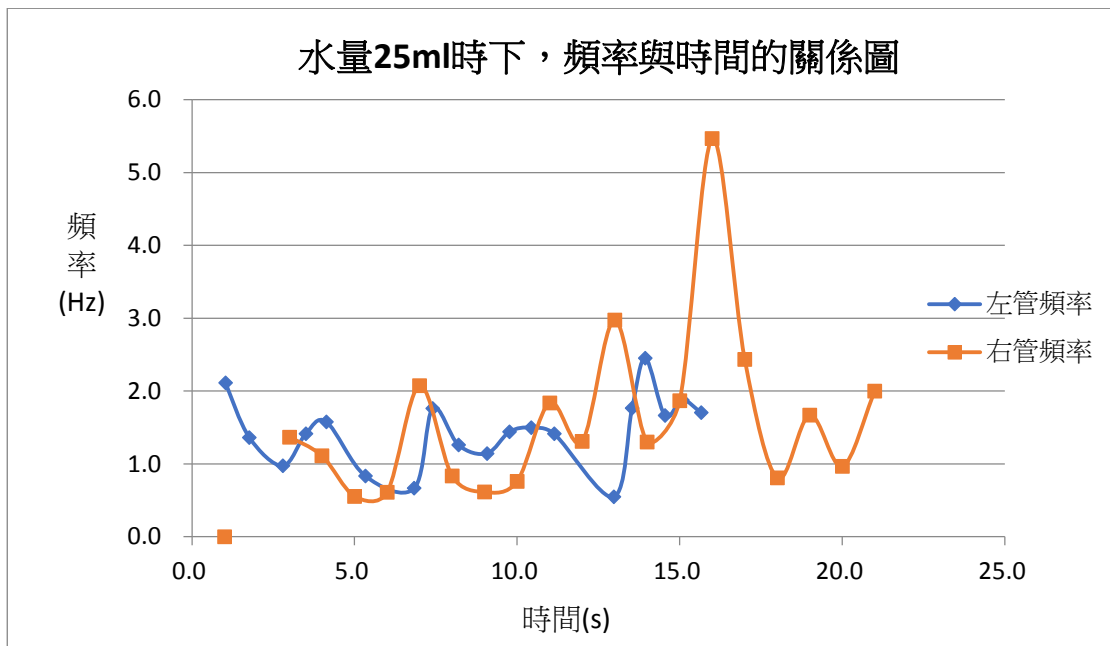
水量 35 ml				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	23.83		24.18	
2	24.76	1.07	26.72	0.39
3	25.23	2.14	26.90	5.59
4	26.13	1.11	27.05	6.49
5	26.74	1.62	27.66	1.64
6	27.05	3.28	28.85	0.84
7	27.23	5.62	30.32	0.68
8	27.64	2.40	31.63	0.77
9	28.56	1.09	32.08	2.21
10	30.33	0.57	32.43	2.82
11	31.12	1.26	33.30	1.15
12	31.73	1.63	34.34	0.96
13	32.49	1.33	34.77	2.32
14	33.47	1.02	35.71	1.06
15	34.37	1.11	36.30	1.68
16	34.80	2.30	37.21	1.11
17	35.02	4.57	38.49	0.78
18	35.70	1.47	38.65	6.25
19	36.34	1.57	39.14	2.03
20	37.19	1.17	39.74	1.67
平均		1.91		2.13



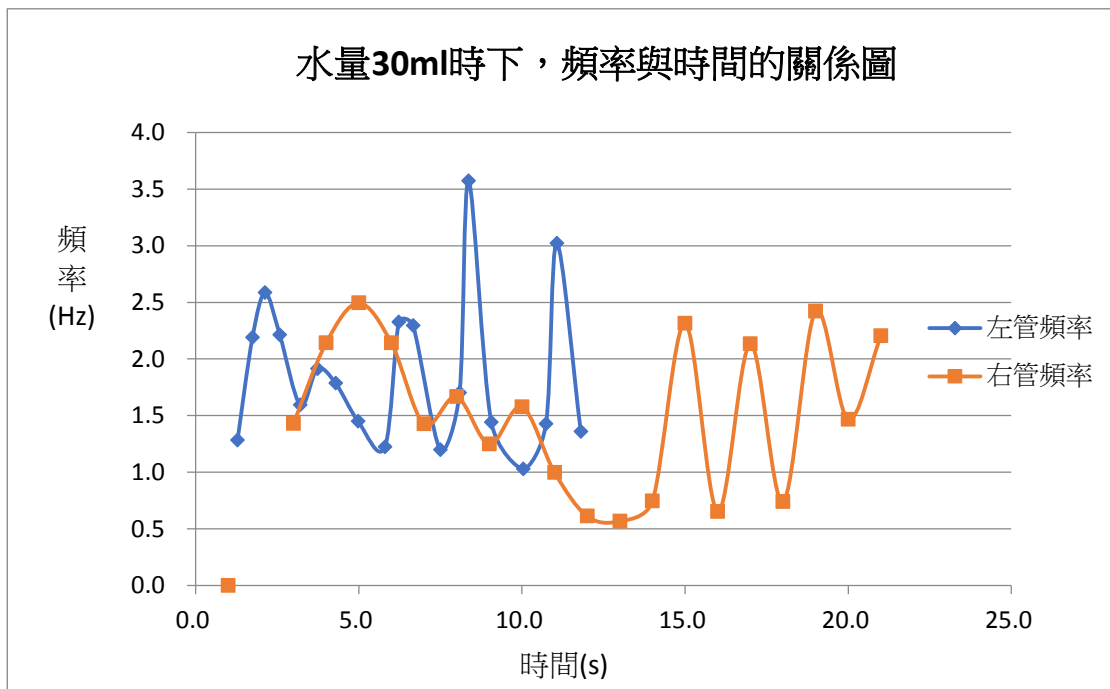
圖八 水量 15ml 時下，頻率與時間的關係圖



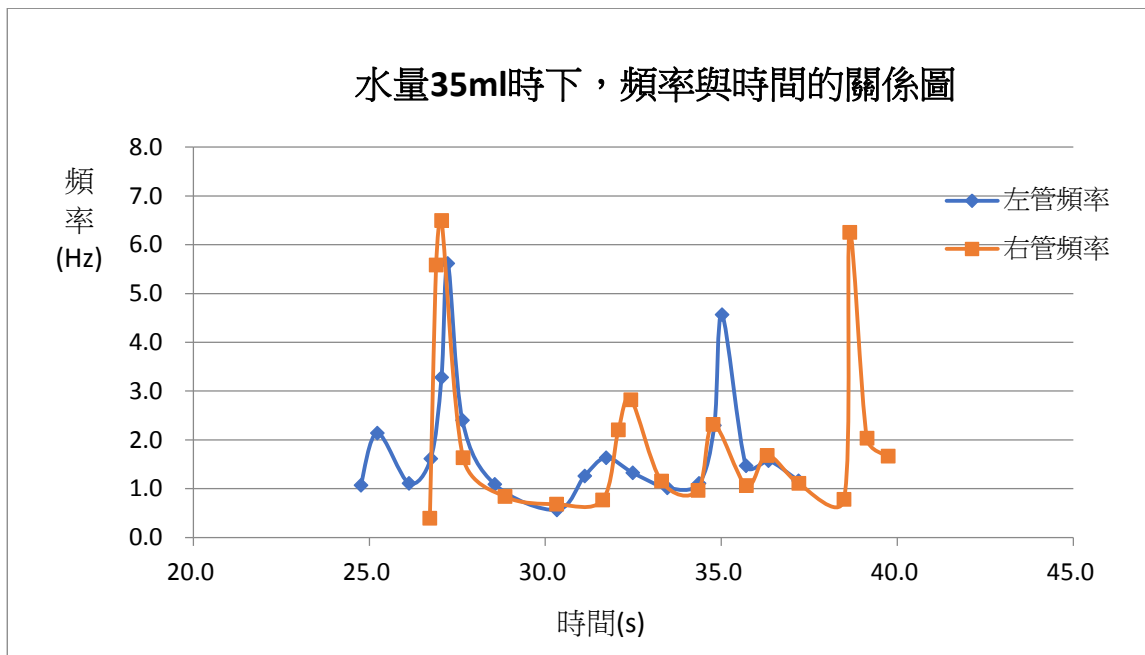
圖九 水量 20ml 時下，頻率與時間的關係圖



圖十 水量 25ml 時下，頻率與時間的關係圖

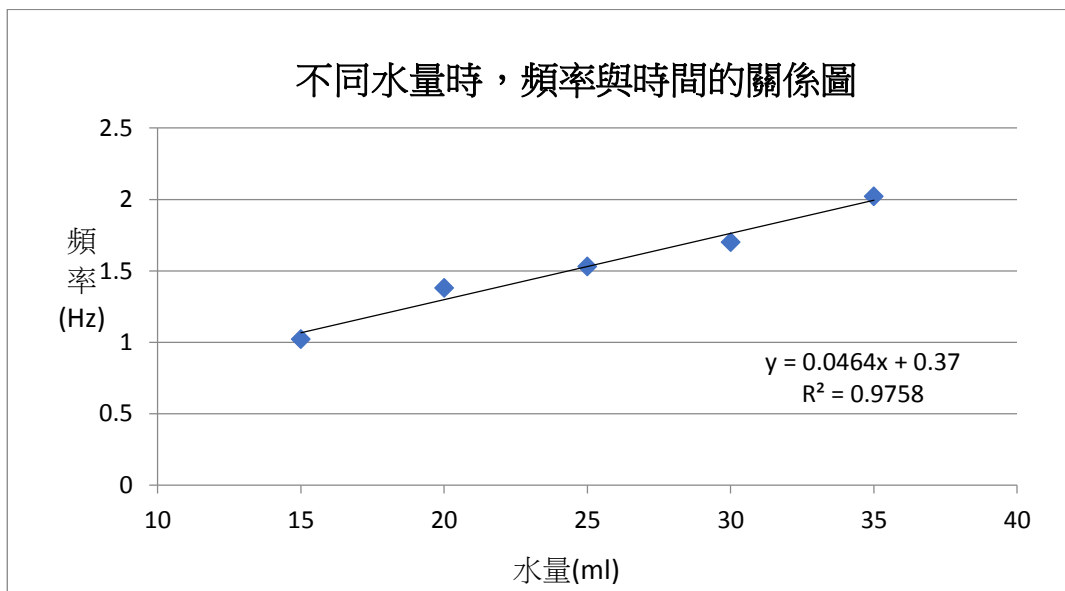


圖十一 水量 30ml 時下，頻率與時間的關係圖



圖十二 水量 35ml 時下，頻率與時間的關係圖

我們將左右兩管算出的頻率取平均值，再將水量和平均頻率畫出圖形，發現同樣是底部為 6cm 的 U 型管，水量越多頻率也會跟著改變，當水量到了 35ml 時頻率到了 2.02，因此我們推論水量越多，振動的越明顯。預測，火山岩漿庫愈大，將噴發更劇烈。

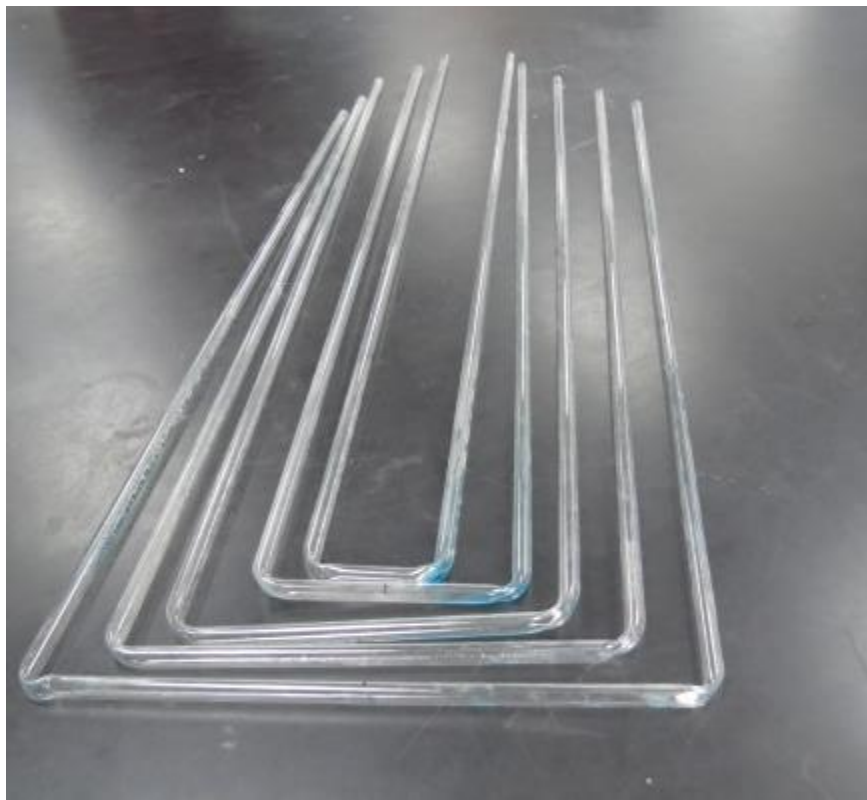


圖十三 不同水量時，頻率與時間的關係圖

三、實驗二：探討不同 U 形管底部長度對振盪的頻率的影響

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成底部長度為 6cm 的 U 型管，並裝入 50 ml 染色後的水。
2. 使 U 型玻璃管的底部與本生燈固定 1.8 cm 的距離。
3. 在玻璃管的左右水面上用奇異筆畫上標記。
4. 利用攝影機拍攝水面位置及 U 型玻璃管底部位置。
5. 將本生燈點火後開始進行實驗，紀錄約 5 分鐘。
6. 重複步驟 1~5，但依序將玻璃管燒製成底部長度為 12 cm、18 cm、24 cm 及 30cm 。



圖十四 底部長度不同的玻璃管

(二) 實驗結果與討論

表三 不同玻璃管底部長度，左右兩管噴發時間與頻率的關係

玻璃管底部長度 = 6 cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.63		0.43	
2	1.26	1.59	0.76	3.01
3	1.73	2.13	2.13	0.73
4	2.14	2.46	2.72	1.71
5	2.76	1.60	3.76	0.96
6	3.76	1.00	4.55	1.26
7	4.55	1.27	5.47	1.09
8	6.05	0.67	6.01	1.85
9	7.01	1.04	7.06	0.96
10	7.60	1.72	7.51	2.19
11	8.22	1.59	8.35	1.20
12	8.97	1.33	8.97	1.60
13	9.81	1.20	9.77	1.26
14	10.52	1.41	10.60	1.20
15	11.31	1.26	11.07	2.14
16	11.98	1.50	12.02	1.05
17	12.60	1.59	12.48	2.19
18	13.27	1.50	13.27	1.26
19	13.69	2.40	13.69	2.40
20	14.25	1.78	14.27	1.71
平均		1.53		1.57

玻璃管底部長度 = 12 cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.43		0.47	
2	0.81	2.63	1.26	1.26
3	1.26	2.23	1.93	1.49
4	1.77	1.96	3.05	0.89
5	2.43	1.51	3.64	1.71
6	3.02	1.69	3.97	3.00
7	4.06	0.96	4.76	1.26
8	4.73	1.50	5.35	1.71
9	5.98	0.80	5.85	2.00
10	6.65	1.50	6.81	1.04
11	7.69	0.96	8.39	0.63
12	8.40	1.41	9.14	1.33
13	10.39	0.50	9.60	2.18
14	11.39	1.00	10.36	1.32
15	12.61	0.82	11.43	0.93
16	13.90	0.78	12.35	1.09
17	14.36	2.14	13.31	1.04
18	14.78	2.41	13.90	1.71
19	15.40	1.62	15.06	0.86
20	16.65	0.80	15.40	3.00
平均		1.43		1.50

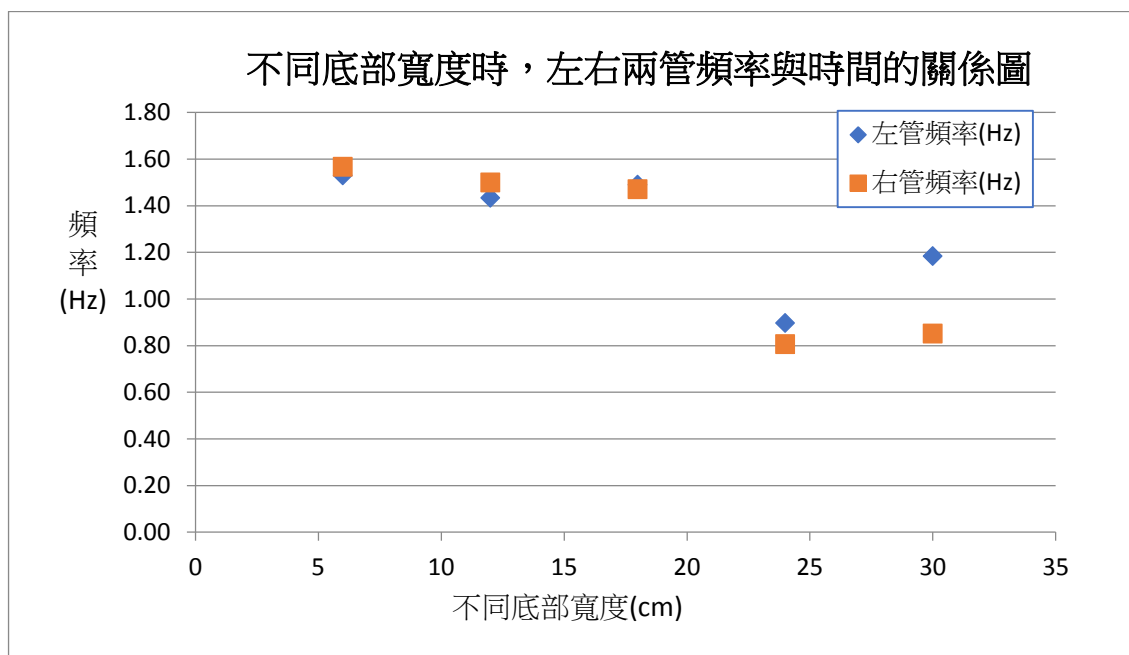
玻璃管底部長度 = 18 cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.06		0.07	
2	1.19	0.89	1.04	1.03
3	1.42	4.26	1.39	2.82
4	2.13	1.42	2.41	0.99
5	3.34	0.82	3.33	1.09
6	3.72	2.61	3.56	4.33
7	4.98	0.80	4.11	1.81
8	6.77	0.56	4.79	1.46
9	8.35	0.63	5.41	1.62
10	9.78	0.70	7.01	0.62
11	11.10	0.75	8.55	0.65
12	11.59	2.07	10.00	0.69
13	12.69	0.91	11.28	0.78
14	13.77	0.93	11.85	1.76
15	14.21	2.28	12.52	1.50
16	15.27	0.94	13.15	1.58
17	15.71	2.27	13.77	1.62
18	17.03	0.76	15.27	0.67
19	17.51	2.07	15.74	2.14
20	17.89	2.64	17.04	0.77
平均		1.49		1.47

玻璃管底部長度 = 24 cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.54		0.50	
2	1.94	0.71	2.54	0.49
3	3.00	0.95	3.25	1.41
4	3.54	1.84	4.62	0.73
5	4.88	0.75	5.83	0.83
6	5.79	1.09	7.59	0.57
7	7.46	0.60	9.34	0.57
8	9.30	0.54	10.30	1.04
9	10.80	0.67	10.88	1.72
10	12.59	0.56	12.51	0.61
11	14.09	0.67	14.01	0.67
12	15.09	1.00	15.18	0.86
13	17.06	0.51	16.85	0.60
14	18.26	0.83	17.68	1.20
15	19.04	1.29	19.14	0.68
16	20.12	0.93	21.56	0.41
17	21.64	0.66	23.23	0.60
18	22.77	0.89	24.23	1.00
19	23.25	2.10	25.40	0.86
20	25.42	0.46	27.61	0.45
平均		0.90		0.80

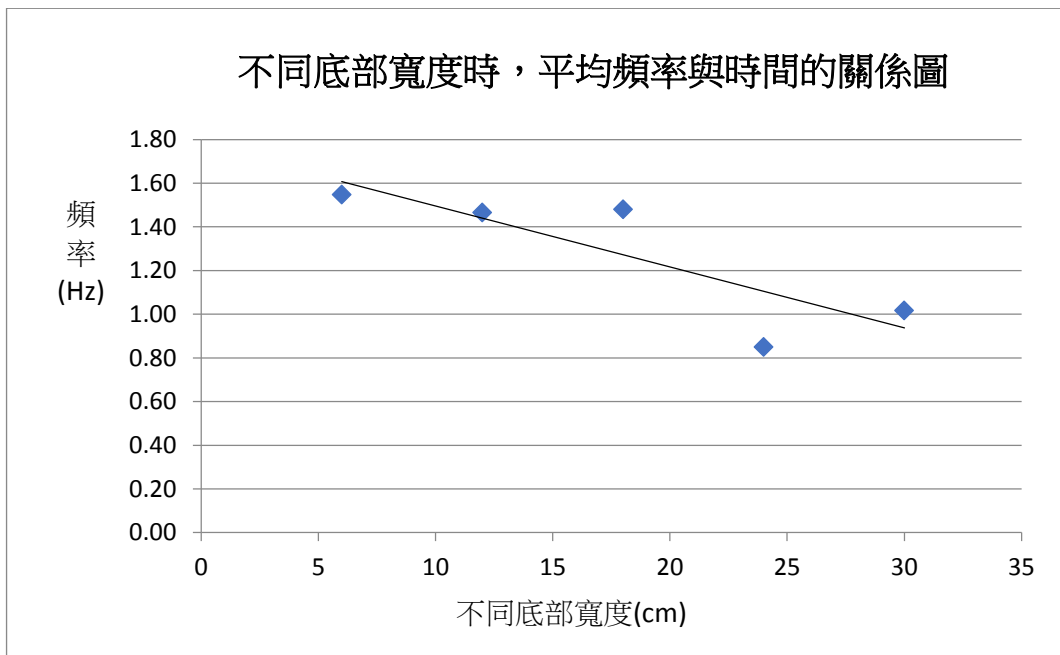
表四 玻璃管底部長度為 30cm 時，左右兩管噴發時間與頻率的關係

玻璃管底部長度 =30 cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	1.62		1.13	
2	3.14	0.66	2.26	0.88
3	3.46	3.13	4.14	0.53
4	4.34	1.14	4.97	1.20
5	6.56	0.45	6.73	0.57
6	8.81	0.44	9.19	0.41
7	9.40	1.69	12.06	0.35
8	11.32	0.52	13.86	0.56
9	11.98	1.52	14.52	1.50
10	12.39	2.41	17.44	0.34
11	14.27	0.53	18.36	1.09
12	14.91	1.57	19.98	0.62
13	16.78	0.53	22.53	0.39
14	17.57	1.27	23.28	1.34
15	17.87	3.33	24.28	1.00
16	19.95	0.48	26.99	0.37
17	22.15	0.45	27.37	2.66
18	24.36	0.45	28.20	1.20
19	26.91	0.39	30.08	0.53
20	27.58	1.50	31.66	0.63
平均		1.18		0.85

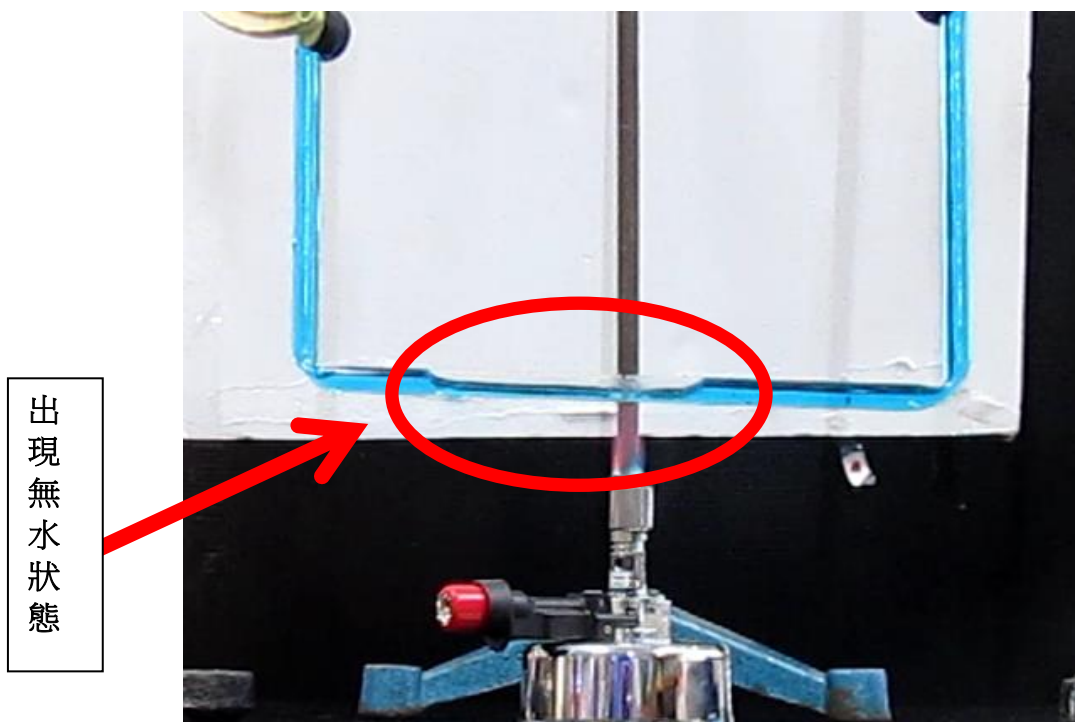
將影片格放播出，並紀錄 20 次水面離開標記的最高點時間，並依照時間與頻率畫出關係圖。可以發現，當底部寬度較小時，左右兩管的平均頻率很接近，當底部寬度變大後，左右兩管的平均頻率的差異開始變大。



圖十五 不同底部寬度時，左右兩管頻率與時間的關係圖



圖十六 不同底部寬度時，平均頻率與時間的關係圖



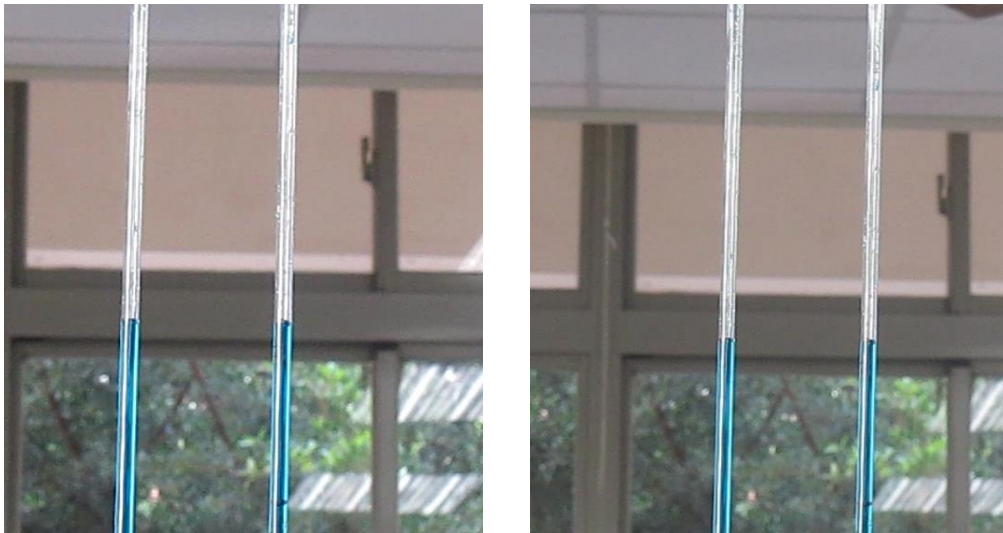
圖十七 不同底部寬度時，平均頻率與時間的關係圖

根據我們在實驗中觀察的經驗，發現這個現象是因為當火源開始加熱時，U型玻璃管底部會因為加熱沸騰而在底部產生局部無水狀態，因此造成水面開始震動，一開始震動並沒有固定管左管開始震動，或者右管開始震動(加熱源在中間)，但是開始震動後就會造成水面左右來回動。但當底部寬度愈寬，則水面來回動的時間變長，因此也造成左右兩管的噴發頻率有出現明顯不同的現象發生。預測，當地下狹縫間的距離愈大，噴發頻率差異也將愈大。

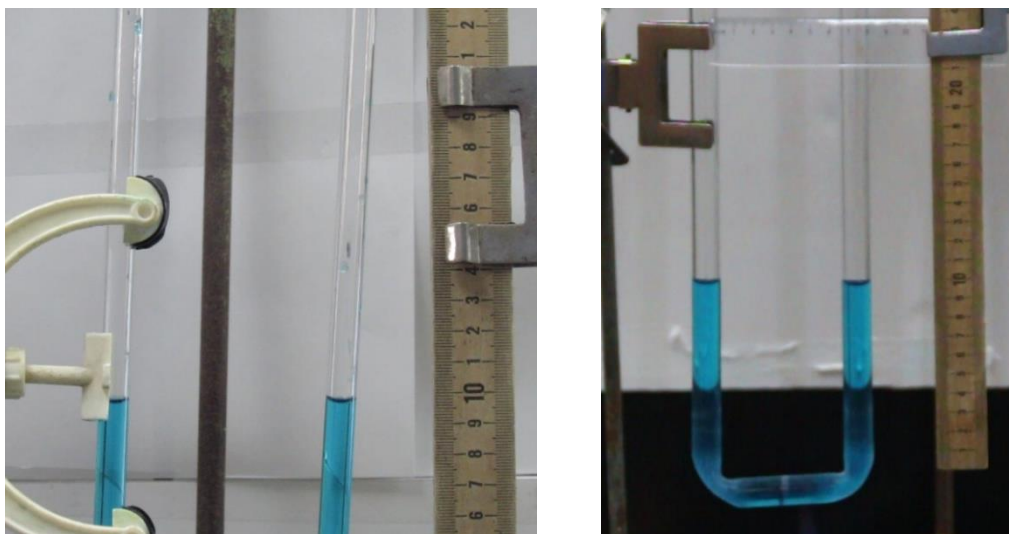
四、實驗三：探討不同粗細 U 形管對振盪的頻率的影響

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成內徑粗細分別為 5.1mm、6.7mm、8.2mm 以及 12.2mm，底部均為 6cm 的 U 型管。
2. 先將玻璃管直徑 5.1 mm 的 U 型管固定在夾具中，裝入 35ml 的水。
3. U 型管的底部與本生燈固定 1.8cm 的距離。
4. 在玻璃管的左右水面上用奇異筆畫上標記。
5. 利用攝影機拍攝水面位置及 U 型玻璃管底部位置。
6. 將本生燈點火後開始進行實驗，紀錄約 5 分鐘。
7. 重複步驟 2~6，但依序更換成玻璃管直徑為 6.7 mm、8.2 mm 及 12.2 mm。



圖十八 管內徑 5.1mm(左圖)及管內徑 6.7 mm(右圖)的玻璃管



圖十九 管內徑 8.2mm(左圖)及管內徑 12.2 mm(右圖)的玻璃管

(二) 實驗結果與討論

表五 不同玻璃管徑時，左右兩管噴發時間與頻率的關係

玻璃管內徑為 6.7 mm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	23.83		24.18	
2	24.76	1.07	26.72	0.39
3	25.23	2.14	26.90	5.59
4	26.13	1.11	27.05	6.49
5	26.74	1.62	27.66	1.64
6	27.05	3.28	28.85	0.84
7	27.23	5.62	30.32	0.68
8	27.64	2.40	31.63	0.77
9	28.56	1.09	32.08	2.21
10	30.33	0.57	32.43	2.82
11	31.12	1.26	33.30	1.15
12	31.73	1.63	34.34	0.96
13	32.49	1.33	34.77	2.32
14	33.47	1.02	35.71	1.06
15	34.37	1.11	36.30	1.68
16	34.80	2.30	37.21	1.11
17	35.02	4.57	38.49	0.78
18	35.70	1.47	38.65	6.25
19	36.34	1.57	39.14	2.03
20	37.19	1.17	39.74	1.67
平均		1.91		2.13

玻璃管內徑為 8.2 mm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.16		0.82	
2	0.57	2.46	1.98	0.86
3	1.49	1.08	2.46	2.10
4	1.93	2.26	3.86	0.71
5	2.40	2.15	4.53	1.49
6	2.94	1.83	5.48	1.04
7	3.21	3.82	6.73	0.80
8	4.67	0.68	7.93	0.84
9	5.91	0.80	9.14	0.83
10	8.54	0.38	10.60	0.68
11	8.87	3.00	11.73	0.89
12	9.83	1.04	13.66	0.52
13	10.37	1.84	14.85	0.84
14	11.29	1.09	16.02	0.86
15	11.72	2.35	17.43	0.71
16	12.58	1.15	18.61	0.85
17	13.79	0.83	19.90	0.77
18	15.00	0.83	21.38	0.68
19	15.42	2.40	21.74	2.82
20	16.01	1.69	22.99	0.80
平均		1.67		1.01

表六 不同粗細管徑與噴發頻率的關係

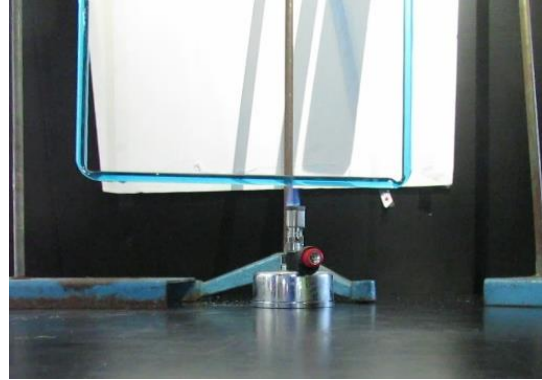
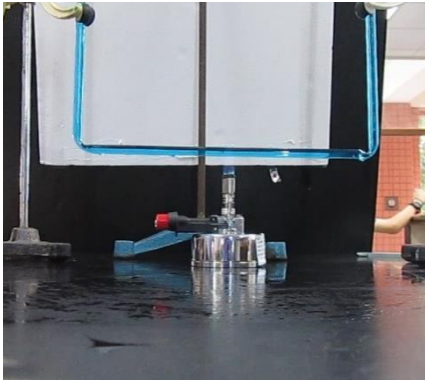
玻璃管內徑(mm)	左管噴發頻率(Hz)	右管噴發頻率(Hz)	平均噴發頻率(Hz)
5.1	玻璃管底部燒斷		
6.7	1.91	2.13	2.02
8.2	1.67	1.01	1.34

我們一共嘗試了 4 種不同粗細的玻璃管，分別為內徑 5.1mm、6.7 mm、8.2mm 以及 12.2 mm。實驗中最細的 5.1 mm，嘗試了幾次，都因為管徑過細，內含水量太少，導致被本生燈一加熱後，會融化而燒斷。而由內徑 6.7 及 8.2 的玻璃管的數據，可以發現，一旦管徑變大，噴發頻率將明顯下降。可惜的是，內徑 12.2 的玻璃管，因為太厚，不容易加熱彎折成 U 型管，一進行實驗就斷裂了。

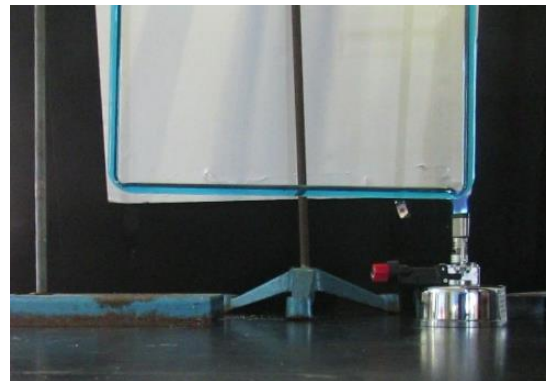
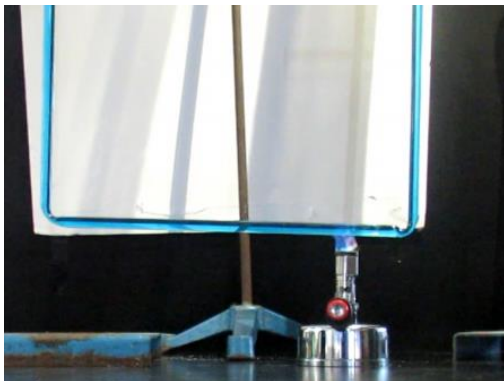
五、實驗四：探討不同加熱位置對 U 形管震盪頻率的影響

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成底部長度為 30cm 的 U 型管。
2. 將 U 型管固定在夾具中，裝入 50ml 的水。
3. U 型管的底部與本生燈固定 1.8 cm 的距離。
4. 將本生燈點火後開始進行實驗，紀錄約 5 分鐘。
5. 分別做火源距離中心為 0cm、5 cm、10 cm 以及 15cm 進行實驗(偏向右管)。



圖二十 距離火源距離玻璃管中心 0cm(左圖)以及 5cm(右圖)



圖二十一 距離火源距離玻璃管中心 10cm(左圖)以及 15cm(右圖)

(二) 實驗結果與討論

表七 不同火源位置時，左右兩管噴發時間與頻率的關係

距離火源距離玻璃管中心 0cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	1.62		1.13	
2	3.14	0.66	2.26	0.88
3	3.46	3.14	4.14	0.53
4	4.34	1.14	4.97	1.20
5	6.56	0.45	6.73	0.57
6	8.81	0.44	9.19	0.41
7	9.40	1.69	12.06	0.35
8	11.32	0.52	13.86	0.56
9	11.98	1.52	14.52	1.50
10	12.39	2.41	17.44	0.34
11	14.27	0.53	18.36	1.09
12	14.91	1.58	19.98	0.62
13	16.78	0.53	22.53	0.39
14	17.57	1.27	23.28	1.34
15	17.87	3.33	24.28	1.00
16	19.95	0.48	26.99	0.37
17	22.15	0.45	27.37	2.66
18	24.36	0.45	28.20	1.20
19	26.91	0.39	30.08	0.53
20	27.58	1.50	31.66	0.63
平均		1.18		0.85

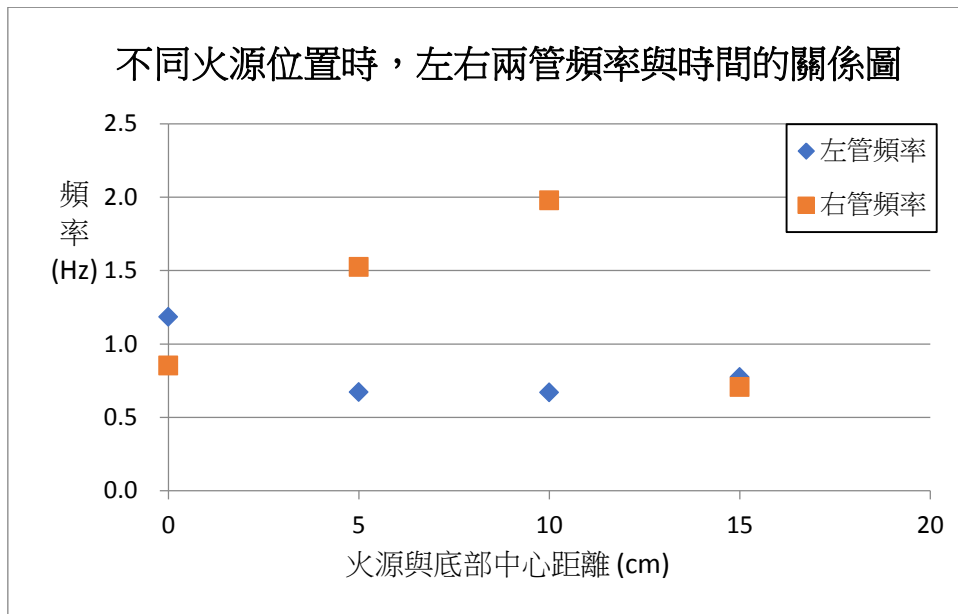
距離火源距離玻璃管中心 5cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	2.83		0.68	
2	6.02	0.31	1.39	1.40
3	7.96	0.51	2.12	1.36
4	8.83	1.15	2.74	1.62
5	9.23	2.50	3.04	3.31
6	11.67	0.41	3.67	1.58
7	13.22	0.64	4.29	1.61
8	14.20	1.02	5.26	1.04
9	16.32	0.47	6.03	1.30
10	22.01	0.18	6.81	1.27
11	26.33	0.23	7.63	1.23
12	26.92	1.71	8.00	2.66
13	29.07	0.46	9.20	0.84
14	32.32	0.31	10.10	1.11
15	34.09	0.57	11.33	0.81
16	36.37	0.44	11.73	2.49
17	37.58	0.83	13.24	0.66
18	40.65	0.33	13.86	1.62
19	43.28	0.38	14.39	1.89
20	46.47	0.31	15.25	1.15
平均		0.67		1.52

距離火源距離玻璃管中心 10cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.02		0.00	
2	0.69	1.50	3.87	0.26
3	4.41	0.27	4.04	5.88
4	5.56	0.87	4.31	3.76
5	7.05	0.67	5.09	1.27
6	10.25	0.31	5.63	1.87
7	12.12	0.54	7.50	0.54
8	14.18	0.48	8.39	1.11
9	16.04	0.54	10.40	0.50
10	18.55	0.40	10.93	1.87
11	19.96	0.71	12.05	0.89
12	21.46	0.67	12.41	2.73
13	22.98	0.66	12.60	5.38
14	27.90	0.20	12.98	2.62
15	30.09	0.46	13.23	4.00
16	31.78	0.59	14.89	0.60
17	35.46	0.27	15.30	2.42
18	37.26	0.55	17.00	0.59
19	38.82	0.64	20.16	0.32
20	39.24	2.37	21.23	0.94
平均		0.67		1.98

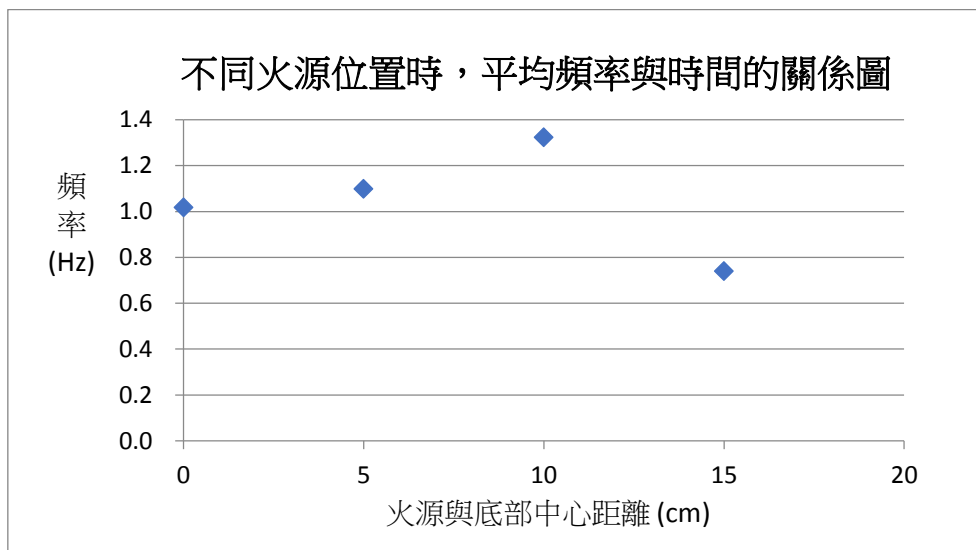
距離火源距離玻璃管中心 15cm				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	1.17		0.00	
2	2.47	0.77	1.32	0.76
3	3.97	0.67	2.69	0.73
4	5.43	0.69	4.14	0.69
5	6.94	0.66	5.56	0.70
6	8.88	0.52	6.98	0.71
7	9.33	2.21	8.43	0.69
8	11.08	0.57	9.91	0.67
9	12.52	0.70	11.32	0.71
10	13.88	0.73	12.78	0.68
11	15.30	0.71	14.10	0.76
12	16.82	0.66	15.59	0.67
13	18.20	0.72	17.07	0.67
14	19.64	0.70	18.49	0.70
15	20.94	0.77	19.81	0.76
16	22.41	0.68	21.33	0.66
17	23.91	0.66	22.71	0.72
18	25.33	0.70	24.23	0.66
19	26.78	0.69	25.63	0.72
20	27.90	0.90	27.00	0.73
平均		0.77		0.71

做完一系列的數據之後發現加熱源在中心時，左右兩管噴發頻率差異不大，但隨著距離增加，左右兩管的噴發頻率出現明顯差異；但是，加熱源在右管的正下方時，左右兩管的噴發頻率卻又變接近了，是因為此時水面的上升幅度很大，等到水面盪過去左管需要較久的時間，因此反而造成來回時間變長，而頻率下降。

而且發現加熱源越偏離中心越遠，頻率越大。但偏離 15cm 的因為每次水震盪的起伏較大，所以完整做完一次的時間較多，因此造成噴發頻率較小。



圖二十二 不同火源位置時，左右兩管頻率與時間的關係圖

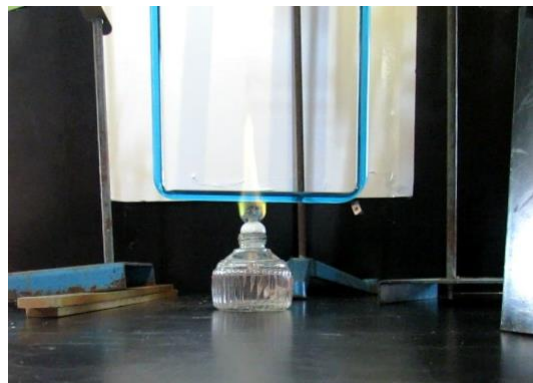
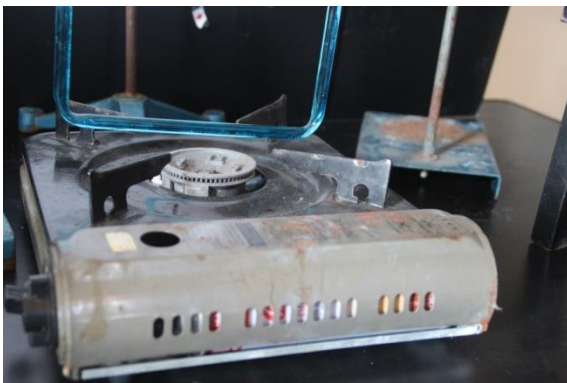


圖二十三 不同火源位置時，平均頻率與時間的關係圖

六、實驗五：探討不同加熱源差對 U 形管震盪頻率的影響

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成底部長度為18cm的U型管。
2. 將U型管固定在夾具中，裝入50 ml的水
3. U型管的底部與加熱源固定1.8 cm的距離
4. 將本生燈點火後開始進行實驗，紀錄約5分鐘。
5. 重複步驟2~4進行實驗，但將火源改為瓦斯爐加熱。
6. 重複步驟2~4進行實驗，但將火源改為酒精燈加熱。



圖二十四 利用瓦斯爐加熱(左圖)及利用酒精燈加熱(右圖)

(二) 實驗結果與討論

表八 不同加熱源時，左右兩管噴發時間與頻率的關係

加熱源為本生燈				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.06		0.07	
2	1.19	0.89	1.04	1.03
3	1.42	4.26	1.39	2.82
4	2.13	1.42	2.41	0.99
5	3.34	0.82	3.33	1.09
6	3.72	2.61	3.56	4.33
7	4.98	0.80	4.11	1.81
8	6.77	0.56	4.79	1.46
9	8.35	0.63	5.41	1.62
10	9.78	0.70	7.01	0.62
11	11.10	0.75	8.55	0.65
12	11.59	2.07	10.00	0.69
13	12.69	0.91	11.28	0.78
14	13.77	0.93	11.85	1.76
15	14.21	2.28	12.52	1.50
16	15.27	0.94	13.15	1.58
17	15.71	2.27	13.77	1.62
18	17.03	0.76	15.27	0.67
19	17.51	2.07	15.74	2.14
20	17.89	2.64	17.04	0.77
平均		1.49		1.47

加熱源為瓦斯燈				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.78		0.71	
2	2.41	0.61	2.08	0.73
3	3.56	0.87	3.61	0.65
4	5.72	0.46	5.08	0.68
5	7.60	0.53	6.87	0.56
6	8.75	0.87	7.70	1.20
7	10.10	0.74	9.00	0.77
8	10.74	1.57	9.57	1.76
9	11.97	0.81	11.01	0.70
10	12.92	1.05	12.09	0.92
11	14.21	0.78	13.64	0.64
12	14.79	1.72	15.95	0.43
13	16.19	0.71	17.29	0.74
14	18.12	0.52	19.13	0.54
15	19.18	0.94	20.76	0.61
16	21.33	0.46	22.60	0.54
17	23.20	0.54	24.24	0.61
18	24.63	0.70	25.94	0.59
19	26.20	0.64	27.39	0.69
20	27.00	1.25	28.97	0.63
平均		0.83		0.74

加熱源為酒精燈				
編號	左管		右管	
	時間(s)	頻率(Hz)	時間(s)	頻率(Hz)
1	0.69		0.75	
2	2.94	0.44	2.92	0.46
3	4.39	0.69	4.34	0.70
4	6.16	0.57	6.26	0.52
5	8.41	0.44	8.41	0.46
6	11.27	0.35	11.35	0.34
7	14.19	0.34	14.19	0.35
8	16.50	0.43	16.45	0.44
9	19.21	0.37	19.22	0.36
10	21.34	0.47	20.92	0.59
11	22.66	0.76	22.78	0.54
12	25.53	0.35	25.15	0.42
13	27.92	0.42	27.78	0.38
14	29.90	0.50	29.84	0.49
15	32.32	0.41	32.27	0.41
16	34.71	0.42	34.57	0.43
17	36.91	0.45	36.82	0.44
18	38.18	0.79	38.30	0.68
19	39.51	0.75	39.38	0.93
20	41.05	0.65	41.09	0.58
平均		0.51		0.50

我們發現在加熱源不同的情況下，水面震盪的頻率也有所不同。分析數據後，我們發現讓水面震盪頻率最高的加熱源是本生燈，其次是瓦斯爐，最後是酒精燈。讓我們驚訝的是，瓦斯爐的加熱能力竟然比本生燈差。經過討論後，認為可能是本生燈的熱源較集中，而瓦斯爐較分散，才會產生這個結果。推測，火山加熱愈集中，噴發將愈明顯。

而本生燈與酒精燈的左右兩管噴發頻率很接近，但是瓦斯燈的左右兩管噴發頻率的差異則較大，推測是因為瓦斯燈的火源較分散，加熱位置不是剛好在底部玻璃管中心，瓦斯燈有部分火源加熱的位置偏離底部玻璃管中心，所以反而導致左右兩管噴發頻率出現差異。

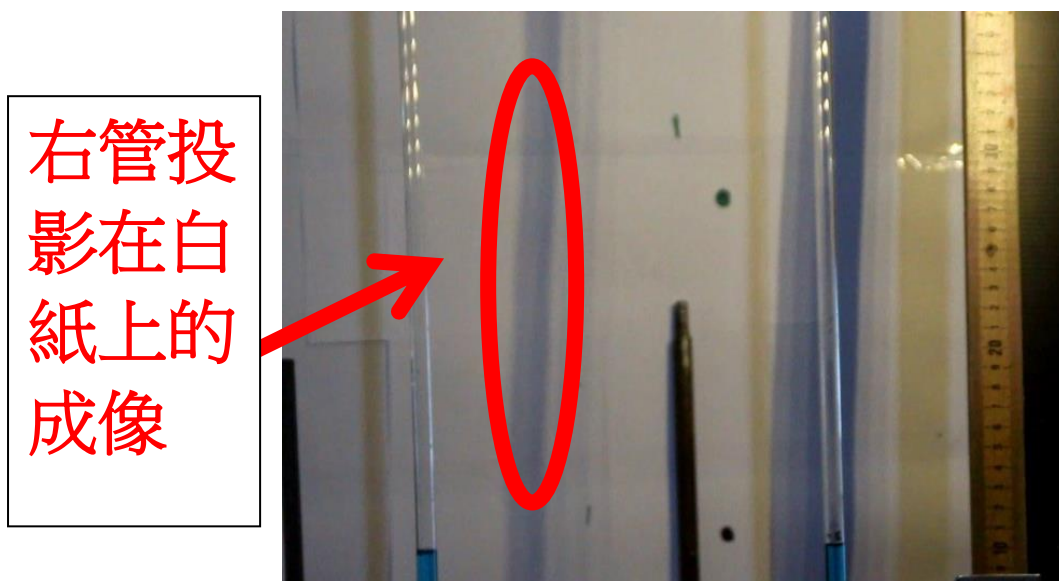
表九 不同火源與噴發頻率的關係

火源	左管噴發頻率(Hz)	右管噴發頻率(Hz)	平均噴發頻率(Hz)
本生燈	1.49	1.47	1.48
瓦斯燈	0.83	0.74	0.78
酒精燈	0.51	0.50	0.50

七、實驗六：探討水位高低振動與玻璃管振動頻率的關係

(一) 實驗步驟

1. 將玻璃管燒製成底部長度為18cm的U型管。
2. 將U型管固定在夾具中，裝入50 ml的水。
3. U型管的底部與本生燈固定1.8 cm的距離。
4. 使用燈光照射右玻璃管，讓成像落在白紙上。
5. 利用攝影機同時拍攝水面的震動情況以及玻璃管在白紙上的震動情況。
6. 開始加熱後，攝影約5分鐘。



圖二十五 將右管投影在白紙上

(二) 實驗結果與討論

表十 玻璃管及水面的噴發頻率及振幅與時間之關係

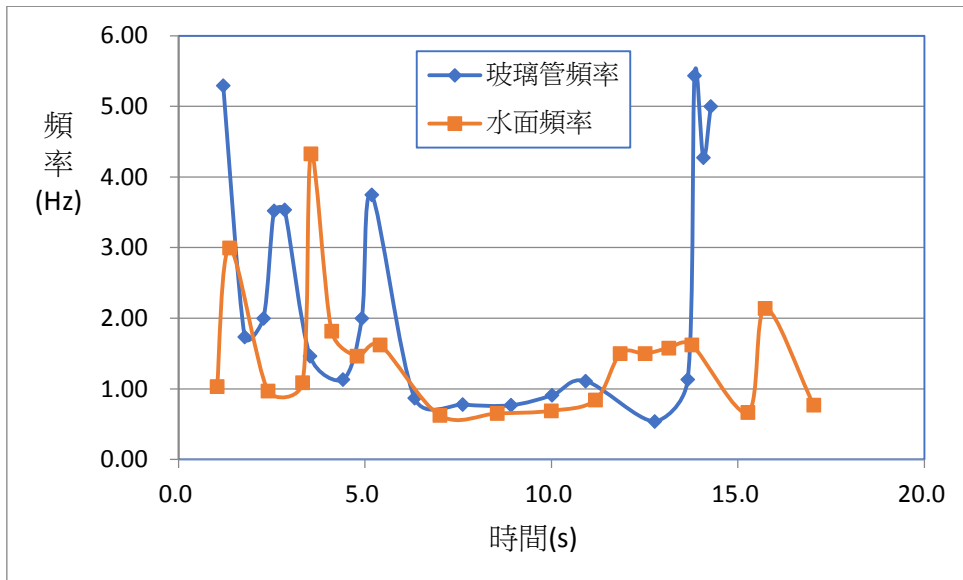
玻璃管			
編號	右管		
	時間(s)	頻率(Hz)	振幅(cm)
1	1.01		0.2
2	1.20	5.29	0.1
3	1.78	1.74	0.1
4	2.28	2.00	0.2
5	2.56	3.52	0.2
6	2.85	3.53	0.3
7	3.53	1.46	0.1
8	4.41	1.13	0.1
9	4.91	2.00	0.1
10	5.18	3.75	0.1
11	6.33	0.87	0.2
12	7.62	0.78	0.2
13	8.92	0.77	0.1
14	10.02	0.91	0.1
15	10.92	1.11	0.1
16	12.77	0.54	0.2
17	13.66	1.13	0.1
18	13.84	5.43	0.1
19	14.07	4.27	0.2
20	14.27	5.00	0.2
平均		2.38	0.15

水面			
編號	右管		
	時間(s)	頻率(Hz)	振幅(cm)
1	0.07		6.0
2	1.04	1.03	8.5
3	1.37	2.99	7.0
4	2.41	0.97	8.5
5	3.33	1.09	5.7
6	3.56	4.33	6.0
7	4.11	1.81	10.2
8	4.79	1.46	5.2
9	5.41	1.62	7.8
10	7.01	0.62	7.0
11	8.55	0.65	7.0
12	10.00	0.69	6.5
13	11.18	0.84	4.8
14	11.85	1.50	7.5
15	12.52	1.50	7.0
16	13.15	1.58	6.0
17	13.77	1.62	8.5
18	15.27	0.67	7.2
19	15.74	2.14	8.5
20	17.04	0.77	8.0
平均		1.47	7.21

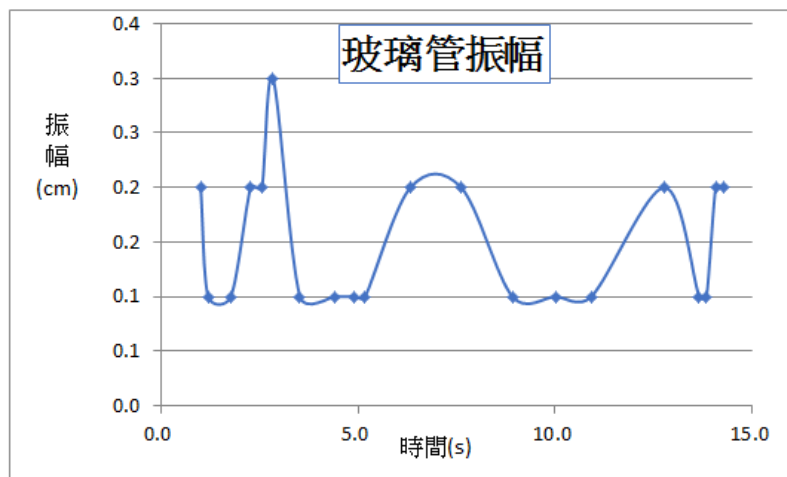
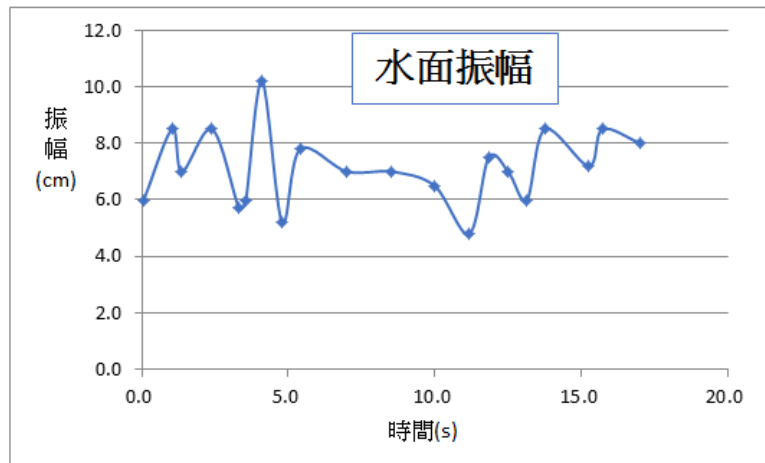
我們發現，把玻璃管的振動頻率與震幅跟水面相比較之下，玻璃管的振動頻率高於水面，但是振幅卻比水面小很多。原因極有可能是因為玻璃管是抖動的狀態下擺動，而水是以規律的起伏來擺動。也發現水面頻率及玻璃管頻率隨時間的變化很相近。

表十一 玻璃管及水面的噴發頻率與振福隨時間之關係

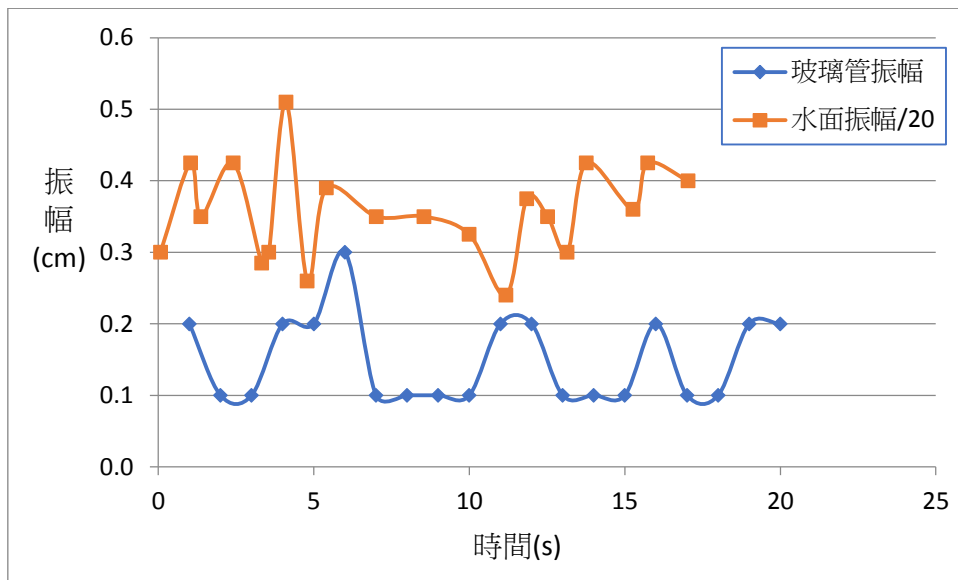
種類	平均噴發頻率(Hz)	平均振福(cm)
玻璃管	2.38	0.15
水面	1.47	7.21



圖二十六 水面頻率及玻璃管頻率隨時間的變化



圖二十七 水面及玻璃管振幅隨時間的變化



圖二十八 玻璃管振幅與水面(振幅/20)隨時間的變化

我們將玻璃管及水面的振幅隨時間畫出圖形。但是不容易看出它們之間的關係。因為水面振幅比玻璃管振幅大太多，因此我們嘗試將水面振幅縮小，將水面振幅除以 20 後，再與玻璃管振幅比較，結果發現玻璃管振幅與水面振幅隨時間的變化間的曲線差異則比較大。因此，推測熔岩柱擺動的頻率和火山振動頻率變化相似。

伍、結論

- 一、由實驗一可知，玻璃管的水量越多，振動越明顯。預測，火山岩漿庫愈大，將噴發更劇烈。
- 二、由實驗二可知，玻璃管底部寬度愈寬，左右兩管的噴發頻率的差異則變大。預測，當地狹縫間的距離愈大，噴發頻率差異也將愈大。
- 三、由實驗三可知，管徑越大，噴發頻率將越低。
- 四、由實驗四可知，加熱源越偏離中心越遠，頻率越大，但若加熱源在通道正下方，反而使頻率變小。
- 五、由實驗五可知，加熱源越集中在中心，則噴發頻率愈大；加熱源分散，反而造成噴發頻率下降。
- 六、由實驗六可知，水面頻率及玻璃管頻率隨時間的變化很相近。推測熔岩柱擺動的頻率和火山振動頻率變化相似。

陸、參考文獻

- 一. 郭重吉等編著(民國 107 年)，自然與生活科技三上第 6 章 地球構造與變動，南一出版。
- 二. 蔡宙(2012)。火山爆發怎知道？科學人，2012 年 7 月號，19 頁。