

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：生活與應用科學

組 別：國 中 組

作品名稱：神奇抗壓術 - - 簡易測量大氣壓力

關 鍵 詞：大氣壓力、波以耳定律、氣壓計

編 號：030801

學校名稱：

嘉義縣私立協同高級中學

作者姓名：

洪瑞玟、李佑均、張又文、王鐘仁

指導老師：

賴智行、陳坤賢



摘要

在國二時我們知道如果想要測量大氣壓力，就必須利用水銀氣壓計。但是水銀氣壓計攜帶不便且水銀有外洩的危險。如果將水銀改為水柱，則需要的管柱更高達十公尺以上，所以我們猜想是否有較為方便且簡易的方法測量大氣壓力。於是我們利用所學到的密閉空氣中體積跟壓力的關係：定溫下 $P_1V_1=P_2V_2$ （波以耳定律）結合托里切利實驗，設計出簡易的氣壓計。此氣壓計具有輕薄短小、取材容易的特性。經過一系列的檢測與評估之後，我們發現只需要一支 50 公分的壓克力管裝入適量的水，即有辦法測出大氣壓力。

為了解此方法在不同氣壓的適用性，除在平地測量之外，亦到鄰近的阿里山以不同的氣壓環境進行實驗。最後我們對照了簡易氣壓計與水銀氣壓計所測得的氣壓來探究測量值與實際值之間所存在的關係，並建立了速查表，增加了此裝置的實用性與準確度。

壹、研究動機：

國中理化第一冊第六章曾簡單的介紹壓力的特性，也告訴我們可以由水銀柱或水柱的高度來判斷大氣壓力的值。水銀的取得並不容易，且汞蒸氣有毒，若不慎漏出會對人體造成傷害。而水柱必須高十公尺以上，相當不方便。因此我們想藉由所學的理化知識，尋求一種可以更簡易、準確測量大氣壓力的方法。如果用日常生活中和我們關係最密切的水來進行實驗，應該會容易些。水果真可以取代水銀，而達到同樣的測量效果嗎？我們將要針對此作進一步的探討。

貳、研究目的：

我們將要以唾手可得的器材來進行實驗，再運用波以耳定律求出測量值，和實際值作對照，探討兩者存在於彼此之間的某種關係，檢測準確度和實用度的價值，進而研發出小型水氣壓計。

參、器材：

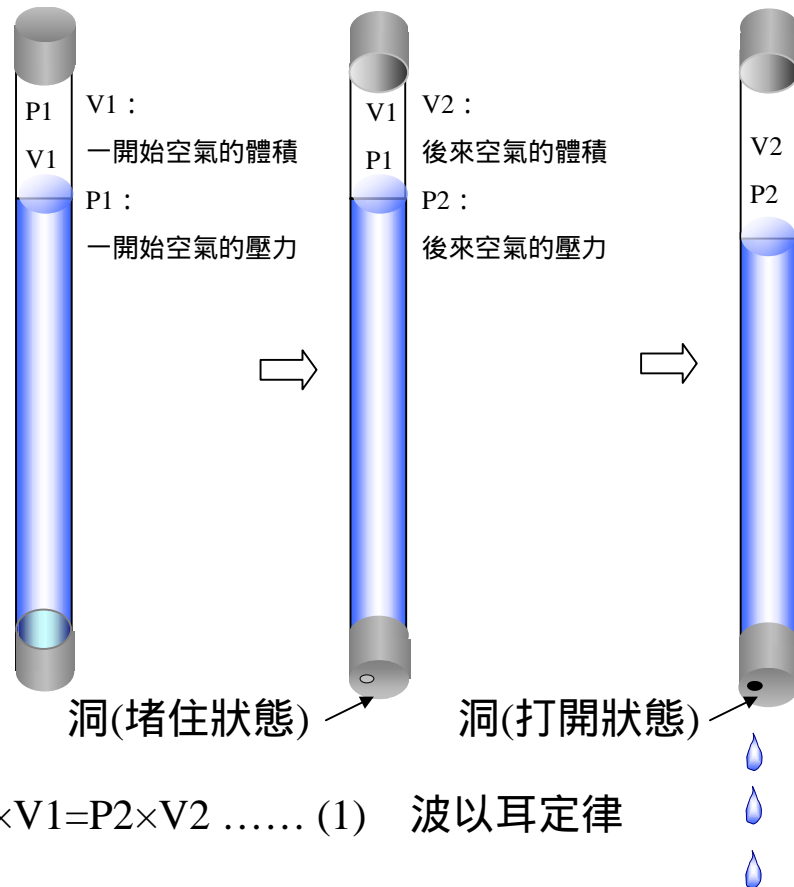
名稱	規格	數量
壓克力管	長度：51.2 公分 直徑：4 公分 長度：103.2 公分 直徑：4 公分	2
長尺	100 公分	2
塑膠圓蓋	一個不鑽洞 另一個鑽 3 / 16inch 的洞	2
木製固定架		1
水銀氣壓計		1
簡易氣壓計		1
防水膠帶		10

肆、研究過程

- 一、 我們先用木棒製作一個架子，以便實驗時支撐住塑膠管，以減少實驗誤差。
- 二、 我們選定了一個鑽了 $1/16$ inch 的洞的塑膠蓋來作實驗，並注入不同的水位來看結果的異同。(每次作 8 次，取其再現性)
- 三、 把塑膠圓蓋套住塑膠管底端，注水進行測量工作。(主要是注水後把上端塑膠管的開口用蓋子蓋住，再把下端塑膠圓蓋的洞打開，看水柱下降的情形)
- 四、 每天觀察水銀氣壓計，將觀察的結果乘以 13.6(水銀的密度)，即得實際值。把做出來的測量值和實際值互相作對照，求出其中的關係。
- 五、 平地的氣壓皆大同小異。為了進一步驗證結果，我們攜帶簡易氣壓計，到阿里山上去做實驗，以求在不同海拔不同氣壓的環境下，作出來結果的規律。

伍、理論根據

圖析：



已知 $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ (1) 波以耳定律

$$P_1 = P_{\text{水}} + P_2 \quad \text{.....(2)}$$

由第(1)式可知

$$P_2 = V_1 \times P_1 / V_2 \quad \text{代入第(2)式}$$

$$\text{得 } P_1 = P_{\text{水}} + V_1 \times P_1 / V_2 \quad \Longrightarrow \quad (1 - V_1 / V_2) \times P_1 = P_{\text{水}}$$

$$\Longrightarrow P_1 = \left[\frac{V_2}{V_2 - V_1} \right] \times P_{\text{水}}$$

陸、實驗數據:

實驗數據單位 h1、h2 皆為公分，P 水、Pair 皆為公分-水

柱高

平地氣壓實驗值

管長:51.2 公分，直徑 4 公分

氣壓:75.87

實際值:1031.832

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	1050.19
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	22.00	29.20	803.00	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	

氣壓:76

實際值:1033.6

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	1064.40
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	

氣壓:76.03 1034.008

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	1320.05
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	
30.00	21.20	21.60	29.60	1598.40	
30.00	21.20	21.70	29.50	1280.30	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.60	29.60	1598.40	
30.00	21.20	21.60	29.60	1598.40	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	

氣壓:75.8 實際值:1030.88

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	894.58
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.75	39.45	842.80	
40.00	11.20	11.75	39.45	842.80	
40.00	11.20	11.60	39.60	1148.40	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.80	39.40	774.87	
40.00	11.20	11.80	39.40	774.87	

氣壓:75.8 實際值:1030.88

	氣壓:75.8		實際值:1030.88		
水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	952.30
40.00	11.20	11.80	39.40	774.87	
40.00	11.20	11.60	39.60	1148.40	
40.00	11.20	11.60	39.60	1148.40	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.80	39.40	774.87	
40.00	11.20	11.60	39.60	1148.40	
40.00	11.20	11.80	39.40	774.87	

氣壓:75.8 實際值:1030.88

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	928.03
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.80	29.40	1068.20	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.95	29.25	856.05	

氣壓:75.7 實際值:1029.52

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	924.30
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	
40.00	11.20	11.70	39.50	924.30	

氣壓:75.78 實際值:1030.61

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	916.67
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	
30.00	21.20	21.90	29.30	916.67	

管長:103.2 公分 直徑 4 公分

氣壓:75.81

實際值:1031.02

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
50.00	53.20	56.00	47.20	944.00	973.04
50.00	53.20	55.90	47.30	979.29	
50.00	53.20	55.90	47.30	979.29	
50.00	53.20	55.85	47.35	997.92	
50.00	53.20	56.00	47.20	944.00	
50.00	53.20	56.00	47.20	944.00	
50.00	53.20	55.85	47.35	997.92	
50.00	53.20	55.85	47.35	997.92	

氣壓:75.81

實際值:1031.02

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	63.20	65.80	37.40	946.51	976.85
40.00	63.20	65.60	37.60	1027.73	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.65	37.55	1006.19	
40.00	63.20	65.80	37.40	946.51	
40.00	63.20	65.85	37.35	928.11	
40.00	63.20	65.60	37.60	1027.73	
40.00	63.20	65.80	37.40	946.51	

氣壓:75.82

實際值:1031.15

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	63.20	65.60	37.60	1027.73	988.90
40.00	63.20	65.80	37.40	946.51	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.65	37.55	1006.19	
40.00	63.20	65.60	37.60	1027.73	
40.00	63.20	65.80	37.40	946.51	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	

氣壓:75.8 實際值:1030.88

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
40.00	63.20	65.65	37.55	1006.19	976.21
40.00	63.20	65.90	37.30	910.40	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	
40.00	63.20	65.75	37.45	965.62	
40.00	63.20	65.70	37.50	985.50	

氣壓:75.9 實際值:1032.24

水位	h1	h2	P 水	測量值	平均值
50.00	53.20	55.60	47.60	1102.73	1038.59
50.00	53.20	55.70	47.50	1058.30	
50.00	53.20	55.70	47.50	1058.30	
50.00	53.20	55.80	47.40	1017.28	
50.00	53.20	55.70	47.50	1058.30	
50.00	53.20	55.90	47.30	979.29	
50.00	53.20	55.80	47.40	1017.28	
50.00	53.20	55.80	47.40	1017.28	

柒、數據分析：

我們針對所操作的各組數據整理之後又作了研究，以期找出其中的規律性。

- 一、 先把所有數據依長管及短管作分類。
- 二、 我們假設所有的實際值和測量值之間存在一定的比值，即把測量值乘上一個常數，便可得到實際值。

三、把所有的測量值除以實際值，所得商分別如下：

短管	實際值	測量值	商值
	1030.88	894.58	0.87
	1030.88	952.30	0.92
	1030.88	928.03	0.9
	1092.52	924.30	0.9
長管	1031.61	916.67	0.89
	實際值	測量值	商值
	1031.02	973.04	0.94
	1031.02	976.05	0.95
	1031.15	988.80	0.96
	1030.88	976.21	0.95

由上可知商數值十分穩定，短管的平均值為 0.9，長管為 0.95，因此我們認為只要按照數據的性質乘上這兩個平均值的倒數，便可以得到一個十分接近實際值的數。

四、然而，把這樣的推論運用至在高山測得的數據上，便無法吻合，換言之，此常數值有了變化。

短管	實際值	測量值	商值
	991.44	636.98	0.64
	930.92	536.68	0.58
	842	454.71	0.54
長管	實際值	測量值	商值
	991.44	761.18	0.77
	930.92	754.78	0.81
	842	582.03	0.69

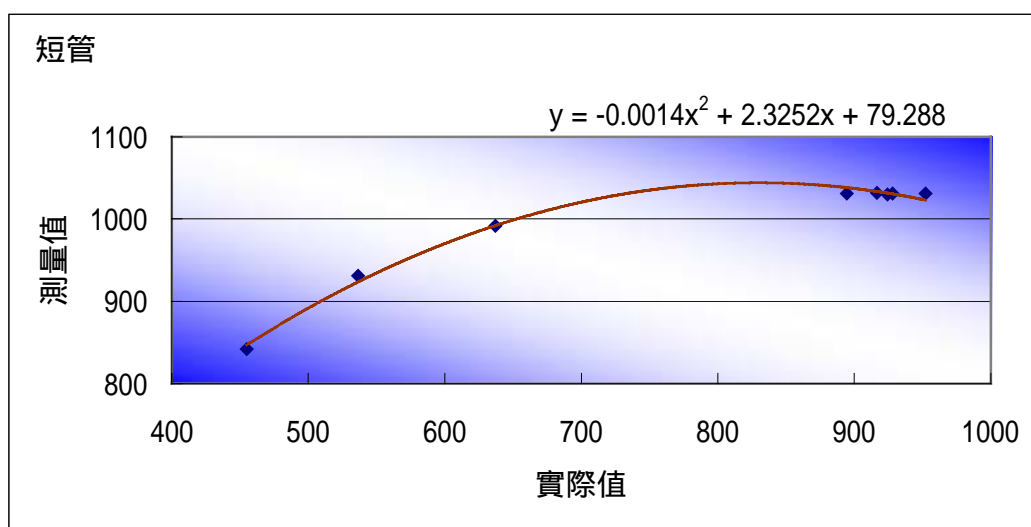
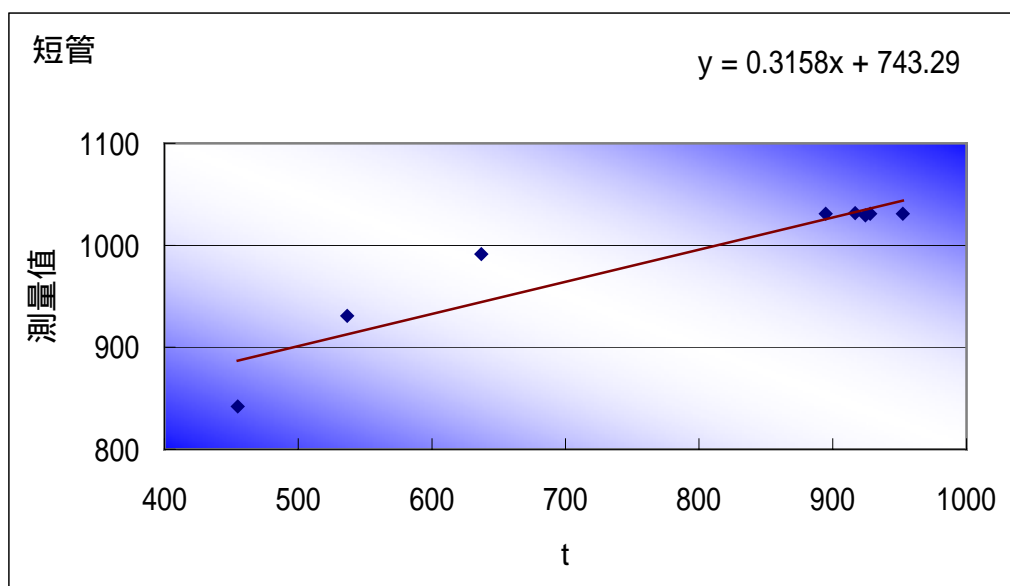
由上可知，在不同氣壓的環境下(氣壓值必須差異很大)所呈現的數據，實際值和測量值得比值也有了變化，且此常數會隨實際值逐漸變小而變小，且變化率也會越來越小。

此現象告訴我們：這個常數值並非固定不變的，它和它的函數也可能存在複雜關係。

五、後來我們藉由電腦做了進一步的數據探討，得到了幾組可行的方程式：

1. 在短管實驗方面，此組方程式有 $y=0.3158x+743.29$ (令此為【1】式) 和 $y=-0.0014x^2+2.3252x+79.288$ (令此為【2】式)。(如圖)

短管分析圖



我們把測量值代入 x ，求出的值 y 列表如下：

實際值	測量值	(1)式結果	(2)式結果
1031.61	916.67	1032.774	1034.332
1030.88	952.3	1044.026	1023.951
1030.88	928.03	1036.362	1031.408
1030.88	894.58	1025.798	1038.983
1029.52	924.3	1035.184	1032.408
991.44	636.98	944.4483	992.353
930.92	536.68	912.7735	923.9407
842	454.71	886.8874	847.114

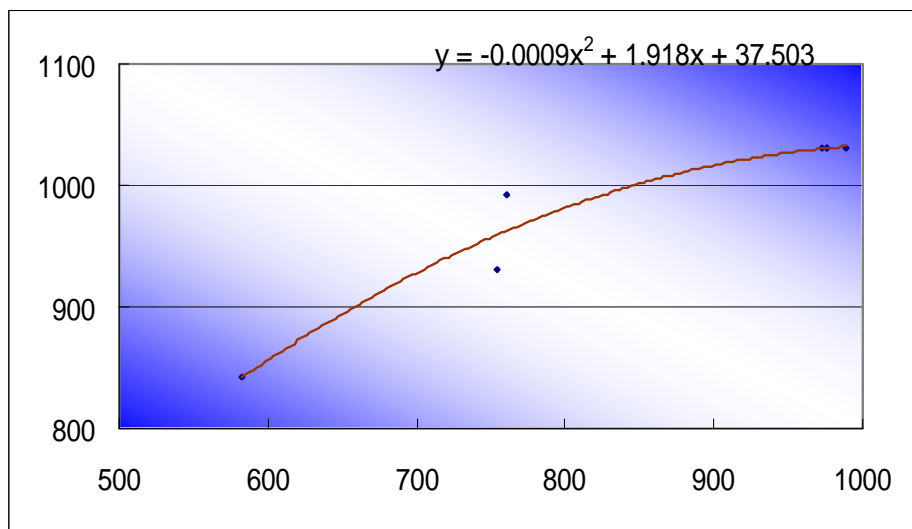
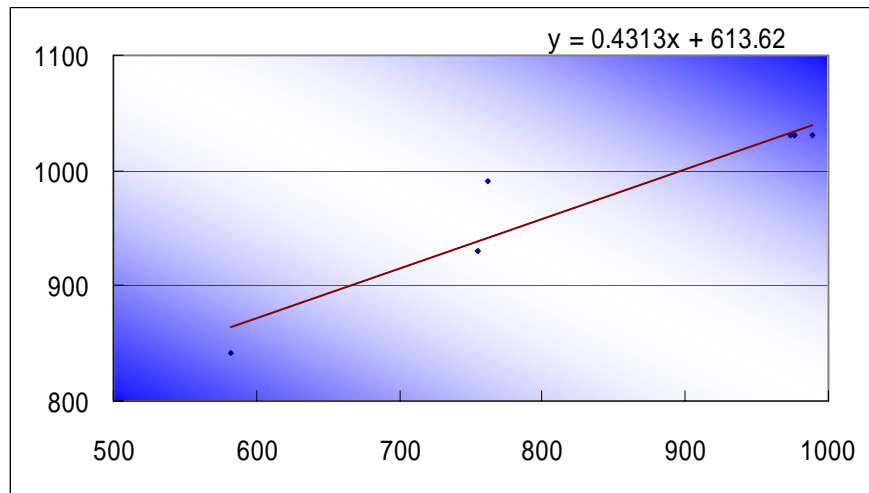
由上可知：(2) 式的誤差比 (1) 式小

2. 在長管方面，我們也得到了兩組方程式，分別是：

$$y=0.4313x+613.62 \text{ (令此為【3】式)}$$

$$y=-0.0009x^2+1.918x+37.503 \text{ (令此為【4】式)(如圖)}$$

長管分析圖



把測量值帶入 X，求出的值 Y 列表如下：

實際值	測量值	(3)式結果	(4)式結果
1031.15	988.9	1040.133	1054.082
1031.02	976.05	1034.59	1052.161
1031.02	973.04	1033.292	1051.668
1030.88	976.21	1034.659	1052.186
991.44	761.18	941.9169	975.9907
930.92	754.78	939.1566	972.4475
842	582.03	864.6495	848.9535

由上可知：(3) 式的誤差較 (4) 式小

經過我們一番的努力，我們以長管的 $y = -0.0009x^2 + 1.918x + 37.50$ ，以及短管的 $y = -0.0014x^2 + 2.3252x + 79.288$ 分別建立了一個速查表，只要根據這個速查表，就可以找到理論的實際值，幫助大氣壓力的測量更方便。

速查表（1）

長管 單位：cm-H₂O

測量值（X）	理論實際值（Y）	測量值（X）	理論實際值（Y）
840	1013.583	970	1051.153
850	1017.553	980	1052.783
860	1021.343	990	1054.233
870	1024.953	1000	1055.503
880	1028.383	1010	1056.593
890	1031.633	1020	1057.503
900	1034.703	1030	1058.233
910	1037.593	1040	1058.783
920	1040.303	1050	1059.153
930	1042.833	1060	1059.343
940	1045.183	1070	1059.353
950	1047.353	1080	1059.183
960	1049.343	1090	1058.833

速查表 (2)

短管 單位：cm-H₂O

測量值 (X)	理論實際值 (Y)	測量值 (X)	理論實際值 (Y)
840	1044.616	970	1017.472
850	1044.208	980	1013.424
860	1043.52	990	1009.096
870	1042.552	1000	1004.488
880	1041.304	1010	999.6
890	1039.776	1020	994.432
900	1037.968	1030	988.984
910	1035.88	1040	983.256
920	1033.512	1050	977.248
930	1030.864	1060	970.96
940	1027.936	1070	964.392
950	1024.728	1080	957.544
960	1021.24	1090	950.416

捌、結論：

一、根據討論第 5 點，我們發現所得的 y 值和實際值相當接近，便可斷定：利用水柱測大氣壓力的方法所得出的測量值，只要依據其性質代入方程式（長管和短管的方程式不一樣，可見管子的長度也有影響），就可以得到和實際值相當接近的值。

二、我們得到以下結論：

（1）如用長管(103.2 公分)作實驗，把實際值代入

$$y=0.4313x+613.62$$

一式當中，便可得到和實際值相當接近的數值

（2）如用短管(51.2 公分)作實驗，把實際值代入

$$y=-0.0014x^2+2.3252x+79.288$$

一式當中，便可得到和實際值相當接近的數值

三、用這樣的方式測量，器材的簡便是其優點之一。

四、只要再把測量值代入方程式，即可知道實際值大約是多少，大氣壓力的測量工作便會變得容易許多！

五、我們從起初簡陋的器材，經過不斷的改良，數據的再現性也越來越高，我們得到的結果也越來越精確。但

是我們知道這個實驗還有很多疏忽到的地方,雖然我們已經找到一定的規律可以找到大概的實際值,然而如表面張力等因素我們尚未考慮,往後我們將會針對我們尚未考慮到的地方繼續做研究,已求得到更完美的結果

玖、參考資料：

一、國中理化第一冊第六章

二、(1) 休伊特 (2)觀念物理第三冊 (3)天下文化 (4)頁數
83 ~ 95