

利用單擺測量臺灣 幾個地點的重力加速度

學生 洪鳴志 郭沛聰
臺南縣立北門國民中學

一、動 機

- ①牛頓第二運動定律 $F = kma$ ，當應用於重力加速度時為 $W = mg$ ($k = 1$)，但因重力加速度隨各地點而不同，利用單擺可以求出固定點之重力加速度。
- ②達到學以致用的目的，從做中學以引起學習科學之興趣，並對課本單擺的內容及應用，做更深刻的了解。
- ③我們在雜誌中知道有漁船到北極捕魚，在當地測量漁獲的重量，回到了台灣又測量一次，結果少了許多，因此我們便做了這個實驗。

二、實驗器材

- | | |
|-----------|--------------|
| ①鐵珠或砝碼一個 | ②鐵架一組 |
| ③鐵夾及鐵環各一組 | ④橡皮塞子一個 |
| ⑤針幾支及細線一些 | ⑥測定器一個 |
| ⑦鐵尺一支 | ⑧電子碼錶一個（須校正） |
| ⑨電子計算機一台 | ⑩塗了柏油的木板一個 |

三、理論要點

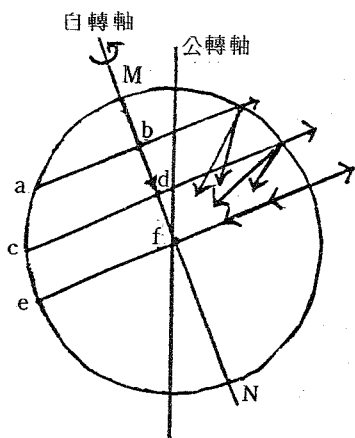
- A. 如動機所言重力加速度因地點而異，其改變因素有下列幾項：
- a：地球引力：

地球為非正球體，地球科學的知識告訴我們，南北極比赤道距地心之半徑差約小 $\frac{1}{300}$ ，依牛頓萬有引力公式 $F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$ （式中 F = 萬有引力大小， $G = 6.670 \times 10^{-11}$ 牛頓米²/公斤重²， $M_1 M_2$ 物體質量， R ：兩物體質心的距離），同一物體在南北極比在赤道較重，在平地比在高山重，是因為地球上任意兩點距地心之距離不會絕對相等，所以依公式 $W = mg$ 而言，對同一物體來說，當重量改變時，即謂 g （重力加速度）有改變。

b：構成地球物質如岩石、礦物、水……等在地球上分布不均勻，因此各地點地球物質的密度不一樣，也是各地點 g （重力加速度）不一樣的原因。

c：地球自轉的離心力：

離心力為物體做圓運動時，物體往切線方向運動的慣性，其公式為 $F = M \frac{V^2}{R}$
 $= M \frac{R^2 W^2}{R} = MRW^2$ （ F 為離心力， M = 物體質量， V = 圓運動的切線速度， R = 圓半徑， W = 角速度，切線速度 $= V = RW$ ）



圖一

註：在赤道的離心力為 0.0337

$m \cdot S^2$ 與 $9.8 m \cdot S^2$ 之比為

$$\frac{0.0337}{9.8} = 0.0915649$$

為了圖示起見，我們把（圖一）上的離心力放大許多倍。

地球自轉時，地面上之物體距地球自轉軸之半徑如（圖一）所示為 ab 、 cd 、 ef ……等，即地球上之物體因地球自轉的離心力與該物體距自轉軸之垂直距離成正比，地球上各點距自轉軸之距離如（圖一）為 ab 、 cd 、 ef ……等，在南北極之 M 、 N 點上半徑為 O ，故南北極上沒有離心力，設地球為正球體時，圓運動之半徑與自南北極往赤道的移動成正比例的增加，因此離心力亦隨而增大，此為自南北極往赤道移動時， g （重力加速度）越來越小的原因之

一，離心力和原來重力在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 之間，故合力小於原始重力，此合力之重力加速度也小於原始重力加速度。

d：高度 z 之重力加速度計算如下：

$$g_z = \left(\frac{r_e}{r_e + z} \right)^2 g_0 = \frac{g_0}{\left(1 + \frac{z}{r_e} \right)^2}$$

g_0 = 海平面之標準重力加速度

r_e = 地球平均半徑

g_z = 在 z 高度處的重力加速度

B. 利用單擺求重力加速度 g 之公式為：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1^2}{2^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{1^2 \cdot 3^2}{2^2 \cdot 4^2} \sin^4 \frac{\theta}{2} + \dots \right)$$

T = 週期

π = 圓周率

l = 擺長（懸點和擺錘之質心距離）

g = 重力加速度

θ = 擺角

由於所要測的是較精確的值，而又用 $T =$

$2\pi \sqrt{\ell/g}$ 估算 g 值，故 $\frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta}{2} \ll 1$

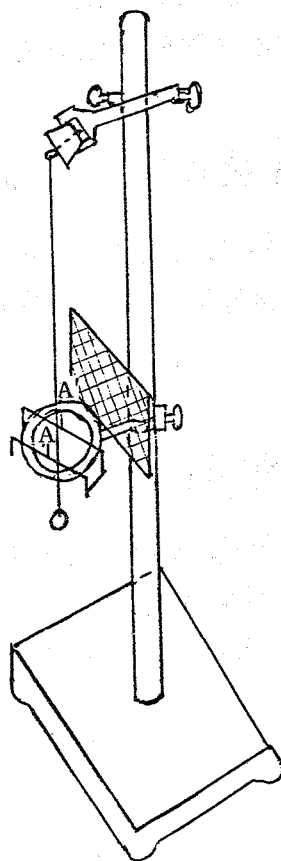
$0^\circ \sim 5^\circ$ ，則 θ 值 $\sim \frac{5}{57} \sim \frac{1}{10}$ ， $\frac{1}{4} \left(\frac{1}{20} \right)^2 \sim$

$\frac{1}{1600} \sim 0.5\%$ ，所以若擺角 5° ，則誤差 0.5% ，

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}。$$

四、實驗裝置如圖二

圓球鉚接一小段鐵線以綁絲線。



圖二

五、實驗時應注意事項

將(圖二)細線量大約50、70、90、110 cm，並測量擺動次數200次或190次或100次所須時間，擺動時須注意下列因素：

- ①避免懸點下部有摩擦力(故以針穿絲線做之)。
- ②不受風力的影響。
- ③綁砝碼的線之質量應愈小愈好，小到能夠忽略是最理想。
- ④擺動角度越小越好，因空氣阻力，可以假設與速度或速度平方成正比，故擺動角度越小越好，且公式中之 $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ 必須可忽略。
- ⑤鐵架不可搖動。
- ⑥測量長度時要避免誤差太大，測量前各測二次求平均值，因尺之刻度有線內、線外之誤差，故測量二次，又實驗後，可能絲線伸長一點點故仍再測二次求平均值。
- ⑦必須在同一地點測量，不可移在別處，因為是要測量同一地點之 g (重力加速度)。
- ⑧擺錘不可旋轉，因旋轉有空氣阻力。

六、實驗過程

- 1.測量碼錶必須擺至 $A - A'$ (如圖二)中間時開始按錶，並於擺動100次或200次或190次時在相同位置按停，以相同方法作50~110 cm長的週期各一次並代入公式計算。

七、實驗結果

我們選了四個固定點，測得該點之重力加速度如下：

〔A〕北門國中實驗室：

AI.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	108.65	164.5	55.85	55.825	55.825
	2	70.2	126.0	55.80		
週 期 測 量 後	1	87.2	143.0	55.80	55.825	
	2	76.15	132.0	55.85		

(b) 擺 190 次的時間為 $4'45''22 = 285.22''$

電子錶對準電視台之時間差為 1 小時快了 0.175 秒，校正後週期為

$$T = \frac{285.22}{190} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.5011 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 2.2533 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 55.825}{2.2533} = 978.088 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

II.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	23.3	93.5	70.2	70.2	70.2125
	2	56.8	127.0	70.2		
週 期 測 量 後	1	59.8	130.0	70.2	70.225	
	2	69.8	140.05	70.25		

(b) 擺動 200 次的時間為 $5'36''66 = 336.66''$

$$\text{校正後之週期為 } T = \frac{336.66}{200} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.6832 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 2.8332 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 70.2125}{2.8332} = 978.348 \text{ cm/sec}^2$$

III.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均		
週 期 測 量 前	1	71.3	166.05	94.75	94.75	94.7625	
	2	71.65	166.4	94.75			
週 期 測 量 後	1	71.0	165.75	94.75	94.775		
	2	71.15	165.95	94.8			

(b) 擺動200次之時間為 $6'31''19 = 391.19''$

$$\text{校正後週期} T = \frac{391.19}{200} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.9559 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.8254 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 94.7625}{3.8254} = 977.9642 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

IV.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	50.95	161.9	110.95	110.925	110.9125
	2	55.05	165.95	110.9		
週 期 測 量 後	1	59.0	169.9	110.9	110.9	
	2	59.55	170.45	110.9		

(b) 擺動200次的時間為 $7'03''16 = 423.16''$

$$\text{校正後週期} T = \frac{423.16}{200} \times \frac{3599.825}{3600} = 2.1157 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 4.4762 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 110.9125}{4.4762} = 978.2126 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

〔B〕取緯度約和北門鄉相同之另一高山地點—關仔嶺教會

BI.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	21.0	80.15	59.15	59.125	59.2125
	2	67.3	126.4	59.10		
週 期 測 量 後	1	29.7	89.0	59.3	59.3	
	2	24.7	84.0	59.3		

(b) 擺動 190 次之時間為 $4'53''84 = 293.84''$

$$\text{校正後週期為 } T = \frac{293.84}{190} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.5465 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 2.3916 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 59.2125}{2.3915} = 977.4639 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

BII.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	56.3	132.65	76.35	76.35	76.325
	2	65.35	141.70	76.35		
週 期 測 量 後	1	25.2	101.5	76.3	76.3	
	2	36.7	113.0	76.3		

(b) 擺動 190 次之時間為 $5'33''56 = 333.5''$

$$\text{校正後週期為 } T = \frac{333.5}{190} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.7552 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.0806 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 76.325}{3.0806} = 978.1025 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

BIII.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	41.0	134.5	93.5	93.525	93.5125
	2	71.1	164.65	93.55		
週 期 測 量 後	1	46.2	139.7	93.5	93.5	
	2	54.0	147.5	93.5		

(b) 擺動 190 次之時間為 $6'09''19 = 369.19''$

$$\text{校正後之週期為 } T = \frac{369.19}{190} \times \frac{3599.825}{3600} = 1.9430 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.7753 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 93.5125}{3.7753} = 977.8652 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

BIV.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	9.8	119.5	109.7	109.7	109.7
	2	4.3	114.0	109.7		
週 期 測 量 後	1	27.8	137.5	109.7	109.7	
	2	26.6	136.3	109.7		

(b) 擺動 190 次之時間為 $6' 39'' 90 = 399.9''$

$$\text{校正後之週期為 } T = \frac{399.9}{190} \times \frac{3599.825}{3600} = 2.1046 \text{ 秒 / 次}$$

$$T^2 = 4.4295 \text{ 秒}^2 / \text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 109.7}{4.4295} = 977.7167 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

〔C〕在台北陽明山龍園別墅車庫

CI.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	103.0	155.4	52.4	52.4	52.4
	2	98.0	150.4	52.4		
週 期 測 量 後	1	95.0	147.4	52.4	52.4	
	2	104.6	157	52.4		

(b) 擺動 200 次之時間為 $4' 50'' 81 = 290.81''$

$$\text{校正後之週期為 } T = \frac{290.81}{200} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.454 \text{ 秒 / 次}$$

$$T^2 = 2.1143 \text{ 秒}^2 / \text{次}^2$$

(另一錶校正後慢了 0.06 秒) 對準電視台的時間 1 小時

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 52.4}{2.1143} = 978.4032 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

CII.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	81.2	157.1	75.9	75.9	75.9
	2	78.2	154.1	75.9		
週 期 測 量 後	1	75.5	151.4	75.9	75.9	
	2	73.15	149.05	75.9		

(b) 擺動 200 次之時間為 $5'50''09 = 350.09''$

$$\text{校正後之週期 } T = \frac{350.09}{200} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.7505 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.0642 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 75.9}{3.0642} = 977.8847 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

CIII.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	53.3	147.6	94.3	94.3	94.3
	2	59.1	153.4	94.3		
週 期 測 量 後	1	61.35	155.65	94.3	94.3	
	2	62.1	156.4	94.3		

(b) 擺動 200 次之時間為 $6'30''16 = 390.16''$

$$\text{校正後之週期 } T = \frac{390.16}{200} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.9508 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.8057 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 94.3}{3.8057} = 978.2085 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

〔D〕在板橋自強新村

DI.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_2$	平 均	
週 期 測 量 前	1	101.05	151.05	50	50	50
	2	99.4	149.4	50		
週 期 測 量 後	1	97.55	147.55	50	50	
	2	96.15	146.15	50		

(b) 擺動 200 次之時間為 $4' 44'' 09 = 284.09''$

$$\text{校正後之週期 } T = \frac{284.09}{200} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.4205 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 2.0177 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 50}{2.0177} = 978.2805 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

DII.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	92.65	157.85	65.2	65.175	65.175
	2	91.05	156.2	65.15		
週 期 測 量 後	1	89.35	154.5	65.15	65.175	
	2	87.65	152.85	65.2		

(b) 擺動 100 次之時間為 $2' 42'' 13 = 162.13''$

$$\text{校正後之週期 } T = \frac{162.13}{100} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.6213 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 2.6287 \text{ 秒}^2/\text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 65.175}{2.6287} = 978.8125 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

DⅢ.(a) 擺長測定：(單位：公分)

	次 數	x_0	x_1	$l=x_1-x_0$	平 均	
週 期 測 量 前	1	66.5	157.8	91.3	91.3	91.2875
	2	61.5	152.8	91.3		
週 期 測 量 後	1	59.95	151.25	91.3	91.275	
	2	61.60	152.85	91.25		

(b) 擺動 100 次之時間為 $3'11''88 = 191.88''$

$$\text{擺動之週期 } T = \frac{191.88}{100} \times \frac{3600}{3599.94} = 1.9188 \text{ 秒/次}$$

$$T^2 = 3.6819 \text{ 秒}^2 / \text{次}^2$$

(c) 代入公式：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{39.478416 \times 91.2875}{3.6819} = 978.8182 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

2.)

2.- A 北門國中平均值

長 度 (cm)	重力加速度 cm/sec ²	平 均 cm/sec ²
55.825	978.0881	978.1532
70.2125	978.348	
94.7625	977.9642	
110.9125	978.2126	

2. - B 關仔嶺 平均值

長 度 (cm)	重力加速度 cm/sec^2	平 均 cm/sec^2
59.2125	977.4639	977.787
79.325	978.1025	
93.5125	977.8652	
109.7	977.7167	

2. - C 陽明山 平均值

長 度 (cm)	重力加速度 cm/sec^2	平 均 cm/sec^2
52.4	978.4032	978.1654
75.9	977.8847	
94.3	978.2085	

2. - D 自強新村 (板橋) 平均值

長 度 (cm)	重力加速度 cm/sec^2	平 均 cm/sec^2
50.0	978.2805	978.637
65.175	978.8125	
91.2875	978.8182	

3.)

從大學物理及其他資料可得知世界幾個固定點之重力加速度如下，這些值誤差在千萬分之一之內：

地 名	緯 度	重力加速度數值(cm/sec^2)	高 度
北 極		983.216	
柏 林	北緯 52 度 31 分	981.280	
倫 敦	北緯 51 度 31.1 分	981.199	海拔30米
巴 黎	北緯 48 度 50.2 分	980.934	海拔61米
羅 馬	北緯 41 度 54 分	980.348	海拔59米
紐 約	北緯 40 度 48.5 分	980.247	海拔38米
舊金山	北緯 37 度 47.5 分	979.996	海拔114米
東 京	北緯 35 度 42 分	979.801	海拔18米
南 京	北緯 32 度 3.6 分	979.442	海拔270米
廣 州	北緯 23 度	978.360	海拔13米
臺 北	北緯 25 度 2 分	978.707	海拔8米
高 雄	北緯 22 度 37 分	977.896	海拔29.1米
赤 道		978.039	
南 極		983.216	

Table 5-1 Variations of g with latitude and elevation

Station	North latitude	Elevation, m	g , $m \cdot s^{-2}$	g , $ft \cdot s^{-2}$
Canal Zone	9°	0	9.78243	32.0944
Jamaica	18°	0	9.78591	32.1059
Bermuda	32°	0	9.79806	32.1548
Denver	40°	1638	9.79609	32.1393
Cambridge, Mass.	42°	0	9.80398	32.1652
Standard station			9.80665	32.1740
Greenland	70°	0	9.82534	32.2353

4.)

4.- A

從上表知台北緯度 25.2 , $g = 978.707 \text{ cm/sec}^2$ (海拔 8 m)

高雄緯度 22.37 , $g = 977.896 \text{ cm/sec}^2$ (海拔 29.1 m)

北門國中的緯度在 23.1 ~ 23.2 之間, 實驗室高度海拔 2 m, 假設以內插法計算, 約可得北門國中的重力加速度如下:

$$\frac{978.707 - 977.896}{25.2 - 22.37} = \frac{x - 977.896}{23.1 - 22.37}$$

$$\frac{0.811}{2.83} = \frac{x - 977.896}{0.73}$$

$$x = g = 978.1052 \text{ cm/sec}^2$$

和我們實驗室的值比較誤差多了

$$\frac{978.1532 - 978.1052}{978.1052} \times 100 \% = + 0.0049 \%$$

4.- B

關仔嶺緯度 23.2 高度 457 m, 以內插法求得之北門國中的 g 值, 代入理論要點 e 之公式, 求得關仔嶺之 g 。

$$g_z = \left(\frac{re}{re + z} \right)^2 g_o$$

$$g_z = \left(\frac{6380}{6380 + 0.457} \right)^2 \times 978.1052$$

$$= \left(\frac{6380}{6380.457} \right)^2 \times 978.1052$$

$$= 977.9644 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

和我們實驗室的值比較誤差爲

$$\frac{977.787 - 977.9644}{977.9644} \times 100 \% = - 0.0182 \%$$

4. - C

板橋緯度約和台北相近爲 25.2，高度約爲 50m，我們實驗的平均值和台北之標準值比較誤差約爲

$$\frac{978.8603 - 978.707}{978.707} \times 100 \% = + 0.0081 \%$$

4. - D

陽明山之緯度 25.09，高度 500 - 1000m，假設龍園別墅車庫之海拔爲 750m，代入公式求得：

$$gz = \left(\frac{6380}{6380.750} \right)^2 \times 978.707 = 978.477 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

和我們實驗之平均值比較誤差

$$\frac{978.16543 - 978.477}{978.477} \times 100 \% = - 0.0319 \%$$

八、結 論

1.) 從實驗結果 3.) 之項內所列資料得知，這些準確值在千萬分之一之內之數據，都是在固定的緯度與固定的高度之數值，也就是在固定點所求得的重力加速度，並且可得知重力加速度隨緯度之增加而增加，隨高度之增加而減少。

2.) 比較我們選定的四個固定點，實驗所得的值如下：

2. - A 北門國中實驗室 緯度 23.1° ~ 23.2° 之間 海拔 2 m，

$$g = 978.1532 \text{ cm/sec}^2$$

2. - B 關仔嶺教會 緯度 23.2°，海拔約 457 m，

$$g = 977.787 \text{ cm/sec}^2$$

2.-C 陽明山龍園別墅車庫 緯度約 25.2° ，海拔約 750 m ，

$$g = 978.1654 \text{ cm/sec}^2$$

2.-D 板橋自強新村 緯度約 25.2° ，海拔約 50 m ，

$$g = 978.637 \text{ cm/sec}^2$$

(我們假設陽明山與板橋與台北之緯度相同) 仍可得與結論 1.) 相同之結果。

3.) 重力加速度祇要位置稍移動，高度稍不同，即會有不同的值，唯在應用上我們不必如此精密地區別，祇要在一地點之附近皆可以同值計算，而一般之計算皆以 $g = 980 \text{ cm/sec}^2$ 計算之，並不影響工程上之準確性。

4.) 以我們的器材，若能求得 $\frac{1}{1000}$ 以內的誤差應是可以滿意的，我們憑尺測量，憑手按錶，憑目觀測，當然有度量、觀察的誤差，何況鐵球和線之質心非在球心，且擺動時有空氣阻力（雖擺角儘可能地小），這些是我們所無法克服的。（不似標準測擺，擺錘是大水銀球，裝置在真空中，具備自動化之器材）。

附 註：

- 1.) 我們曾試圖將銲接在鐵球外之那小段鐵線，以螺旋式旋進鐵球內，但鐵工廠皆不肯鑽那鋼球，因會損壞鑽頭。
- 2.) 在高級精密工業日趨重要之今日，準確度之提高是我們國民所應努力者。
- 3.) 陽明山和關仔嶺皆為溫泉地帶，我們僅獲得關仔嶺的資料如下：

8. 硫黃泉—陽明山 (4) 關仔嶺溫泉的化學分析：

4. 食塩泉—關仔嶺 1. 鹼性含碘和溴，弱食塩泉

2. 泉溫： 80°C

3. 放射能： 0.406 mache

4. 比重： 1.009 (22°C)

5. 固形物總量： 10.037 公克/公斤

6. 含 $K^+ 0.1860$ 、 $Na^+ 3.8530$ 、 $Ca^{++} 0.0080$ 、
 $Mg^+ 0.0070$

7.含 Cl^- 2.7040、 I^- 0.0130、 Br^- 0.0170、
 SO_4^{2-} 0.0210、 HCO_3^- 0.6440、
 H_2SiO_3 0.0130

雖一公斤泉水中含 7.466 公克元素，含固形物量 10.037 公克，而泉水比重在 22 °C 時 1.009，和地球平均密度 5.5 g/cm^3 ，相比相差甚遠，溫泉處之地殼可能為一斷層帶，因壓力泉水由裂溝湧出，再由低地岩孔流出，泉水原先是湖泊狀呢？或是滲在更深層的土壤中？我們未知，事實是我們不能憑我們粗糙的實驗值去憑斷該二處之溫泉或其他因素對重力加速度值之影響是如何。