

擺動自由落體——簡易的重力加速度值測量法

國中組物理科第三名

彰化縣立鹿港國民中學

作者：馮筱寧、王淑女
陳麗玉、黃桂敏
指導教師：王昭富、黃文吟

一、研究動機

在國二理化課程裡，我們學到了重力加速度與其計算上的應用，但一直僅限於理論值的代入，所以，我們就想到是否能夠設計一個簡單的實驗裝置，用簡單的實驗來測知本地的重力加速度量值。因此，我們就設計了以下的實驗。

二、研究目的

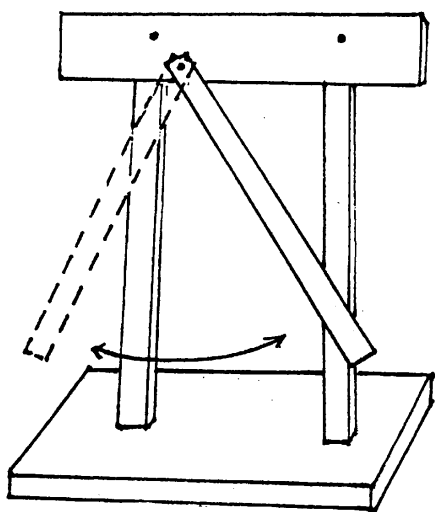
- (一)能以簡單的自製器材，測出本地重力加速度量值。
- (二)能瞭解同時啟動之自由落體及擺之間的相互運動關係。

三、研究設備器材

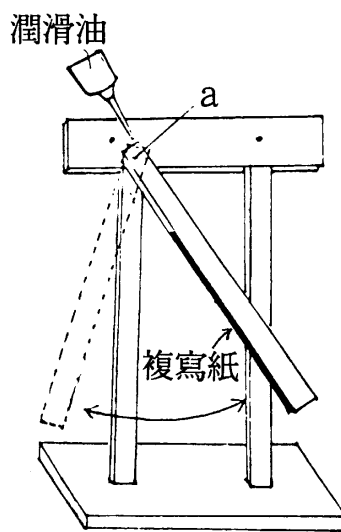
- (一)自製之重力加速度測量器（如右圖，以下簡稱儀器甲）
- (二)小鉛球 (三)碼錶 (四)細線
- (五)打火機 (六)複寫紙 (七)潤滑油

四、研究過程

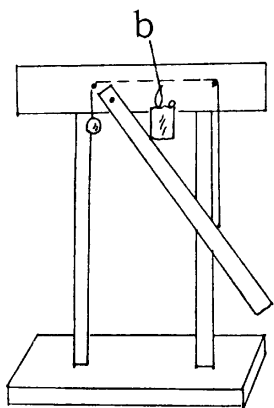
- (一)將儀器甲上之轉軸a先行潤滑以減少磨擦力。
- (二)貼複寫紙於儀器甲之擺面上。
- (三)將儀器甲上的擺張開一小角度，再使其自由擺動，並以碼錶測量擺動5週期所需的時間，並記錄之。(如圖(1))
- (四)重覆過程(三)十次。
- (五)由過程(三)、(四)計算擺動一次的平均週期T。
- (六)將小鉛球以細線繫於儀器甲。
- (七)用打火機於b點處將細線燒斷，使小鉛球自由落下，同時，擺亦開始擺動。(如圖(2))
- (八)待小鉛球與擺互相碰撞之後，由擺面上尋找因碰撞得到之複寫紙痕跡，求得小鉛球於T/4秒內行經的位移S。(如圖(3))
- (九)重覆過程(六)~(八)十次。
- (十)以S及T/4，利用 $S = \frac{1}{2}g(T/4)^2$ ，求得g值，再計算其平均。



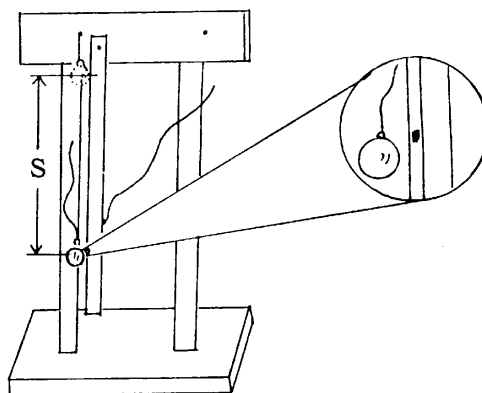
儀器甲



圖(1)



圖(2)



圖(3)

五、實驗結果

(一) 1. 擺動5週期所需的時間 (時間單位：秒)

序次	5週期的時間	序次	5週期的時間
1	8.90	6	8.92
2	8.90	7	8.85
3	9.00	8	8.75
4	8.90	9	8.90
5	8.82	10	8.85

(2) 由表(1)可得擺動一次的平均週期T：(時間單位：秒)

序次	平均週期T	序次	平均週期T
1	1.78	6	1.78
2	1.78	7	1.77
3	1.80	8	1.75
4	1.78	9	1.78
5	1.76	10	1.77

T的平均值 = 1.775 秒

則 $T/4 \cong 0.444$ 秒

(二)小鉛球於T/ 4秒內落下之位移S：

序次	位移S(公分)	序次	位移S(公分)
1	98.40	6	99.45
2	99.55	7	97.80
3	97.10	8	101.05
4	100.70	9	99.45
5	98.70	10	103.50

(三)由研究結果(一)、(二)，求得之重力加速度g值，及其平均值：

因 $S = \frac{1}{2} g (T/4)^2 \dots\dots$ (理由見討論(二))

所以 $g = 2s / (T/4)^2$ 其中之T/4=0.444秒

序次	g值(cm/ sec ²)	序次	g值(cm/ sec ²)
1	998.30	6	1008.95
2	1009.96	7	992.21
3	985.11	8	1025.18
4	1021.63	9	1008.95
5	1001.34	10	1050.04

g的平均值=1010.17 cm/ sec²

(四)大台中地區的 $g \cong 976.52 \text{ cm/ sec}^2$ ，將實驗結果1010.17 cm/

sec²與其比較，誤差為： $(1010.17 - 976.52) / 976.52$

$\times 100\% = 3.45\%$

六、討論

(一)研究中，為使小鉛球及擺，能確實「同時」地啟動，並為減少因外力介入造成的誤差，我們利用打火機來燒斷細線，以使研究結果能更準確。

(二)當小鉛球與擺碰撞之同時，擺「恰好」擺動了1/4週期。因此，依自由落體公式 $S = \frac{1}{2} gt^2$ ，其中的t在本研究中應為T/4

，所以適合本研究主題之公式 $S = \frac{1}{2}g(T/4)^2$ 。

(三)為使小鉛球與擺能夠互相碰撞，並留下痕跡，本研究以木棒來代替單擺。這做法達到儀器簡化的目的，但相反地，可能有較大的誤差產生。

(四)上述誤差來源應可使木棒擺動週期 T 增大；小球落下高度 S 變小，因此，求出的 g 值應該較精密測量的理論值為小。但是，我們每次求得的 g 值均超出理論值。我們認為：細線在拉緊時已有一股因形變而產生的恢復力，當細線以打火機燒斷時，這股恢復力「打擊」小球往下降，使小球落下時受到了「外力」，因此影響小球運動時加速度值的大小。當然，這個恢復力不算太大，所以，最後求得 g 值與理論值比較，誤差只有3.45%。

七、結論

為了測量本地之重力加速度值，如何利用簡單工具做短暫時間的測量是我們面臨的一大問題。直接用一般的計時工具（如手錶）大多無法準確地達到短暫時間測量的目的，因此，我們就想到可測量擺的多次擺動時間，再算其平均週期 T 以達此目的。研究中，我們利用擺擺動至 $1/4$ 週期（ $T/4$ ）時，與同時開始自由落下之小鉛球相互碰撞後所留下的痕跡，測得小鉛球在此時間內所落下之位移 S ，多次實驗結果，代入自由落體公式 $S = \frac{1}{2}gt^2$ （ $t = T/4$ ），我們得到一個重力加速度的平均值 = 1010.17 cm/sec^2 與大台中地區重力加速度的參考值： 976.52 cm/sec^2 比較，誤差約為3.45%。牽引的細線及轉軸之於木擺所造成的磨擦和人為測量誤差，是構成這一誤差的主要原因。由這次研究，我們體會到：只要靈活思考，即使是簡單的器材，也能做出有趣的實驗來。

八、參考資料

國中理化第二冊——國立編譯館
最新科學入門2——牛頓出版社
物理學基本原理——王唯農譯
現代科技大百科——牛頓出版公司
物理學史簡明教程——凡異出版社
牛頓科學研習百科——牛頓出版社

評語

本作品利用很簡單的方法，測量出重力加速度，構想頗特別，富有創意，若能在實驗精確度上再加改進，應有更優異之表現。