

# 電鈴計時器的改良

## 高中組物理第三名

省立花蓮高級中學

作者：潘志宏 徐振龍

指導老師：吳 溪 泉

### 一、動機：

在高中物理實驗中，尤其力學部分，使用電鈴計時器的機會很多。短時間的測量，物體運動的速度，加速度的求法，牛頓運動定律的驗證等……，皆須借助電鈴計時計。這些電鈴計時器，都是以紙帶經過電鈴計時器的擊錘，或毛筆尖繪出痕跡，以測定的。紙帶與擊錘或毛筆尖的摩擦力很大，影響實驗結果甚巨，因此我們想辦法把摩擦力消除，而提出了下列的改良方法。

### 二、改良經過：

我們是以測定自由落體在空氣中的加速度，檢定儀器改良的結果。測定落體的加速度，當然是以閃光攝影的效果最佳，但此種儀器無法在各級學校普遍使用，所以我們就現有的儀器加以改進。把毛筆尖與紙帶的接觸（造成摩擦力的原因）改為噴墨汁於紙帶上，以決定物體落下的位置。把毛筆心換成堅硬的牛筋，當馬達轉動時，帶動牛筋，使牛筋接觸墨汁，碰到橫槓，利用牛筋變形的彈力把墨汁彈到紙帶上，如此電鈴計時器與紙帶接觸，所產生的摩擦力可完全消除，可以得到最佳的效果。

### 三、實驗結果：

#### (一)實驗步驟：

1 將紙帶通過打點電鈴器時，一端繫上砝碼，接上電源，讓砝碼

自由落下，分析紙帶上的痕跡，求出 $\Delta X$ 。

2. 把電鈴計時器換為毛筆尖的掃瞄，重覆 1 之實驗。

3. 換改良過的計時器，重覆 1 之實驗。

4. 測量上述三種電鈴計時器的頻率。

(二) 實驗結果與計算：

$$\begin{aligned} \therefore V &= \frac{\Delta X}{\Delta t}, \quad a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \left( \frac{\Delta X_2}{\Delta t} - \frac{\Delta X_1}{\Delta t} \right) \\ &= \frac{1}{\Delta t_2} (\Delta X_2 - \Delta X_1) \end{aligned}$$

$\therefore a = \frac{1}{\Delta t_2} (\Delta X_{i+1} - \Delta X_i)$  其中 $\Delta X$ 表相鄰兩痕跡間之距離， $a$ 表加速度。

1. 打點電鈴計時器  $f = 34 \text{ Sec}^{-1}$ ,  $\therefore \Delta t = \frac{1}{34} \text{ Sec}$ 。

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\Delta X$	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.15	4.65	5.2	
a		693.6	693.6	693.6	693.6	693.6	635.8	578	635.8	
次數	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\Delta X$	5.75	6.15	6.55	7.35	7.85	8.75	9.25	9.9	10.5	11.1
a	635.8	462.4	462.4	924.8	578	1040.4	578	751.4	693.6	693.6
次數	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$\Delta X$	11.7	12.2	12.8	13.3	14.1	14.5	15.0	15.6	16.0	16.5
a	693.6	578	693.6	578	924.8	462.4	578	693.6	462.4	578

2. 毛筆尖的電鈴計時器  $f = 47 \text{ Sec}^{-1}$ ,  $\therefore \Delta t = \frac{1}{47} \text{ Sec}$ 。

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta X (cm)$	1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4
$a (cm/S^2)$		662.7	662.7	662.7	662.7	662.7	662.7	662.7	662.7

次 數	10	11	12	13	14	15	16	17
$\Delta X (cm)$	3.7	4	4.4	4.7	5.1	5.5	5.8	6.1
$a (cm/S^2)$	662.7	662.7	883.6	662.7	883.6	883.6	663.7	663.7
次 數	18	19	20	21	22	23	24	25
$\Delta X (cm)$	6.5	6.8	7.2	7.5	7.8	8.2	8.5	8.8
$a (cm/S^2)$	883.6	662.5	883.6	662.5	662.5	883.6	662.5	662.5
次 數	26	27	28	29	30	31	32	33
$\Delta X (cm)$	9.1	9.5	9.8	10.2	10.5	10.8	11.1	11.4
$a (cm/S^2)$	662.5	883.6	662.5	883.6	662.5	662.5	662.5	662.5

平均加速度  $a = 717.9 cm / Sec^2$ 。

3 改良後的電鈴計時器  $f = 36 Sec^{-1}$ ， $\therefore \Delta t = \frac{1}{36} Sec$ 。

次 數	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta X (cm)$	3	3.7	4.4	5.1	5.8	6.5	7.2
$a (cm/S^2)$		907.2	907.2	907.2	907.2	907.2	907.2
次 數	8	9	10	11	12	13	14
$\Delta X (cm)$	7.8	8.5	9.2	9.9	10.4	11	11.5
$a (cm/S^2)$	777.6	907.2	907.2	907.2	648	777.6	648
次 數	15	16	17	18	19	20	
$\Delta X (cm)$	12.2	13	13.6	14.2	14.8	15.4	
$a (cm/S^2)$	907.2	1036.8	777.6	777.6	777.6	1036.8	

平均加速度  $a = 859.5 cm / Sec^2$ 。

#### 四、結論：

- (一)自由落體在真空中之加速度  $980 cm / Sec^2$ ，因在空氣中實驗，落體受到空氣的阻力，故結果小於  $980 cm / Sec^2$  之值。
- (二)從實驗結果看出打點式的電鈴計時器，摩擦力最大，其加速度最小只有  $656.4 cm / Sec^2$ 。其次為毛筆式的電鈴計時器，其加速度為  $717.9 cm / Sec^2$ 。經改良過的電鈴計時器，紙帶顯

示痕跡的摩擦力全部消除，故得較佳結果為  $859.5 \text{ cm} / \text{Sec}^2$

。

(三)紙帶與電鈴計時器，其他部份接觸即產生摩擦力，目前還沒有消除，我們正在繼續研究中。

(四)由以上三表的計算，其平均誤差為打點電鈴計時器：14.2%  
毛筆尖的電鈴計時器：8.2%，改良後的電鈴計時器為9.8%  
。改良過的電鈴計時器，其誤差之所以較大，是因為當時之風力較大，而使紙帶向一邊偏斜所造成。