

# 應用電擊的運動實驗裝置

## 國中組物理科第三名

台南市立後甲國民中學

作 者：郭炳宏・杜功仁

吳維祺

指導老師：吳 子 忠

### 一、研究動機：

(1)在二年級時我們在物理第二冊第十章學到相對位置及相對運動

。當時課本上舉了許多實驗來測定物體的加速度：

1 利用鋼球在斜面上滑下之實驗：「將鋼球由斜面上滑下，由一人即刻按下停錶計時，每隔一秒通知另一人，記下鋼球的位置」。這種作法，不僅二人不容易配合，而且不容易確定位置，誤差太大，同學們均不能得到正確結果。

2 自由落體運動（或是單擺擺動，拋體運動，彈簧振動等，均是利用閃光照相，不僅設備昂貴，操作複雜，且要經過沖洗再依比例推算出距離，不能立即得到結果。

(2)在第三冊時我們又學到牛頓的運動定律：

1 利用水鐘車的實驗：這個實驗要時時注意水位，因水壓高低亦影響水滴的快慢，而且水鐘車在斜面上運動時，水滴由於重力和慣性作用，往往形成直線狀，影響實驗。

2 利用振動計時器：實驗時水鐘車之後還要接上一紙帶，影響正常的運動，而且電壓大小，電流強弱等均影響打眼的時間。

(3)綜合上述，我們發現每個實驗都各有缺點。所以我們就開始研究，希望能製作一種構造簡單，操作容易，準確度又高，而且立即可得到結果的實驗裝置。

(4)在第十六章電學裏，老師講述交流電及高壓放電的現象時，我們

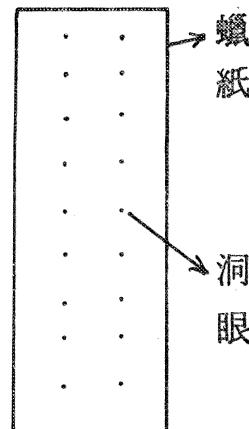
想到或能利用電力公司供給的交流電的六〇週波的頻率來測定各種運動。經過老師指導後，我們就開始設計製造。

## 二、設計原理：

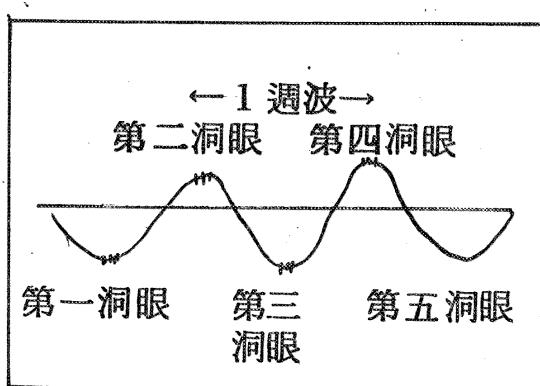
利用簡單的變壓裝置將家中用電升壓，然後使用小鋼球運動於兩通電極板之間，以小鋼球縮短兩極板間的距離，使鋼球和電極板間放電，因而擊破燒焦附在極板上的蠟紙，留下洞眼：（如圖一）

(1)因為台灣電力公司供給的交流電為六〇週波，每一週波可以得到二次的放電，（如圖二），即每秒有一二〇次放電。所以不管任何實驗，兩洞眼間的實驗為 $\frac{1}{120}$ 秒。

(2)由洞眼的間隔可量得運動物體所行的距離，再由洞眼數推算所經過的時間。即可測定物體運動之速度及加速度大小。



（圖一）



（圖二）

## 三、製作過程：(1)升壓部份 (2)電極部份

(1)升壓部份：我們用原線圈四〇〇圈和副線圈一萬圈的升壓變壓器，固定在木板上。原線圈上並聯一指示燈，並串聯一接觸開關，然後接上電源插座。副線圈兩端則分別接於接線柱而成。

(2) 電極部份：

隨各種運動  
的不同而略  
有差異。

1 自由落體  
運動：取  
厚度 2mm  
寬 40 cm  
高 50 cm  
的平面鋁  
板，截取  
25.5mm  
長度的電  
木棒小塊  
再用 0.8  
mm 左右  
的螺絲釘  
分別在板  
上左右側

面，由板的外側將兩鋁板固定成距離為 25.5 mm 的電極板。

2 斜面上的等加速度運動：取上述電極板一片，在鋁片左下角  
適當位置絕緣並固定一 40 cm 長的可動 L 形鋁三角做為斜  
面的支點，並在斜面絕緣裝定螺絲釘，通過鋁片之弧形溝，  
而在板後作為斜面角度之調整螺絲。在鋁板上畫線標示角度  
後，垂直固定於木板上，鋁板和斜面將成為兩極。為求實驗  
方便，在鋼球滾落處可設置球箱。

3 單擺的擺動：取上述電極板一片，橫立固定於木板上，在電  
極板的中心位置裝一個絕緣單擺支架。架上懸一細塑膠電線  
作為擺線，然後裝上小鋼球即成。

4 彈簧的振動：利用單擺的擺動裝置中的擺線，換成彈簧即成



5. 等速度運動：利用 2 斜面裝置中的斜面水平置放，在斜面一端放置一三角形木塊即成。

#### 四、各種運動的測定操作：

##### (1) 自由落體運動：

1 取一張比電極高出  $2 \sim 3\text{ cm}$  ( 即約  $53\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  ) 的蠟紙或棉紙放入二電極板間，盡量使紙片平直，靠近一電極板。高出的蠟紙須折置於電極板上端，再將變壓器接於電極板之兩端，雙手套上橡皮手套開始實驗。

2 用左手拿直徑  $25\text{ mm}$  的鋼球從電極板間放下，同時右手按下變壓器的開關，當鋼球落地時隨即放開。

3 因為鋼球在兩極板間的運動為自由落體運動，此時由於鋼球使兩極板間的距離縮短為  $0.5\text{ mm}$  左右，因而產生放電，擊破蠟紙留下洞眼。

##### 4. 取出記錄紙測定：

① 距離的測定：用尺量任意兩洞眼的長度，即得所行距離。

如右圖中  $N$  個洞眼間的長度為  $S_1$ ，連續的  $N$  個洞眼間的長度為  $S_2$ 。

② 時間的測定： $N$  個洞眼間的時間為：

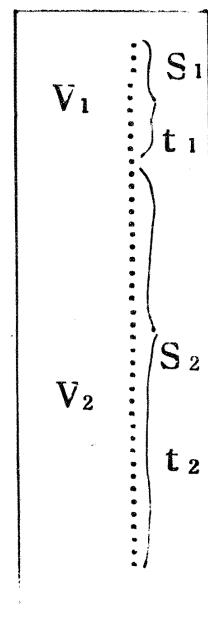
$$t = (n - 1) \times \frac{1}{120} = \frac{n - 1}{120} \text{ (秒)}$$

③ 速度的測定：

$t_1$  時間內的平均速度 ( 即  $\frac{t_1}{2}$  時的瞬時速度 ) 為

$$V_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{S_1}{\frac{n-1}{120}} = \frac{120 S_1}{n-1}$$

$t_2$  時間內的平均速度 ( 即  $\frac{t_2}{2}$  時的瞬時速度 ) 為



$$V_2 = \frac{S_2}{t_2} = \frac{\frac{S_2}{n-1}}{\frac{120}{n-1}} = \frac{S_2}{120}$$

#### ④加速度的測定

$$g = \frac{V_2 - V_1}{t} = \frac{\frac{120 S_2}{n-1} - \frac{120 S_1}{n-1}}{\frac{n-1}{120}}$$

$$= \frac{14400}{(n-1)^2} (S_2 - S_1)$$

#### (2)斜面上的等加速度運動：

1 將蠟紙右端剪成與弧形溝洞同一形狀後，用夾子固定於電極板上。將斜面調整為  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  … 等逐次實驗不同角度的運動情形。

2 由洞眼可知經過的時間及距離，進而求速度及加速度。

#### (3)單擺的擺動

1 用夾子把蠟紙夾在電極板上，並將電極板及擺線上端接於電源兩端。

2 一手拉擺線使擺錘移動至適當位置放手，同時另一手按下開關，當單擺擺至另一端點時切斷電源。

3 由電極的記錄可觀察擺錘所經距離推算速度，加速度大小。  
同時可討論機械能守恒等物理現象。

#### 4. 彈簧的振動：

①用夾子將畫有標線的蠟紙夾在電極板上。把鋼球拉至下面的標線後放開，同時另一手壓下開關，等鋼球上到最高點時即切斷電源。

②由洞眼間的距離大小及其變化可知速度及加速度大小之變化及位能動能的轉換情形。

#### 5. 等速度運動：

①將蠟紙固定在電極板上，將鋼球由三角形木塊上輕輕放下

，使鋼球在水平面上作等速度運動。

②由洞眼可測得鋼球之運動速度。

## 五、討論：

(1) 優點：

1 操作方便，僅一人即可做實驗，無需再用停表計時，且可立刻得到結果可減少許多不必要的麻煩。

2 在上面各項實驗由於電擊時間固定 ( $\frac{1}{120}$  秒)，故所得的結果相當準確。

例：在重力的加速度的測定實驗中，我們測得：連續五點 (N = 5) 之距離  $s_1 = 4.2 \text{ cm}$

相鄰五點之距離  $s_2 = 5.3 \text{ cm}$

代入導出之公式

$$g = \frac{14400}{(n-1)^2} (s_2 - s_1) = \frac{14400}{(5-1)^2} (5.3 - 4.2)$$
$$= 990 (\text{cm/sec}^2)$$

3 構造簡單成本低，各學校均能購置或自製。

(2) 注意事項：在實驗中如果發現不規則的洞眼，或有彎曲的洞眼可能是由於紙質的不均勻，或是鋼球不清潔，或是加壓的不當。所以在實驗時必須注意下列幾點：

1 選擇紙質及保持紙面平坦。

2 保持小鋼球的光滑清潔。

3 配合電壓的高低調整兩極板間的距離。

(3) 本實驗雖然電壓甚高，但電流甚小，不致傷害身體，但是為求實驗的安心進行，在實驗前最好戴上手套較為理想。

(4) 為使觀察方便，特將各種運動分別在不同電極板上進行。若為求簡便，上述各種運動，均可在同一極板上進行實驗。

## 六、後記：

(1) 我們在學校實驗課時，常常感到實驗的方法及儀器誤差很大往往無法得到正確的結果。因此我們希望學校在儀器方面能多多

加強。

(2)這次我們製作這個實驗，還只能算是一次大膽的嘗試。我們對物理方面認識較淺，希望藉這次的機會能對社會各界提供新的構想。本裝置多項的實驗，若能有更好的實驗方式，或是使洞眼更加清晰，那將更簡省、更方便、更完善、也更符合我們實驗的原則。