

作品名稱：以感應電流來測量重力加速度及瞬時速度

國中組 物理科 第三名

縣市：彰化縣

作者： 廖慧怡、廖雅玲

林采伶、林俞婷

校名：彰化縣立秀水國民中學

指導老師： 林正源、粘武清

關鍵詞：感應電流、重力加速度、瞬時速度



## 一、研究動機：

理化課本第四冊提到運動學，在課本中對重力加速度、瞬時速度這些名詞並沒有太多介紹，在高中的課本中，也只有利用光電計時器來測量重力加速度，可惜的是，在國中的實驗室中並沒有這套儀器，因此，我們希望利用手邊現有的設備，來測量重力加速度，並試圖尋找一個測量瞬时速度的方法。

## 二、研究目的：

- (一) 驗證感應電流大小與線圈匝數、線圈截面積及磁場變化速度的關係。
- (二) 利用感應電流產生的時間點來測量自由落體的時間，來計算重力加速度。
- (三) 利用感應電流的大小與瞬时速度的關係來測量瞬時速度。

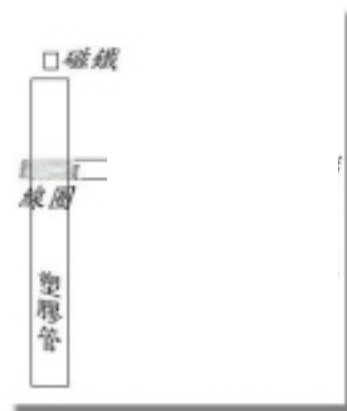
## 三、研究設備器材：

棒形磁鐵、漆包線、塑膠管。

## 四、研究過程或方法：

(一) 感應電流大小與線圈匝數的關係。

1. 如右圖的裝置，進行自由落體實驗。落下距離為  $L$ ，線圈的半徑為  $R$ ，線圈的匝數為  $N$ 。
2. 固定落下距離  $L$ ，線圈半徑  $R$ ，線圈的匝數  $N$  圈。
3. 讓磁鐵自塑膠管口自由落下，記錄感應電流的波形。
4. 線圈匝數改為 60 圈，重覆步驟 3。
5. 改變不同線圈匝數，重覆上述步驟。



(二) 感應電流大小與線圈半徑的關係。

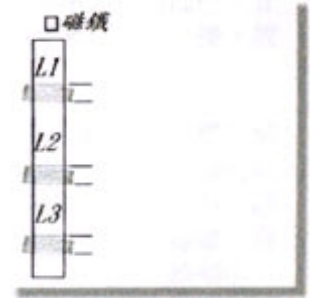
1. 裝置同實驗(一)，固定落下距離  $L$ ，線圈半徑  $R$ ，線圈的匝數  $N$  圈。
2. 改變不同的線圈半徑，重覆實驗(一)之步驟 3。

(三) 感應電流大小與落下距離的關係。

1. 裝置同實驗(一)，固定落下距離  $L$ ，線圈半徑  $R$ ，線圈的匝數  $N$  圈。
2. 改變不同的落下距離，重覆實驗(一)之步驟 3。

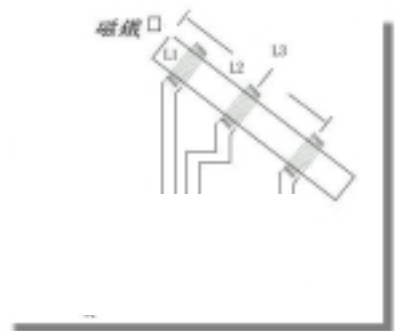
#### (四) 自由落體實驗

1. 改變實驗(一)之裝置為三組線圈並聯(如右圖的裝置)，進行自由落體實驗。三組線圈距落下的起點分別為  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 。三組線圈的半徑都是  $R$ ，匝數均為  $N$ 。
2. 固定落下距離  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ，線圈半徑  $R$ ，線圈的匝數  $N$  圈。
3. 讓磁鐵自塑膠管口自由落下，記錄下感應電流的波形。
4. 改變不同  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  值，重覆上述步驟。



#### (五) 不規則軌道之瞬時速度的測量。

1. 改變實驗(四)之裝置，改變不同的軌道來控制磁鐵移動的路徑(如右圖的裝置)，進行實驗。三組線圈的位置距落下的起點的距離分別為  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 。三組線圈的半徑都是  $R$ ，匝數均為  $N$ 。
2. 固定落下距離  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ，線圈半徑  $R$ ，線圈的匝數  $N$  圈。
3. 讓磁鐵沿軌道下滑，記錄下感應電流的波形。
4. 改變不同  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  值，重覆步驟 3。
5. 更換不同的軌道，重覆上述實驗。

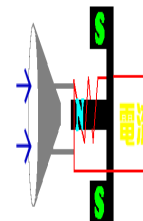


## 五、研究結果：

略

## 六、討論：

- (一) 測量感應電流的大小，若使用實驗室的安培計，由於感應電流的變化非常地快，只能看到指針的偏轉方向，並無法讀出數值，為了有效地取得準確的數據，我們利用麥克風的原理(如右圖)，當聲波進入喇叭時，會導致喇叭後面的線圈跟著振動，線圈在磁場中振動而產生的感應電流。同樣的原理，我們讓磁鐵通過線圈，記錄感應電流

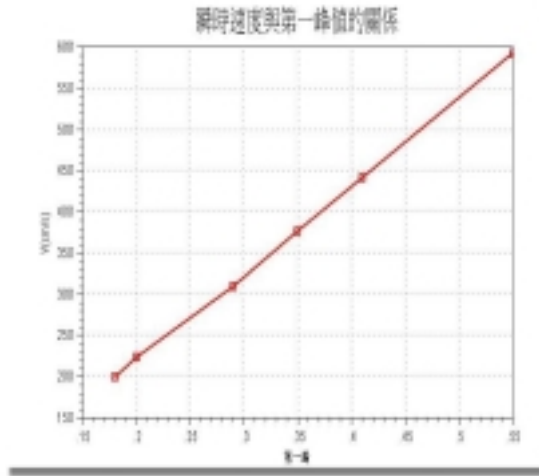


的波形，進而從中分析數據。

- (二) 記錄下的感應電流有排斥磁鐵進入線圈的第一個峰值及阻止磁鐵離開線圈的第二個峰值，在自由落體運動中發現，第一峰值的線性關係都比第二峰值的關係更接近直線。仔細探究原因，我們認為在有線圈的塑膠管中，磁鐵並不是單純地自由落體運動。我們認為在磁鐵接近線圈時，線圈會排斥磁鐵而給予一個向上的排斥力，在磁鐵要離開線圈之時，則線圈會吸引磁鐵而給予一個向上的吸引力，故磁鐵在下落的過程中並非只受重力作用而已，且第一峰值受一排斥力的作用，第二峰值還要再受吸引力的干擾，故誤差會比第一峰值為大。
- (三) 在測量的感應電流有三個峰值，第一峰值及第二峰值均可順利解釋，但第三峰值並非我們原先所預期的，經本組查資料及討論的結果，我們認為可以利用能量的觀點來解釋，當磁鐵通過線圈時，磁鐵與線圈的交互作用而產生感應電流，感應電流可視為在線圈中有電能存在，而在這個迴路中，線圈可視為電感，電流流入線圈中，便將電能轉成磁能，接著又將磁能轉回電能，因此就產生第三個峰值，此後電能又再次轉回磁能，磁能又轉回電能，因此會有多個峰值出現，不過因電線中電阻的關係，能量逐漸變成熱能而讓電流愈來愈小，因此只能看到第三峰值。
- (四) 為減少磁鐵與線圈的作用力影響瞬時速度的測量，我們比照一般運動中不計空氣阻力的作法，在實驗的設計上，儘量加大磁鐵的質量以增加重力，另一方面，則減少線圈匝數、減弱磁鐵的磁場等措施，讓磁鐵與線圈的作用力減到最小，如此便可將磁鐵與線圈的作用力忽略不計。但是這樣一來感應電流也會跟著減弱，所幸電腦的音效卡的靈敏度極高，在數據讀取上不會造成太大困擾。
- (五) 在自由落體的實驗中，我們採用三組線圈的目的，是為求取磁鐵通過線圈時之電流零值的時間點，但是就討論(三)的分析，愈多的線圈會給磁鐵愈多的阻力，若只是為了測量瞬時速度，放的線圈最好只放一個，如此線圈對磁鐵的影響會最小。
- (六) 在自由落體的實驗中，我們得到許多瞬時速度與第一峰值的數據，由於都是使用同一組線圈來實驗，因此這些數據可以合併使用，其數據如下：

第一峰值	瞬時速度(cm/s)
0.18	198.93
0.20	222.89
0.29	309.02
0.35	375.91
0.41	441.07
0.55	591.19

將這些數據繪圖並歸納成一次線性函數，其結果如下：



其第一峰值對瞬時速度的線性關係，若假設第一峰值為  $I$ ，瞬時速度為  $V$ ，上頁的圖形可以以下的函數來表示：

$$V=1057.064 \times I + 7.670391$$

有了這個式子，只要是使用同一個線圈，便可利用此函數來計算瞬時速度的值，換句話說，這是個測量瞬時速度的工具。只要將同一個磁鐵放在運動物體之上，並將線圈放在要測量速度的位置上，只要物體通過線圈，藉由感應電流的大小便可計算出瞬時速度的值。

(七) 在測量重力加速度方面，曾經看過幾組測量重力加速度的方法，其實測量的方法都很簡單，其最麻煩的地方，是自由落體的時間要非常的準確。高中課本是利用光電計時器來測量，第三十屆科展中有人以單擺與自由落體綁在一起，利用燒掉繩子來達到同時發生，這些都是很好的方法。本組則是利用發生感應電流的時間點來測量時間，與上開人員的方式，表面上不同，實際的原理其實是一致的。

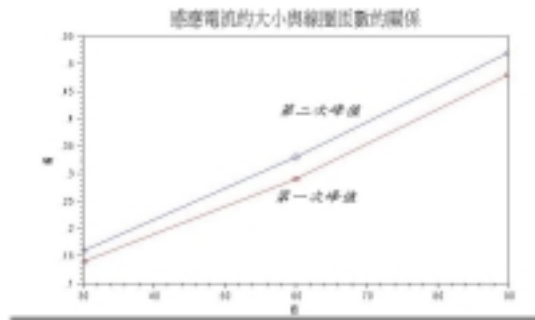
## 七、結論：

本組的實驗可以分為三個部分，一是探討影響感應電流的大小的原因，一是利用感應電流方向轉向時的時間點，來當做測量時間的工具，最後則是找出感應電流的大小與瞬時速度的函數關係，以利用感應電流來測量瞬時速度。

(一) 在影響感應電流大小的變因上，原先預計要測量的變因有線圈匝數、線圈半徑、磁鐵移動的速度三項。

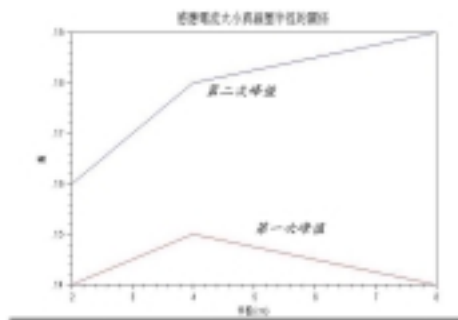
1. 在線圈匝數方面，無論是第一峰值或第二峰值，都是極接近正比的關係。

線圈匝數	第一次峰值	第二次峰值
30	0.14	0.16
60	0.29	0.33
90	0.48	0.52



2. 在線圈半徑方面，這發現線圈的大小，對感應電流影響不大。

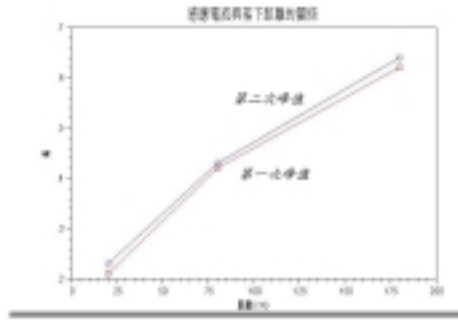
線圈半徑(cm)	第一次峰值	第二次峰值
2	0.14	0.16
4	0.15	0.18
8	0.14	0.19



3. 在磁鐵移動的速度上，則是以自由落體的距離當指標，發現下落的距離愈大，則速度愈大，感應電流也愈大。

下落距離(cm)	第一次峰值	第二次峰值
20	0.21	0.23
80	0.42	0.43
180	0.62	0.60





(二) 在重力加速度的測量方面，本次實驗以自由落體來測量，兩組數據如下：

1.第一組數據

((略))

平均加速度為 $(516.1-320.0)/(0.630-0.427)=968.54\text{cm/s}^2$ 。與一般公認之重力加速度的值  $980\text{cm/s}^2$ ，誤差為 1.2%

2.第二組數據

((略))

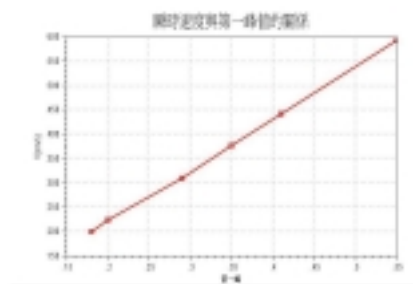
測量的加速度為  $916.27\text{cm/s}^2$ ，誤差為 6.5%。

二者的誤差均在個位數，其結果應相當準確。

(三)在瞬時速度與感應電流部分，我們在自由落體的實驗中，我們得到許多同一組線圈瞬時速度與第一峰值的數據，

第一峰值	瞬時速度(cm/s)
0.18	198.93
0.20	222.89
0.29	309.02
0.35	375.91
0.41	441.07
0.55	591.19

將這些數據繪圖並歸納成一次線性函數，其結果如下：



其第一峰值對瞬時速度的線性關係，若假設第一峰值為 I，瞬時速度為 V，上頁的圖形可以以下的函數來表示：

$$V=1057.064 \times I + 7.670391$$

利用此函數來計算 37.5° 斜面的運動之瞬時速度的值，在儘量減少摩擦力的情況下，其誤差不會大為 5%，準確度亦非常高，可見這是個很好的測量方法。

下滑距離(cm)	第一次峰值	換算之瞬時速度(cm/s)	計算之瞬時速度(cm/s)	誤差 (%)
30	0.18	197.94	189.57	4.4
60	0.25	271.94	264.98	2.6
90	0.31	335.36	323.26	3.7

(四)本實驗是利用電腦在測量上極高的精密度，以現成的設備，加上一點巧思而設計出來的測量方法，目前電腦的使用非常普及，若能善加利用對我們會有很大的幫助。另外網路社群上的許多朋友，設計許多很好用的程式，都可以在網路上取得的，值得大家實驗時的參考。

## 六、 參考資料：

(一)國中理化課本第十二章 p34~p37 第十五章 P22~p25

(二)第三十屆科展：擺動自由落體--簡易的重力加速度值測量法(馮筱寧、王淑女、陳麗玉、黃桂敏，指導教師:王昭富、黃文吟)

(三)大學普通物理學(Physics for Scientists & Engineers)第三十一章 (SERWAY)



評語：

- 一、 利用簡單的感應電流裝置來測量重力加速度及瞬時速度，儀器設計簡單，能將訊號輸入電腦，數據精確易懂且準確度高。
- 二、 對圖形第三波峰之出現宜以實驗再加以探討，不應口頭解釋之。

## 作者簡介

廖慧怡：

我叫廖慧怡，在這個世界上只是個平凡的學生。從去年十月開始，到參加全國科展這段時間，我們的指導老師一直鼓勵我們，策勵我們，將原本沒有信心的我，變得有信心。這段期間的經歷，將使我終生難忘。

林采伶：

我們『以感應電流來測量重力加速度及瞬時速度』，在研究的過程中，總是遭遇到各種的困難，感謝我們的指導老師林正源老師、粘武清老師辛苦的指導我們，才能順利完成這份報告。

廖雅玲：

我就讀於彰化縣秀水國中三年三班。這次科展我學到了不少知識，獲益良多，也感謝林正源老師、粘武清老師，有他們的指導，才能有這樣的成果。

林俞婷

我的名字叫林俞婷，這是我第一次做科展，原本的想法只是希望在申請入學上加分，沒想到竟深深喜歡上這樣的工作。也只有親身體驗，才知道其中的酸甜苦辣，如人飲水，冷暖自知，如此的經驗，是沒有踏入科展領域的人所沒有的。