

# 感應電動勢

## 高中組物理科第三名

省立台南女中

作者：楊雅琪、王尹玲、莊蕙熏、鐘敏華

指導教師：廖淑惠

### 一、研究動機

記得國中理化與高一基礎理化在做此實驗時，僅以手來控制其磁鐵插入的速度，現今設計電風扇捲軸的轉速大小來當作控制的速度，並進一步探討線圈匝數，線圈截面半徑的大小及線圈材料對其感應電流與感應電動勢的影響。

### 二、研究目的

藉著一連串有趣的感應電流實驗，來求出磁鐵插入的速度，線圈材料，線圈截面半徑的大小，及線圈匝數之間的各種關係。

### 三、研究設備器材

1. 漆包線 一捆。
2. 鐵線 一捆。
3. 牛筋線 一捲。
4. 長條磁鐵 數個。
5. 電流計（毫安培計） 一台。
6. 電線 兩條。
7. 電風扇馬達圓盤（附轉軸及轉速控制按鈕） 一台。
8. 高腳鐵架 一架。
9. 電鈴計時器 一台。
10. 紙帶 一捲。

### 四、實驗步驟及過程

#### (一) 實驗基本裝置

1. 將拆下的電風扇馬達圓盤（附轉軸）及控制轉軸速度的鈕固定於鐵架上。
2. 將長條磁鐵綁上90cm長的牛筋線，固定於轉軸上。
3. 取適當長度的漆包線及鐵線，分別繞成：
  - (1) 半徑2.25cm，匝數為20，30，40，50，60的線圈（用以測出電流與線圈匝數的關係）。
  - (2) 匝數50匝，半徑1.5，2.0，2.5，3.0，4.0cm的線圈（用以測出電流與半徑的關係）。
  - (3) 半徑2.25cm，匝數60匝的線圈（用以測出電流與磁鐵插入之速度的關係）。
4. 實驗時，將線圈固定於鐵架上距轉軸75cm處，線圈兩處端點接上毫安培計，按

下選擇轉速之按鈕，使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵向上，使其通過線圈產生感應電流，並記下讀數，待其通過後，按下停止鈕。

### (二)測定轉軸速度

1. 將電鈴計時器固定於鐵架下端，紙帶固定於長條磁鐵上。
2. 按 $V_1$ 轉速的按鈕，使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵與紙帶向上，獲得打點之紙帶，並重覆做四次，再算出各條紙帶之平均速度，取平均值。

3. 改以 $V_2$ 、 $V_3$ 轉速，再重覆步驟2。

※測得  $V_1=120.9 \text{ cm/sec}$   $V_2=123.5 \text{ cm/sec}$   $V_3=128.3 \text{ cm/sec}$ 。

4. 因為電風扇原來的三個轉速過於接近，所以我們又於電風扇馬達之電線上串聯可變電阻，再取 $V_4$ 、 $V_5$ 、 $V_6$ 之不同速度。

※測得  $V_4=93.4 \text{ cm/sec}$   $V_5=62.1 \text{ cm/sec}$   $V_6=35.5 \text{ cm/sec}$ 。

### (三)測定線圈材料，半徑大小及磁鐵通過速度對其感應電流與感應電動勢的影響。

#### 1. 實驗一：改變單位長度內之匝數

- (1) 將半徑2.25cm，匝數20匝，長度7cm的漆包線線圈固定於鐵架上距轉軸75cm處，並使磁鐵能順利地等速通過線圈。
- (2) 按下速度 $V_3$ 的按鈕，使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵向上通過線圈，產生感應電流，並記下讀數。
- (3) 以上步驟重覆實驗六次，取其感應電流之平均值。
- (4) 重覆步驟(1)(2)(3)，依次以其他各匝數不同之漆包線線圈實驗。
- (5) 改以半徑2.25cm，匝數20，30，40，50，60匝之鐵線線圈重覆步驟(1)(2)(3)(4)。
- (6) 將匝數為20，30，40，50，60匝的漆包線及鐵線線圈，分別接於電阻測定器上，並記下其電阻讀數。

#### 2. 實驗二：改變線圈截面半徑的大小

- (1) 將線圈截面半徑1.5cm，匝數50匝，長度7cm的漆包線線圈固定於鐵架上距轉軸75cm處，並使磁鐵能順利地等速通過線圈。
- (2) 按下速度 $V_3$ 的按鈕，使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵向上通過線圈，產生感應電流，並記下讀數。
- (3) 以上步驟重覆實驗六次，取其感應電流之平均值。
- (4) 重覆步驟(1)(2)(3)，依次以其他各截面半徑不同之漆包線線圈實驗。
- (5) 改以線圈匝數50匝，半徑各為1.5，2.0，2.5，3.0，4.0cm之鐵線線圈重覆步驟(1)(2)(3)(4)。
- (6) 將半徑為1.5，2.0，2.5，3.0，4.0cm的漆包線及鐵線線圈，分別接於電阻測定器上，並記下其電阻讀數。

### 3. 實驗三：改變磁鐵通過線圈的速度

- (1) 將半徑2.25cm，長度7cm，匝數60匝的漆包線線圈，固定於鐵架上距轉軸75cm處，並使磁鐵能順利地等速通過線圈。
- (2) 依次以 $V_1$ 、 $V_2 \sim V_6$ 六個不同的速度使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵向上通過線圈，產生感應電流，並記下讀數。
- (3) 以上步驟重複實驗六次，取其感應電流之平均值。
- (4) 改以半徑2.25cm，長度7cm，匝數60匝的鐵線線圈重複步驟(1)(2)(3)。

## 五、實驗結果

### (一) 實驗一

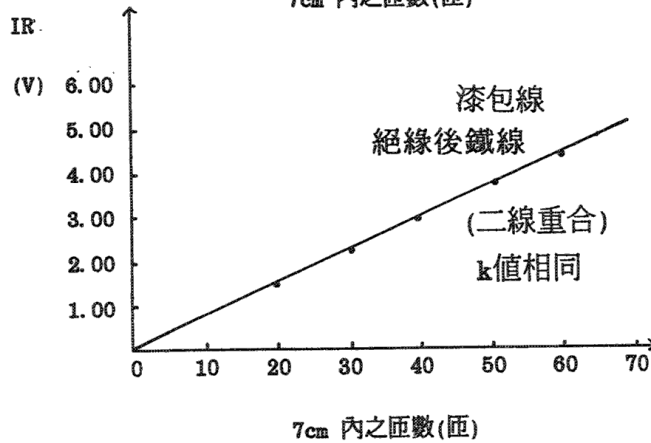
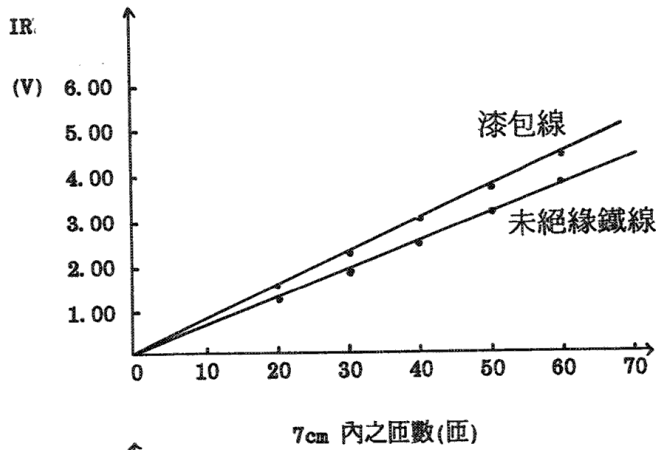
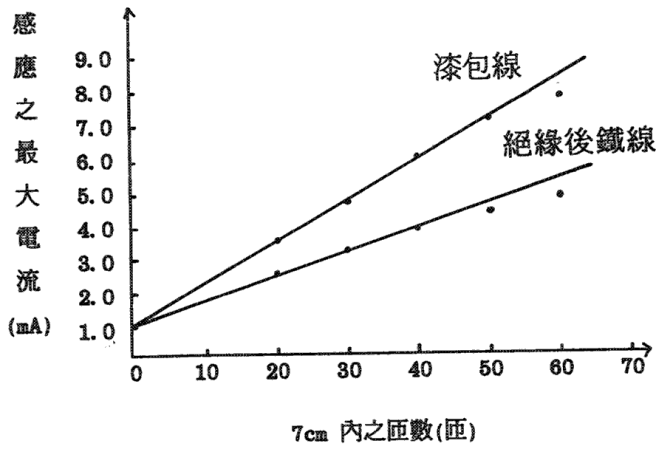
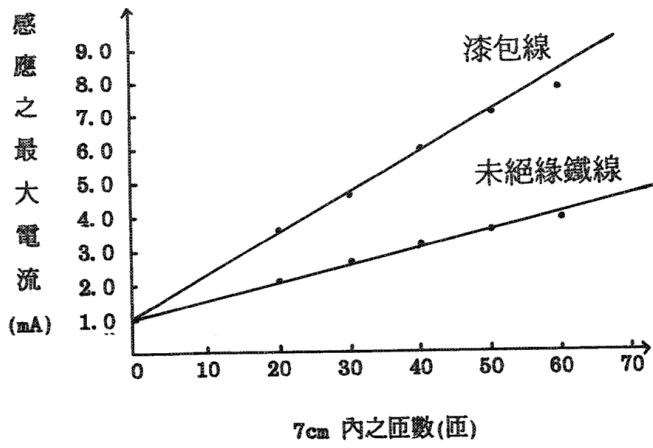
#### 1. 實驗數據

操縱變因：單位長度內之匝數。

控制變因：線圈的半徑2.25cm、速度 $V_3$ 。

材料	7cm 內線圈 的匝數	感應電流 (mA)						平均 值	電 阻 ( $\Omega$ )	電 動 勢 (V)
		1	2	3	4	5	6			
漆 包 線	20	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.41	1.44
	30	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.6	0.46	2.12
	40	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.49	2.94
	50	7.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	7.2	0.51	3.67
	60	7.5	8.0	8.0	8.0	7.5	7.5	7.8	0.56	4.38
未 絕 緣 鐵 線	20	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.2	0.56	1.22
	30	2.5	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	2.6	0.69	1.80
	40	3.5	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.2	0.78	2.49
	50	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.6	0.88	3.15
	60	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.95	3.81
絕 緣 後 鐵 線	20	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0.56	1.40
	30	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	0.69	2.14
	40	3.5	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	3.8	0.78	2.96
	50	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	4.0	4.2	0.88	3.70
	60	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.5	4.6	0.95	4.37

## 2. 函數圖形



(二) 實驗二

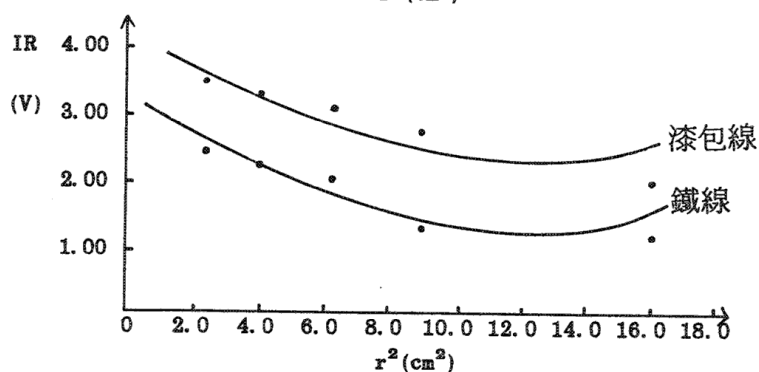
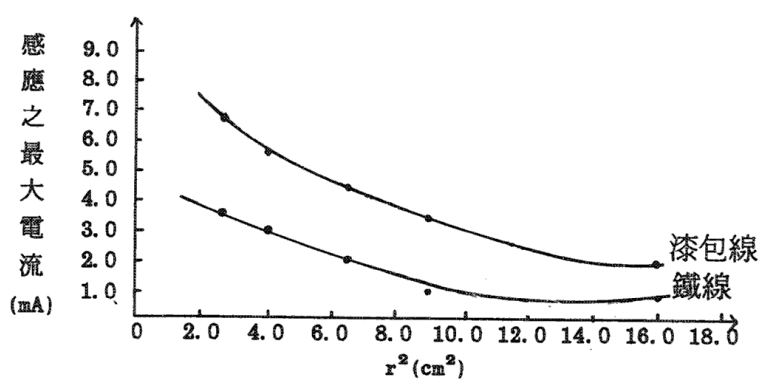
1. 實驗數據

操縱變因：線圈半徑。

控制變因：線圈長度7cm內有匝數50匝、速度 $V_s$ 。

材料	感應 電流 (mA)	次數						平均 值	電 阻 ( $\Omega$ )	電 動 勢 (V)
		1	2	3	4	5	6			
漆 包 線	1.5	6.5	6.5	7.0	6.5	6.5	7.0	6.7	0.49	3.30
	2.0	5.5	6.0	5.5	6.0	6.0	5.5	5.8	0.56	3.23
	2.5	4.0	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	4.6	0.67	3.08
	3.0	3.5	3.5	3.0	4.0	3.0	3.5	3.4	0.83	2.82
	4.0	1.5	2.0	1.5	2.5	2.5	2.5	2.1	0.96	2.02
鐵 線	1.5	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	3.6	0.64	2.31
	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.74	2.21
	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.07	2.14
	3.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.2	1.21	1.45
	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.35	1.35

2. 函數圖形



(三) 實驗三

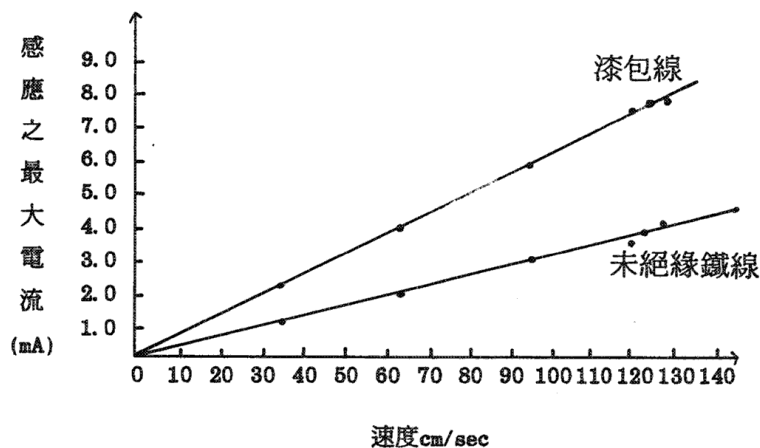
1. 實驗數據

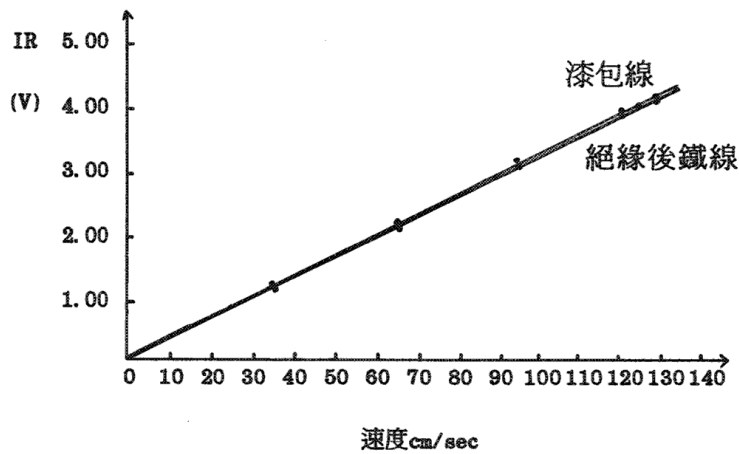
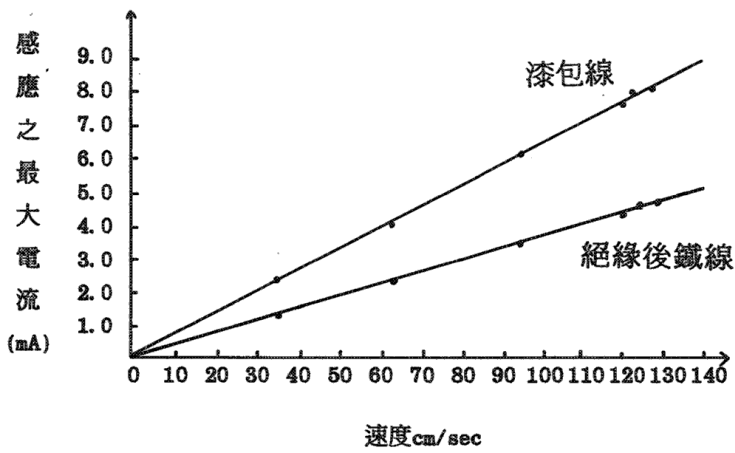
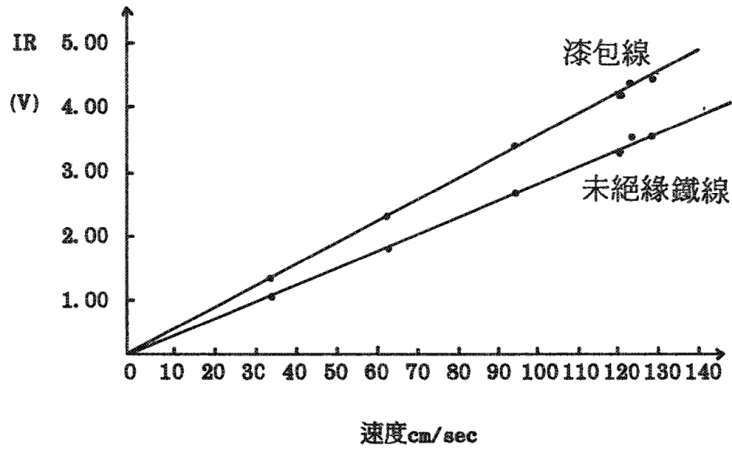
操縱變因：磁鐵通過線圈的速度。

控制變因：線圈長度7cm內有60匝，半徑2.25cm。

材料	感應 電流 速度 (mA)	次數						平均 值	電動 勢 (V)
		1	2	3	4	5	6		
漆 包 線	V1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	4.21
	V2	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	7.5	7.6	4.26
	V3	7.5	8.0	8.0	8.0	7.5	7.5	7.8	4.38
	V4	6.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	5.7	3.20
	V5	4.0	3.5	4.0	3.5	3.5	4.0	3.8	2.13
	V6	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.2	1.23
未 絕 緣 鐵 線	V1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.33
	V2	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0	3.8	3.62
	V3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.80
	V4	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.9	2.76
	V5	2.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.81
	V6	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.1	1.05
絕 緣 後 鐵 線	V1	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.3	4.09
	V2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.28
	V3	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.5	4.6	4.38
	V4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.3	3.14
	V5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.1	2.00
	V6	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.2	1.14

2. 函數圖形





## 六、結 論

(一)將綁上磁鐵的牛筋線固定於電風扇馬達圓盤轉軸上，按下按鈕，使轉軸轉動捲起牛筋線，拉動磁鐵向上，使其通過線圈，產生磁通量之變化，造成線圈兩端電位的不同，而此電位差即為感應電動勢；若此時將線圈與毫安培計間接通，則會生

成感應電流。

(⇒) 1. 由實驗一得知：感應電動勢的大小  $E$  與單位長度內之匝數成正比。

2. 由實驗三得知：感應電動勢的大小  $E$  與速度  $v$  成正比。

所以， $E \propto N v$  故設  $E = KN v$

[K 值的求算]

(1) 實驗一  $IR = K \times (\text{匝}/7) \times 128.3$

(漆包線) 20匝  $3.5 \times 0.410 = K \times (20/7) \times 128.3$

30匝  $4.6 \times 0.461 = K \times (30/7) \times 128.3$

40匝  $6.0 \times 0.485 = K \times (40/7) \times 128.3$

50匝  $7.2 \times 0.510 = K \times (50/7) \times 128.3$

60匝  $7.8 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 128.3$

所以，漆包線之 K 值 = 0.0040

(鐵線，未絕緣) 20匝  $2.2 \times 0.555 = K \times (20/7) \times 128.3$

30匝  $2.6 \times 0.691 = K \times (30/7) \times 128.3$

40匝  $3.2 \times 0.778 = K \times (40/7) \times 128.3$

50匝  $3.6 \times 0.876 = K \times (50/7) \times 128.3$

60匝  $4.0 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 128.3$

K 值 = 0.0034

(絕緣後) 20匝  $2.5 \times 0.555 = K \times (20/7) \times 128.3$

30匝  $3.1 \times 0.691 = K \times (30/7) \times 128.3$

40匝  $3.8 \times 0.778 = K \times (40/7) \times 128.3$

50匝  $4.2 \times 0.876 = K \times (50/7) \times 128.3$

60匝  $4.6 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 128.3$

K 值 = 0.0040

(2) 實驗三  $IR = K \times (60/7) \times v$

(漆包線)  $V_1$   $7.5 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 120.9$

$V_2$   $7.6 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 123.5$

$V_3$   $7.8 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 128.3$

$V_4$   $5.7 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 93.4$

$V_5$   $3.8 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 62.1$

$V_6$   $2.2 \times 0.561 = K \times (60/7) \times 35.5$

所以，漆包線 K 值 = 0.0040

(鐵線未絕緣)  $V_1$   $3.5 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 120.9$



$$V_2 \quad 3.8 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 123.5$$

⋮

$$V_6 \quad 1.1 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 35.5$$

$$K \text{ 值} = 0.0034$$

(絕緣後)  $V_1 \quad 4.3 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 120.9$

$$V_2 \quad 4.5 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 123.5$$

⋮

$$V_6 \quad 1.2 \times 0.952 = K \times (60/7) \times 35.5$$

$$K \text{ 值} = 0.0040$$

3. 由實驗一、三得知：漆包線K值=0.0040，與絕緣後鐵線K值相同，故我們令  $E = KNv$ ，反代回實驗二，求出K與半徑之關係，結果發現，半徑越大，K值越小。

## 七、討 論

- (一) 由實驗一、三得知，未絕緣鐵線之K值有0.0006的誤差，推測是因其當初忽略了鐵線無絕緣的漆，而使感應電流無法一匝一匝地依序前進而互相干擾。
- (二) 實驗二的誤差來自於線圈之疏密及精確半徑無法適當掌握，且磁鐵本身非均勻磁場，故半徑較大的線圈，其所感受的為兩旁磁性較小的磁場，故有誤差。
- (三) 若改以線圈感應的均勻磁場來代替現有的磁鐵，可能可找出線圈半徑及 K 值更精確的比例關係。

## 評 語

以控制速度的方法測量有關感應電動勢的現象獲得精確的結果，對教學的改進有助益。