

徐氏基金會科學圖書編譯委員會  
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年三月八日再版

自然科學叢書之二

## 物 理

(十六至十九冊合訂本)

本叢書不分售，全套23冊 基價 20.80

主編者 湯元吉 台糖公司董事長

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號  
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號  
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

## 物理第十九冊目錄

### 第四部份第七講

	頁數
第六講內容測驗解答	1—2
第十五章 感應現象	
A. 課程	3—18
B. 教材問答	18—24
C. 內容摘要	24—25
D. 複習題	26—27
E. 習題	27—28
第十六章 介質中的磁場	
A. 課程	29—34
第七講內容摘要	34—35

### 第四部份第八講

第十六章 (續) 介質中的磁場 (續)	
B. 教材問答	37—39
C. 內容摘要	39—40
D. 複習題	40—40
E. 習題	40—41
第七講內容測驗	41—41
第七講 (E) 習題解答	41—44
第七講內容測驗解答	44—46
第十七章 互感應與自感應	
A. 課程	47—54
B. 教材問答	54—56
C. 內容摘要	56—56
D. 複習題	56—57

E. 習題	57—57
第十八章 電場與磁場的耦合	
A. 課程	58—61
B. 教材問答	61—62
C. 內容摘要	62—62
D. 複習題	62—63
E. 習題	63—63
第十九章 交流的量度與發生	
A. 課程	64—66
B. 教材問答	66—67
C. 內容摘要	67—67
D. 複習題	67—67
E. 習題	67—67
第二十章 交流電路中的線圈與容電器	
A. 課程	68—70
第八講內容摘要	70—72
第八講內容測驗	72—72
第八講 (E) 習題解答	72—73

## 第四部份第九講

第八講內容演驗解答	75—76
第二十章 (A.課程續)	77—82
B. 教材問答	82—85
C. 內容摘要	85—85
D. 複習題	85—85
E. 習題	86—86
第二十一章 振動通路	
A. 課程	87—96
B. 教材問答	96—99
C. 內容摘要	100—100

	D. 複習題	100—100
	E. 習題	100—101
第二十二章	振動斷路	
	A. 課程	102—104
	B. 教材問答	104—105
	C. 內容摘要	105—105
	D. 複習題	106—106
	E. 習題	106—106
	第九講內容摘要	106—107
	第九講內容測驗	107—108

#### 第四部份第十講

	第九講 (E) 習題解答	109—111
	第九講內容測驗解答	111—113
第二十三章	電磁輻射	
	A. 課程	114—120
	B. 教材問答	120—123
	C. 內容摘要	123—123
	D. 複習題	123—124
	E. 習題	124—124
第二十四章	靜電發電機	
	A. 課程	125—127
	B. 教材問答	127—129
	C. 內容摘要	129—129
	D. 複習題	129—129
	E. 習題	129—129
第二十五章	熱電現象與光電現象	
	A. 課程	130—134
	B. 教材問答	134—136
	C. 內容摘要	136—136

D. 複習題	137- 137
E. 習題	137 - 137
第十講內容摘要	137--138
第十講內容測驗	138--139
第十講(E) 習題解答	139 - 141
第十講內容測驗解答	141- 143

## 第六講內容測驗解答

1. 同極相斥，異極相引。
2.  $P = f \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ 。
3. 如將一張白紙置於磁鐵之上，並在其上撒佈鐵屑，則見鐵屑排列成線狀，是謂磁力線。
4. 磁力線自一極出發，形成彎度越來越大的曲線而至于另一極處。
5. 磁針在一磁場中所循取的位置，在使其磁軸與磁力線相切；由磁針南極至北極的方向，便是磁力線的方向。
6. 試將一軟鐵塊置於一磁極附近，則見遠離該極的一端其磁性與該極相同，而靠近磁極的一端者則反是。
7. 利用羅盤針與地理上 N-S 方向所成之角  $\delta$  及一能繞水平軸轉動的磁針與水平線的夾角  $i$  可以決定之，但磁針的轉動軸必須與羅盤針所示的方向垂直方可。
8. 可以其水平強度  $H$  表示之；其單位為 1 奧斯特。
9. 根據右手定則：以右手掌握該導線，若拇指伸出的方向指着負極，則其餘指尖所指者，即為磁力線的方向。
10. 在線圈內部者為一均勻磁場。其磁力線為平行于線圈軸的直線。而在線圈外者，其情形則與磁棒者相類似。
11. 由利用一線圈所作的實驗可以知之。如在线圈中通入電流，那末由於導線周圍的磁力線收縮的結果，線圈便縮短了。
12. 可以一磁強計量度之。其構造如下：將一扭絲張緊於一框內，絲中固定一小磁鐵和一面小鏡。小磁鐵的微小轉動可用一光指標清清楚楚地顯示出來。
13. 由量度結果可知：磁場強度與 1. 通過線圈的電流強度成正比；2. 每厘米的匝數成正比；即磁場強度  $\sim I \cdot n/l$ 。
14. 磁場強度屬於向量；以德文字母  $\mathcal{S}$  表示之，其大小則以英文字母  $H$  表示。

15. 磁場強度的單位爲 1 安培匝/厘米。
16. 其比例因子經規定爲 1。
17. 外在磁場對分子磁所加的整列作用力，會受到分子振動的阻碍，後者乃隨溫度之升高而加劇。
18. 利用圈轉磁強計量度之，這種儀器的主要部分乃一個掛在扭絲上的矩形線圈。線圈的微小轉動則以一光指標顯示之。由量度的結果可知： $P \sim H \cdot I \cdot l$ 。
19. 比例因子的數值取決于作用力單位的選擇。如欲以仟彭表示  $P$ ，安培表  $I$ ，厘米表  $l$ ，則其比例因子之值爲  $12.8 \times 10^{-8}$ 。

# 第三編

## 磁場與電場間的交互作用

### 第十五章

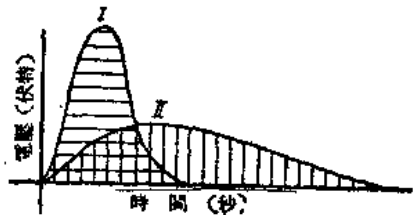
#### 感應現象

##### A. 課程

[102] 脈動電壓及其量度 在時間  $t$  內，若電流  $I$  保持不變；則其脈動電流可以  $I \cdot t$  的乘積表示之（第 63 節）；否則，便要以電流曲線與時間軸所範圍的平面表示了（參看第 63 節）。同理，當電壓保持不變時，脈動電壓亦可以  $U \cdot t$  的乘積表示；而當電壓並非不變者時，則以電壓曲線與時間軸所範圍的平面表之。第 155 圖中繪有陰影線的兩個平面，其大小是相等的。因此，平均電壓較低，而持續時間較長的脈動電壓和平均電壓較高，但時間較短的脈動電壓，其大小是一樣的。

故脈動電壓也和電量（註一）一樣，可利用同樣的基礎和同樣的條件（註二）由衝擊電流計的脈動偏轉量度之。

[103] 將衝擊電流計上的單位校正為伏特秒的方法 由于  $U$  以伏特， $t$  以秒表示，故脈動電壓  $U \cdot t$  的單位為伏特秒。如果要把衝擊電流計上的單位校正為伏特秒的話，殆非以一大小為已知的電壓，于一定的時間內作用于該電流計上不可。第 156 圖所示者，便是一種為此而設的實驗裝置。該衝擊電流計係按電位計連接法接於主電路  $I$  中。



第155圖 電壓曲線 I 及 II 陰影部份表示二大小相等的脈動電壓

（註一）脈動電流  $I \cdot t$  表示在時間  $t$  內流經電流計的電量（參看第 155 圖）。

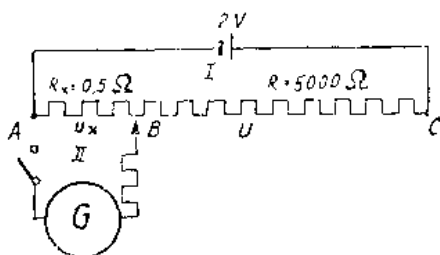
（註二）根據歐姆定律， $U \cdot t = I \cdot R \cdot t = R \cdot I \cdot t$ ，故脈動電壓與脈動電流互成正比。



接在 A 與 C 之間的一個 5,000 歐姆的電阻 R，而接在 A 與 B 之間者則是一個  $R_x = 0.5$  歐姆的電阻。如以  $U_x$  及 U 分別表示 AB 與 AC 間的電壓，則由第 19 節可得如下的比例式：

$$U_x : U = R_x : R ;$$

$$\begin{aligned} \text{故 } U_x &= \frac{0.5}{5,000} \cdot 2 \text{ 伏特} \\ &= 2 \times 10^{-4} \text{ 伏特} \end{aligned}$$



第156圖 量度電壓大小的實驗裝置。U=A 與 C 間的電壓； $U_x$  = A 與 B 間的電壓；R=AC 的電阻； $R_x$  = AB 的電阻。

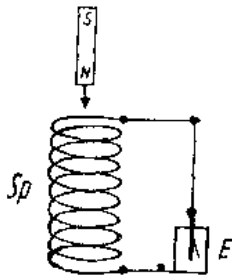
此時如將分路 II 接入，歷時 0.6 秒，則脈動電壓為  $U \cdot t = 1.2 \times 10^{-4}$  伏特秒。亦即電流計的脈動偏轉  $\alpha$  為  $1.2 \times 10^{-4}$  伏特秒 (Vs)。又設以較小的電阻  $R_x = 0.15$  歐姆代替  $R_x = 0.5$  歐姆，而重複上述實驗，則  $U_x$  之值變成  $\frac{0.15}{5,000} \cdot 2$  伏特 =  $0.6 \times 10^{-4}$  伏特。將分路 II 接入 2 秒鐘，則得  $U \cdot t = 0.6 \times 10^{-4} \times 2$  伏特秒 =  $1.2 \times 10^{-4}$  伏特秒。在此兩種情形下，電流計的脈動偏轉  $\alpha$  完全一樣；但若分路 II 接入的時間僅為 1 秒鐘而非 2 秒鐘時，則因  $U \cdot t$  乘積僅及前者之半，故其脈動偏轉  $\alpha$  亦只得一半而已。一般言之，一如第 102 節所述，脈動電壓  $U \cdot t$  乃與脈動偏轉  $\alpha$  成正比。

[104] **第一基本實驗** 試將一直數甚大（約 10,000）的線圈 (Sp) 之一端和一靈敏靜電計 (E) 的鋁箔，他端則和靜電計的外箱連接起來（第 157 圖），然後使一張力磁棒移近線圈處，則靜電計中的鋁箔便會發生短暫的（其情形和顫動更為相似）偏轉。由此可見，線圈導線的兩端一定是因為磁棒的接近而發生了瞬時的電壓（註一）。這種現象，根據法拉第（註二）的研究而定名為電磁感應 (elektromagnetische Induktion)。這也就是說，當磁棒接近時，便有一感應電壓發生于線圈中。

[105] **第二基本實驗** 設將一段直線形的導線 AB 的兩端與一衝

（註一）這是由于靜電計本身就是一種量度電壓的儀器的緣故（參看第 7 節）。

（註二）這種複雜的現象于 1831 年首由法拉第所發現與研究。

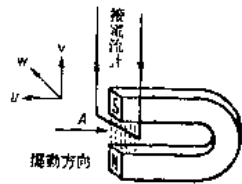


第157圖 第一基本實驗  
 $S_p$  = 匝數為 10,000 的線圈；E = 靜電計。當磁棒接近時，由靜電計的短暫偏轉可知有一感應電壓發生。

擊電流計連接起來（第 158 圖），然後使此導線由一蹄形磁鐵的磁場外擺入磁場中，則該電流計便會發生一短暫的偏轉。當該導線循相反的方向擺動時（即由磁場中擺向磁場外），則其指標便會朝着另一側偏轉。由此實驗可知，擺動中的導線，其端點 A 與 B 間，亦和第 104 節的實驗所示者然，能在極短時間內發生一電壓，此電壓即為電流計中所示的脈動電流的成因。

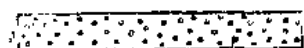
[106] U-V-W 定則在感應現象方面的運用 首先讓我們回想一下第 34 節所述的實驗。這個實驗證實了一個正在運動中的電子會

按 U-V-W 定則的規定，為一磁場所偏轉。抑有進者，請再回憶一下第 51 節講述金屬導體的構造時所作的插圖。據此，則在每一種金屬導體中（主要係由金屬離子，按一定的幾何方法排列而成的堅固結構所組成）均含有自由運動的電子（第 159 圖 a）。今若使一段如此的導線按第 159 圖 b 所示的情形，由上方往下方運動，則存在於該導線段中所有的電子，亦必隨之而運動，因而形成一群運動的電子。這種電子群可比擬為陰極射線管中之電子群。只不過在陰極射線管中者，其電子的速度極大，而此處的速度則甚小而已。因此，導線段中的電子一定也和陰極射線管中者一樣，乃按 U-V-W 定則的規定而偏轉（第 159 圖 b），倘若磁場的磁力線係垂直于圖面，且由圖前往圖後進行，則電子必向左方偏轉；因此，A 端便會發生電子過剩而 B 端發生電子缺乏的現象。若將 A、B 兩端和一電流計接通，則當該導體通過磁場時，便有一脈動電流流經該電流計。這種電子流的方向可以前述的 UVW 定則決定如下：

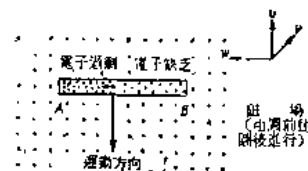


第 158 圖 當導線 AB 擺入蹄形磁鐵的磁場中時，則感應所生的電子流方向有如箭頭所示。

拇指——U(原因)——指向于假想負極，即和運動相反的方向，  
 食指——V(方法)——磁場的方向，  
 中指——W(效果)——電子的偏轉方向，即電子流的方向。



第159圖 a 導線段中自由運動的電子



第159圖 b 自由電子按 UVW 定則偏轉的情形。在 A 處發生電子過剩，在 B 處發生電子缺乏現象。

如果我們讓導線靜止不動，而使磁場靠近過去，則實驗證明其效果也是一樣的。因此，這種感應現象只與導體和磁場間的相對運動有關。

[107] 利用圓線在磁場中所作的實驗

茲以稍為不同的形式重複第二基本實驗，即

以一圓線代替上述的直線形導線，並令其平面與磁場方向平行，且使之能繞一與磁場方向垂直的直徑轉動(第160圖)。又將此圓線的兩端 A 及 B 與一衝擊電流計連接起來。今設其沿順時針的方向繞其轉動軸轉動，致其平面轉至一與磁場方向垂直的位置上，則電流計中便會發生一短暫的偏轉。一如在第二基本實驗中者然，導線中的自由運動電子最初係沿與磁場垂直的方向運動，故亦必如上文所述，按照 U—V



開始時的位置 最後的位置  
 圓形導線平面 圓形導線平面  
 與磁場平行 與磁場垂直

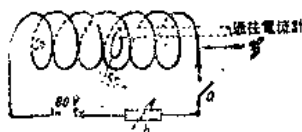
第160圖 利用圓形導線的感覺實驗，如將該導線繞一垂直的直徑沿順時針方向轉動，則在 a 弧中的電子即向下方，而在 b 弧中的電子則向上方移動；結果遂在 A 處形成電子缺乏而在 B 處形成電子過剩的現象。

—W 定則的規定而偏轉，且在弧 a 部份的電子乃向下方，而在弧 b 部份者則向上方移動(第160圖)。結果遂在 B 端形成電子過剩而在 A 端則形成電子缺乏的現象，致使兩端發生脈動電壓；此種脈動電壓可由一刻畫為伏特秒的電流計的偏角  $\alpha$  顯示之。又利用如下的方法，毋須將該圓形導線旋轉  $90^\circ$ ，亦可獲得同樣的偏角  $\alpha$ ：即在開始時便使導線平面與磁場垂直，亦即將之置于與一線圈的軸垂直的位置，而後突然將電流輸入線圈中，使其內部突然發生一個磁

場，或將線圈的電流突然切斷，使其磁場突然消失。如屬第二種情形

，則電流計的指標必向另一側偏轉。我們于此可以看到一項事實，即當圓線由其與磁場平行的位置轉至與磁場垂直的位置，或當原電流接通時，感應而生的電子流，其方向較之原線圈的電流者總是恰好相反的。

[108] 脈動電壓與磁場之關係 脈動電壓與磁場強度間的關係可以下述實驗說明之：法使一長為40厘米，匝數為400的線圈  $S_1$ ，經過一電鍵 (a) 及一可變電阻 (b) 後而接于一蓄電池的兩極上。在該線圈中須先放入一根圓線，並使後者之平面與線圈軸垂直，然後將其兩端與一衝擊電流計聯接起來(第 161 圖)。設圓線平面的面積 (F) 為 12 平方厘米，又設利用可變電阻 (b) 將線圈電路中的電流調整為 2 安培，則線圈內部的磁場強度等于  $H = 20$  安培匝/厘米 ( $H = \frac{I \cdot n}{l}$ )。



當將線圈電路接通時，則圓線中便會由于感應作用而發生一電壓。設此時電流計中表示脈動電壓大小的偏角  $\alpha$  為 0.3 刻度 (註)。接着我們倘將磁場強度  $H$  予以改變，或以另一直徑較大的圓線及一直徑相等而匝數在二或以上的線圈  $S_2$  代替原來的圓線而重複此項實驗，則所得量度結果有如下各表所列：

第161圖 測定脈動電壓與磁場強度關係的實驗裝置。圓線平面與磁場垂直，此圓形導線可以匝數為二或以上的線圈代替之。

第 1 表

I (安培)	H (安培匝/厘米)	F (平方厘米)	n	$\alpha$ (伏特秒)
2	20	12	1	0.3
4	40	12	1	0.6
6	60	12	1	0.9
8	80	12	1	1.2

(註) 設 1 刻度 =  $10^{-6}$  伏特秒。

第 2 表

I (安培)	H (安培厘 / 厘米)	F (平方厘米)	n	$\alpha$ (伏特秒)
4	40	12	1	0.6
4	40	18	1	0.9
4	40	24	1	1.2
4	40	30	1	1.5

第 3 表

I (安培)	H (安培厘 / 厘米)	F (平方厘米)	n	$\alpha$ (伏特秒)
4	40	12	1	0.6
4	40	12	2	1.2
4	40	12	3	1.8
4	40	12	4	2.4

由第 1 表可知： $\alpha$  (即脈動電壓  $U \cdot \Delta t$ ) 乃與磁場強度  $H$  成正比；  
 由第 2 表可知：脈動電壓與圓形導線所限的平面  $F$  成正比；又由  
 第 3 表可知：脈動電壓與副線圈  $Sp_2$  的匝數  $n$  成正比。

總括言之，上述各關係可以寫成如下的形式：

$$U \Delta t \sim H \cdot n \cdot F$$

如以字母  $\mu_0$  代表其比例因子，則上述比例式即可改書為下述方程式：

$$1) U \Delta t = \mu_0 H \cdot n \cdot F$$

[109] 因子  $\mu_0$  的計算 比例因子  $\mu_0$  稱為“絕對導磁係數” (absolute permeabilität)。  $\mu_0$  之值可由任一量度結果計算之。茲以

第 1 表中第 4 次量度的結果爲例說明之。由于電流計的指標偏轉一個刻度，係與  $10^{-5}$  伏特秒的脈動電壓相當，故由方程式 1) 可得：

$$1.2 \times 10^{-5} = \mu_0 \times 80 \times 1 \times 12$$

即

$$\mu_0 = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{80 \times 12} \left[ \frac{\text{伏特秒}}{\text{安培匝} \cdot \text{厘米}} \right] = 1.25 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{伏特秒}}{\text{安培匝} \cdot \text{厘米}} \right]$$

比較精確的數值則爲  $1.257 \times 10^{-8} \left[ \frac{\text{伏特秒}}{\text{安培匝} \cdot \text{厘米}} \right]$  (註一)

[110] 磁通量與磁通密度  $\mu_0 \cdot H \cdot F$  (或  $\mu_0 \mathfrak{H} \cdot F$ ) (註二) 稱爲磁通量 (Kraftfluss)，這一名詞多多少少可把通過圓形導線平面  $F$  的全部磁力線表達出來 (第 162 圖)。我們以字母  $\Phi$  表示之，而以  $\Delta \Phi$  表示磁通量在一定時間內所起的變化。

$$\text{亦即：} \Phi = \mu_0 \mathfrak{H} \cdot F$$

兩邊除以  $F$  即得：

$$\frac{\Phi}{F} = \mu_0 \mathfrak{H}$$

上式左邊的商表示通過單位面積的磁通量，是謂磁通密度 (Kraftflussdichte)。它和磁場強度一樣，也是一種向量；我們以字母  $\mathfrak{H}$  表之，而以  $B$  表其大小。磁通密度與磁場強度間有如下的關係：

$$\mathfrak{H} = \mu_0 \mathfrak{H} \quad (\text{註三}) ; \text{ 或 } B = \mu \cdot H$$

此式只適用於真空中，至于介質中的公式，則留待後述。

磁通密度  $\mathfrak{H}$  的單位爲 1 伏特秒 / 平方厘米。在 C. G. S. 制中，其單位爲 1 高斯。

$$1 \text{ 高斯} \equiv 10^{-8} \text{ 伏特秒} / \text{平方厘米} \quad (\text{註四})$$

[111] 感應定律 由第 108 節所述的實驗可知：當  $H$  或  $F$  二量中之任一量改變時，恒能感應而生一電壓。



第 162 圖 通過一與磁場方向垂直的圓形導線平面的磁通量

(註一) 試比較  $\mu_0$  與第 100 節的  $\mu_0$  的數值，可知因子  $10^{-8}$  係視所選擇的單位爲定。

(註二) 當要表示磁場強度的向量特性時，使引用括號中的寫法。

(註三) 此二向量  $\mathfrak{H}$  及  $\mathfrak{H}$  的方向相同。

(註四) C. G. S. 制中的“高斯”與實用制中的伏特秒 / 平方厘米間的關係，在後文中將加以演導。

因此二者之任一改變時，均可使磁通量發生變化。第 108 節的方程式 1) 又可寫成如下的新形式，即：

$$\begin{aligned} & U_{\text{感應}} \cdot \Delta t = \Delta \phi \\ \text{或} \quad & U_{\text{感應}} = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \end{aligned}$$

在原則上我們須在上式的右方導入一個負號（其理由須待以後始能討論），因而獲得如下的方程式：

$$2) \quad U_{\text{感應}} = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

此方程式利用微分方式（註）說明了感應定律。以文字說明之，即為：感應電壓  $U_{\text{感應}}$  乃等于單位時間內的磁通量的變化，或簡單的說它等于磁通量的變化速度。

磁通量之增減越速，感應電壓亦越大；但脈動電壓則與時間無關（參看第 102 節）。又  $\Delta t$  越小，感應電壓越大；故在圓形導線的實驗中（第 107 節），導線轉動越迅速， $U_{\text{感應}}$  也越大。

**[112] 感應定律的說明** 根據第 110 節的規定，磁通量  $\phi = \mu_0 HF$ 。式中  $F$  表示“有效面積”，亦即指與磁力線垂直的面積而言，換言之，即指該圓形導線的截面（或副線圈者）所範圍的磁力線柱而言。所以我們只要使磁場  $H$  增或減  $\Delta H$  時，便可令  $\phi$  發生  $\Delta \phi$  的變化。此可使原線圈中的電流  $I$  發生  $\Delta I$  的變化，或如在第 108 節的實驗中所述，將原線圈的電路接入或拆除而達成之。在後一情況中， $\Delta H = H$ 。

因此，我們須將  $\Delta \phi = \mu_0 F \Delta H$  代入感應定律中，結果遂得如下的方程式：

$$3) \quad U_{\text{感應}} = - \mu_0 F \frac{\Delta H}{\Delta t}$$

又如在固定的  $\phi$  之下，只要將有效面積  $F$  的大小予以增減，亦可使磁通量發生變化。在第 160 圖所示的第一個實驗中，便是使圓形導線轉動（約  $90^\circ$ ）而達成改變有效面積的目的。而在第 105 節最初所述的實驗中，則係利用導線  $AB$  的運動以增減該導線所範圍的磁力

（註）因為  $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  在數學上是一種微分係數（ $\Delta \phi = \phi_2 - \phi_1, \Delta t = t_2 - t_1$ ），故稱為微分；正確的寫法應為： $U_{\text{感應}} = - \frac{d\phi}{dt}, - \frac{d\phi}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ 。

線數。此時應以  $\mu_0 H \Delta F$  代替公式(2)的  $\Delta \phi$ ，結果遂得如下的方程式：

$$3a) \quad U_{\text{感應}} = - \mu_0 H \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

[113] 例題：

例 1：設一矩形框線的兩邊各為  $a=4$  厘米及  $b=6$  厘米，磁場強度為  $H=80$  安培匝／厘米，試計算磁場垂直通過框面（第 163 圖 a）時之磁通量  $\phi$  的大小。

解：由公式  $\phi = \mu_0 \cdot H \cdot F$  可知  $\phi = 1.256 \times 10^{-6} \times 80 \times 24$  伏特秒  $\approx 2.4 \times 10^{-5}$  伏特秒。

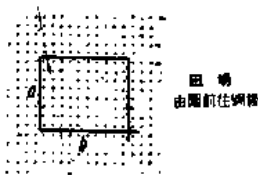
例 2：若將上題所述的框線由其垂直位置轉動一角  $\alpha = 30^\circ$ ，問此時的磁通量為若干？

解：因  $F = a \cdot b$ ， $F' = a' \cdot b$ ， $a' = a \cdot \cos \alpha$ （第 163 圖 b），故有效面積  $F'$  為  $F \cdot \cos \alpha$ 。就  $\alpha = 30^\circ$  而言，因  $\cos 30^\circ = 0.866$ ，故  $\phi_{30^\circ} \approx 2.08 \times 10^{-5}$  伏特秒。

例 3：設一矩形線圈有 40 匝，當  $H$  及  $F$  與例 1 相同時，問通過其中的磁通量為若干？

解：由  $\phi = \mu_0 H \cdot n \cdot F$  可知： $\phi = 2.4 \times 10^{-5} \times 40$  伏特秒  $\approx 10^{-3}$  伏特秒。

例 4：設在一長為 30 厘米、匝數等于 200 的圓筒形線圈（通過其中的電流為 12 安培）中，有一直徑為 6 厘米、匝數為 2,000 的圓筒形線圈。此二線圈同在一軸上。若在 1/25 秒內將原線圈的電流接通，問其感應電壓為若干？



第163圖a 通過一矩形導線的磁通量，導線所包圍的平面  $F$  與磁場垂直， $F = ab$ 。



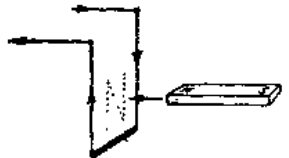
第163圖b 側面圖 通過同一矩形面的磁通量。此係其沿順時針方向轉動了角  $\alpha$  後的情形；因  $a' = a \cos \alpha$ ，故有效面積  $F' = a' \cdot b = F \cdot \cos \alpha$

解： $H = 12 \times 200 / 30$  [安培匝／厘米]  $= 80$  [安培匝／厘米]； $F = \pi r^2 = \pi \cdot 9$  平方厘米  $\approx 28.3$  平方厘米， $\Delta t = 1/25$  秒； $\Delta \phi = 1.256 \times 10^{-5}$



$\times 80 \times 2,000 \times 28.3$  伏特秒  $\approx 569 \times 10^{-4}$  伏特秒。故  $U_{\text{感應}} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \approx 569 \times 10^{-4} \times 25$  伏特 = 1.4 伏特。

[114] 楞次定律 設將一磁棒的北極移近一通電圓線的平面 (第 164 圖)，則根據 UVW 定則的規定，該導線中的自由運動電子必定會



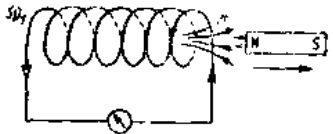
第 164 圖 圓線所範圍的平面和磁片一樣，當北極接近時，衝着北極的一側會具有磁北極的性質；當北極遠離時，則有磁南極的性質。無論磁棒為趨近或為遠離，其運動均會受到阻尼(楞次定律)。

作如此的偏轉，以使導線中的感應電子流順着時針方向朝前流去。根據第 90 節所述，此時該圓線所範圍的平面便像一塊磁片一樣，會照着右手定則(第 139 圖)由其中發出磁力線來。磁極與圓線間的相對運動結果，會使後者感應而生一如此的電壓，致使圓線和磁棒北極接近的一側具有磁北極的作用。于此，我們看出一項事實：即圓線利用感應電流所生的磁場會排拒磁棒的北極，換言之，即阻止磁鐵的接近。反之，若將磁棒的北極由圓線處引開，則根據 UVW 定則，感應電子流的方向和前述者恰好相反，圓線衝着北極的一側具有磁南極的性質，亦即能吸引磁鐵的北極，換言之，即圓線會利用其中所發生的磁場以阻尼北極的遠離。

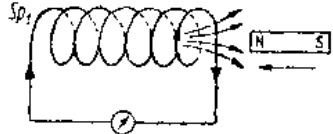
利用磁棒南極的趨近與離開，亦可看見相類的現象。又利用一個兩端與一電流計連接的線圈  $Sp_1$  來實驗時，即可使上述各種想法之正確性獲得證明 (第 165 圖 a 及 b)。

由感應而生的電子流，其方向恒欲使產生此項電流的運動受到阻尼 (請參看下表)。

這是楞次 (E. Lenz 1804-1865) 于 1834 年發現的定律，故稱為楞次定律。



第 165 圖 a 當北極離開時，線圈中發生一個方向與磁棒者相同的磁場。



第 165 圖 b 當北極趨近時，線圈中感應而出一方向與磁棒者相反的磁場。