



# 序

居今日而欲致國家於富強之林，登斯民於康樂之境，其道無他，要在教育、文化、經濟諸方面力求進步而已。自然科學之研究與發展，屬於文化領域之一環，同時亦為國防建設之主動力，其在教育設施方面，實佔有甚大之比重，久為識者所共喻。

巴西華僑徐君銘信，身繫異邦，心繫祖國，鑒於自然科學之發展與夫建國前途所關之鉅，嘗思盡一己之力，為邦人士格物致知之助。比年以來，其慨捐於國內學術機構者，固已為數不貲。前歲之冬，復搜購德國著名函授學校之數學、物理、化學、生物等優良課本約五百萬言寄臺，經東海大學吳校長德耀與溫院長步頭之介紹，欲以彙譯刊行，嘉惠學子之任，委諸元吉，自維學殖荒落，本不敢承，惟感於徐君所見者大，所志者遠，殊不宜過拂其意，爰勉受義務主編及統籌出版之命。嗣經先後約請江鴻（數學總執筆人）、宋澎、李煥榮、南登岐、孫廣年（物理學總執筆人）、張壽彭、陳喜棠、許巍文、黃友訓、傅貽椿、熊俊（生物學總執筆人）、廖可奇、劉泰岸、鍾恩寵、關德懋（以姓氏筆劃為序）諸君分任彙譯，復承臺灣新生報謝總社長然之、王社長嘯生及顏副總經理伯勤慨允由該社擔任印刷及發行工作，其事遂舉。顧以個人精力時間，均屬有限，一年以還，竭知盡能，時以能否符合信達雅之準則為慮，幸賴各方碩彥陳力就列，各自靖獻，得如預期出書，以餉讀者，實為元吉精神上莫大之收穫。今後倘蒙文教先進及讀者不吝匡翼，俾在吾國科學發展史上日呈緝熙光明之象，遂徐君之初願於萬一，並使其今後仍就此途徑邁進之志事，（徐君近復精選英文本初級科學百科全書，交由科學勵進中心\* 譯印。）永感吾道不孤，邪許同聲，則尤元吉一瓣心香，朝夕禱祝者也。茲值本書出版伊始，謹誌涯略，並向協助譯印諸君子敬致感謝之忱。

中華民國五十一年元月湯元吉序於臺北

\* 該中心為一不以營利為目的之財團法人，其宗旨在於促進科學教育、發展科學研究及介紹科學新知。現任董事為李熙謀、錢思亮、趙連芳、林致平、徐銘信、李先渠、戴運軌、鄧望厚、湯元吉等九人。

TYM/26/2/119

## 編輯要旨

- 一、本叢書包括數學、物理、化學、生物等四種。
- 二、本叢書物理、化學、生物等三種，均係採用德國魯斯汀(Rustin)函授學校之課本；數學一種，則係採用德國馬特休斯(Mathesius)函授學校之課本，分別邀請專家逐譯。
- 三、本叢書之供應對象，主要為中等以上學校之學生、自行進修人士及從事教授各該有關課業之教師，故其內容亦以適合上述各界人士之需要為主旨。
- 四、原書內於每一相當節段，均附有習題、複習題、試題及論文作業等，可使在學者增加反覆研討之機，自修者亦易得無師自通之樂。本叢書對於前三者均已予以保留，俾利讀者之研習。至於論文作業題目，本係該函授學校對於所屬學生之另一種教學措施，學生於作成論文後，校方尚需負修改之責，與本叢書旨趣未盡相同，故均於正文內予以省略，惟為存真起見，一俟本叢書出齊後，當彙印單行本，以供讀者參考。
- 五、本叢書因係依據原書格式譯輯而成，故未能於每一學科之首冊中編列總目，擬俟全書出齊後，另行編印專冊，以供讀者檢閱。
- 六、本叢書數學原文，每講約為六萬字，而其餘各書字數自二萬餘字至四萬餘字不等，且各講自成段落，不能分割，故為便利讀者及減輕讀者負擔，只能將其每二講或三講合印為一冊，字數遂在七萬餘字至九萬餘字之間。
- 七、本叢書所有各種科學名詞，一律採用國立編譯館輯譯，教育部審

定公布之名詞；但主編者認爲必要時，亦偶用其他譯名代替之，其爲上述公布名詞中所無者，則出於主編者或譯者之創擬。該項替代或創擬之名詞，是否妥善無疵，未敢自是，尙冀海內專家學者不吝賜教。

- 八·本叢書之逐譯工作係由多人執筆，行文屬辭，難免各具風格，主編者能力時間，均屬有限，故雖竭智盡慮，勉爲整理，亦僅能使其小異而大同，尙祈讀者諒之。
- 九·本叢書原文篇幅浩繁，約近五百萬字，出版須依一定進度，編者勢難將譯文與原文逐一核對，倘有未盡妥洽之處，亦請讀者隨時指教，俾於再版時更正，幸甚幸甚！

主編者謹識

## 序言及學習方法之說明

在近幾十年中，沒有一門自然科學，能像物理學那樣地顯示出這麼多的進步。從自然界的各種奇異變化中，物理學給我們指示出了許多新的規律，並且替我們大大地擴展了有關於各種自然現象間互相關聯的知識。這種結果，使物理學超越了自己的範圍，間接地充實了其他各門科學和工程技術的內容。在現代原子物理的影響之下，化學這門科學中的幾個基本概念，如元素及化合力本質之概念等，已非有一種根本改變不可；放射科研究之成功，使醫學上開闢了一個新天地；最後，我們今日之電氣和熱工技術，以及航空；電影與無線電等之驚人與迅速之進展，都應歸功於物理學家之辛勤建樹的研究工作。

我們現在的課題，是要使各位未曾或很少受過自然科學訓練的讀者，慢慢地步上這門自然科學的階梯。當各位踏上每一層更高的階梯時，我們就要將名種最重要的定律，介紹給各位；使各位對於與日常生活和國計民生有重要關係的各種技術應用，以及對於與物理學上的世界觀有基本關係的各種理論，獲得一般的認識。

我們所採取的表達方式，是着重於通俗而不枯燥，但却不違背嚴格的科學性，也不忽略各位所需準備之各部份課程的完整性。各位可以相信，我們是經常把各位能通過結業考試這個目的放在心上的！我們的這部函授講義，可以說是一部自修的書籍而不是教學的書籍。因此，我們對於大多數物理教科書所採用的那些刻板的傳統編排方式，並不加以欣賞。各位對於物理學所能得到的全貌，將於研讀這部函授講義時，從每一講至次一講，逐漸自動地加以完成。關於數學方面的應用，在我們這部講義裏，也儘量設法限制，這樣，才可以使不懂高深數學的讀者，也可以懂得我們所表達的意思。

在第一講中，我們將要廣泛地說明幾種簡單的關聯現象，使各位逐漸習慣於物理學上的思考。以後，我們即將逐步要求各位作更大的努力，並逐漸將更多的淺近數學，散佈於各章講義之中。最初，我們並不想責成各位，立刻習慣於有系統地吸收每一部份之全部內容，因

爲如果上進的坡度太陡，反而易於使各位初學者失去繼續學習的勇氣。一直要到較後幾章講義中，我們方始就各位進步的情形，在魯斯汀數學函授這一講中，加入數學方面的知識，但亦不超出簡單的代數運算範圍之外。如果各位讀者之中，要想知道如何以高等數學，來精確地說明各種物理學上的問題，那就要請各位參閱這部函授講義的最後一本小冊子，在這本小冊子的特殊幾章裏面，我們是就物理學上各部門的定律和課題，以微積分學的方法來處理的。

現在，在各位開始學習以前，我們要向各位說明一下學習的方法。各位要知道，各位正要從事學習的這門科學，其中心活動，乃是實驗與觀察。所有物理學上的知識，都是以實驗爲出發點。以一般情形而論，各位對於科學性的嚴格實驗，恐無自己實地去做的機會。至於自修講義，則必須依照規定之方法去學習。最先，請各位緩慢而仔細地閱讀“課程”這一部份的講義，這決不會使各位感到困難。我們也會利用豐富的圖表和照片，使各位不必化費額外的金錢，便可以在家中隨心所欲做些實驗，同時我們也將一再引起各位注意日常生活中所可看到的技術上的應用。

當各位讀過某一章講義的“課程”這一部份之後，我們就將急切地要求各位，將這一“課程”中的每一個小標題，抄寫在一張小條子上，然後按照每一個小標題的次序，將全部“課程”中的內容，高聲朗誦複習。請各位切勿低估我們這一建議的重要性。對於一種陌生的事物，各位一定需要在語言上仔細咀嚼，才會澈底明瞭其中的深義，而這種澈底的了解，是不可能默讀複習中獲得的。請各位切勿因這一點額外的工作而有畏縮的意念。相反地，各位應該儘量努力，以不落後於一般高級專門學校學生的程度爲目標。此等高級專門學校學生，每天都有機會互相討論，並且磨礪他們的習慣用語，使能適合於枯燥的自然科學的教材。

一直到各位能有自信，將某一章講義中之內容，以期誦法重複溫習以後——當然我們不致於會要求各位去背誦——各位才可以開始致力於“問答”這一部份講義的研讀。在這裏，我們將要與各位以問答方式討論教材，加以深入的研究與整理，好像是生動的課室表演一樣

。還有一個建議，請各位也能衷心地接受！當各位在講義中找到了一個自己認為是正確的答覆時，那就請各位先讀出這一個答案，因為這些問答，能激起各位思考的進展。

在這些準備工作做完之後，各位對於“**複習題**”這一部份，便能輕鬆地完成解答的工作。這些問題，與每一章的講授內容都有密切的關聯，雖不一定按照着內容先後的次序而排列，但因其將課程的內容，凝縮成許多重要的結果，故可使各位得到一個清晰的全貌。

在每一章的末尾，我們還選擇了一連串的“**習題**”以供各位解答物理問題時，作為促進正確思考及求得確實數字之參考。解答方法與結果，總是印在次一講開始的地方。

現在，請各位開始學習。

# 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。如在線圈中通入電流，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  $\mathfrak{H}$  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礙，後者乃隨溫度之昇高而加劇。
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  $128 \times 10^{-8}$ 。

### 第三編

## 磁場與電場間的交互作用

# 第十五章

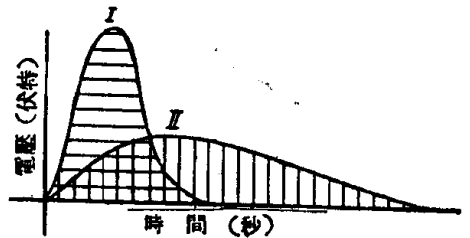
## 感應現象

### 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）。

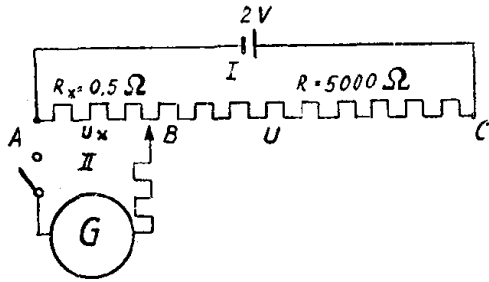
（註二）根據歐姆定律， $U \cdot t = I \cdot R \cdot t = R \cdot I \cdot t$ ，故脈動電壓與脈動電流互成正比。

接在 A 與 C 之間的是一個 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：

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

故 
$$U_x = \frac{0.5}{5,000} \cdot 2 \text{ 伏特}$$

$$= 2 \times 10^{-4} \text{ 伏特}$$



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。

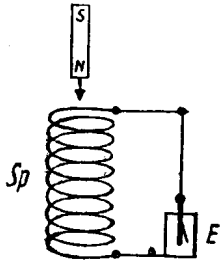
此時如將分路 II 接入，歷時 0.6 秒，則脈動電壓為  $U \cdot t = 1.2 \times 10^{-4}$  伏特秒。亦即電流計的脈動偏轉  $\alpha$  為  $1.2 \times 10^{-4}$  伏特秒 (Vs)。又設以較小的電阻  $R_x = 0.15$  歐姆代替  $R_x = 0.5$  歐姆，而重複上述實驗，則  $U_x$  之值變成  $\frac{0.15}{5,000} \cdot 2$  伏特 =  $0.6 \times 10^{-4}$  伏特。將分路 II 接入 2 秒鐘，則得  $U \cdot t = 0.6 \times 10^{-4} \times 2$  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** 試將一匝數甚大（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），然後使一強力磁棒移近線圈處，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。

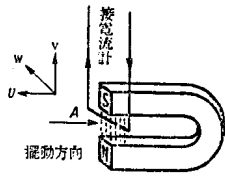
擊電流計連接起來（第158圖），然後使此導線段由一蹄形磁鐵的磁場外擺入磁場中，則該電流計便會發生一短暫的偏轉。當該導線循相反的方向擺動時（即由磁場中擺向磁場外），則其指標便會朝着另一側偏轉。由此實驗可知，擺動中的導線，其端點A與B間，亦和第104節的實驗所示者然，能在極短時間內發生一電壓，此電壓即為電流計中所示的脈動電流的成因。

[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，則存在于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

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：



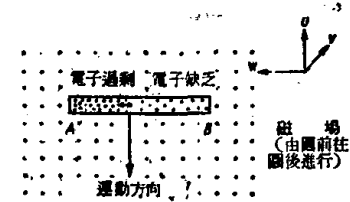
第158圖 當導線AB擺入蹄形磁鐵的磁場中時，則感應所生的電子流方向有如箭頭所示。



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。

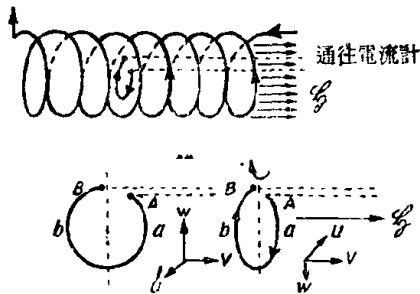
如果我們讓導線靜止不動，而使磁場靠近過去，則實驗證明其效果也是一樣的。因此，這種感應現象只與導體和磁場間的相對運動有關。

[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  $U-V$

$-W$  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



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

第160圖 利用圓形導線的感應實驗，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。

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