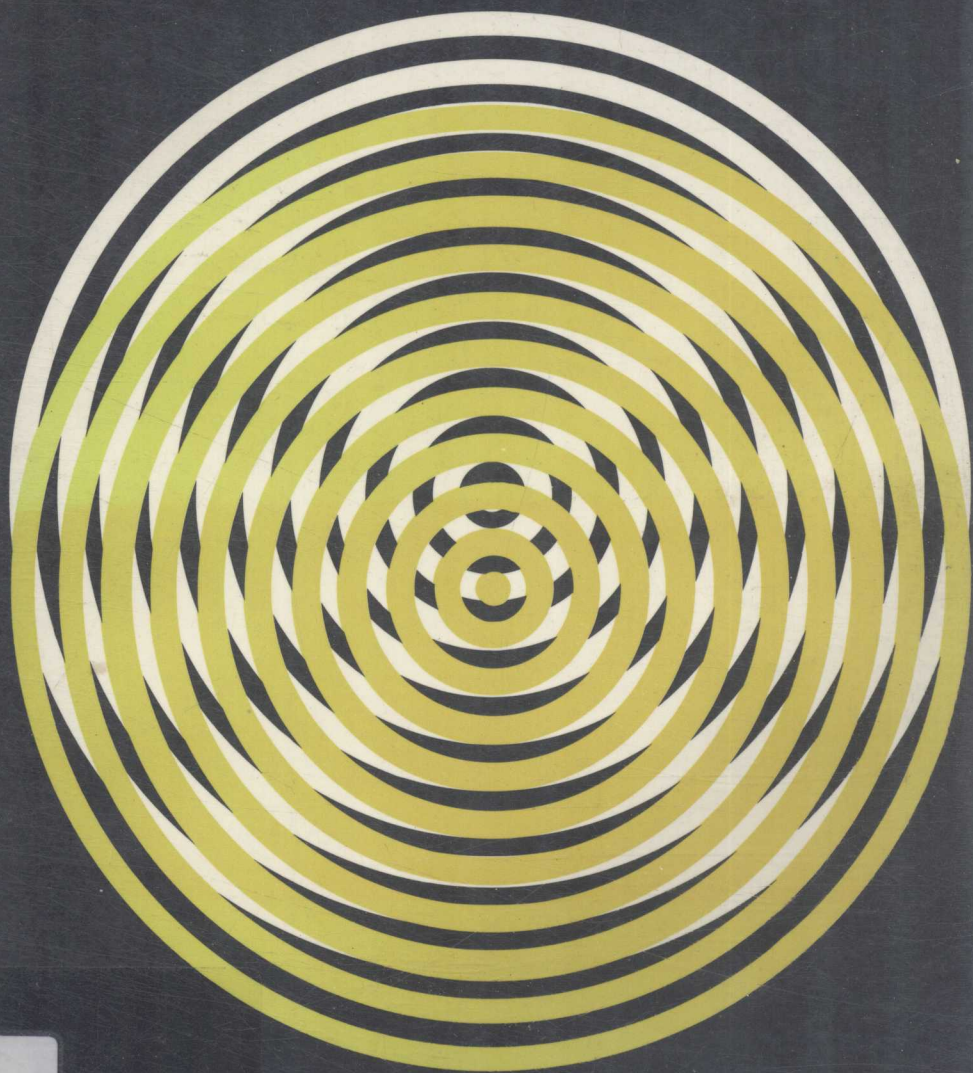


物理基礎觀念

第4冊

吳友仁編



東江圖書公司印行

G 633.7
883
4

S 016356

物理基礎觀念

第四冊

吳友仁編

國立師範大學物理系教授



東江圖書公司印行



S9000365



版權所有・翻印必究

中華民國七十五年九月初版

物理基礎觀念 (全四冊)

第四冊 新臺幣玖拾元整

(外埠酌加運費滙費)

編者	吳友仁
發行人	朱世衡
出版者	東江圖書股份有限公司

臺北市峨嵋街一〇五號
郵政劃撥：07280290

印刷者 合興印刷廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第三〇八六號
(75086)

編輯大意

- 一、本書旨在：(一)紓解修習高中物理學生所遭遇的困難。(二)供應教授物理的高中教師教學所需的資料。
- 二、本書編撰方式與體裁與教科書有別，未必適合作為教科書之代用品。但編者認為適當應用，對學習者與授課者均當有所助益。
- 三、初涉物理的學生，通常多存有不少先入為主、自以為是或“想當然耳”的錯誤觀念，乃致在學習過程中感受到百思不解、莫名所以的困惑；若指導不當，則易患囫圇吞棗、不求甚解的通病。最後，不得不以強記、背誦作為痛苦學習的方式。以故，本書在各個單元中，除對觀念之闡釋特求詳盡、明瞭之外，對容易發生誤解之處所，特以“舛誤辨正”方式指明必須澄清改進的錯誤想法，期以導正學習者之思考路線，使能順暢習研，無有扞格。
- 四、本書既非“題庫”，亦非“聯考必讀”，所列習題與例解，均特選其對教材了解有所幫助者，按序編列。教師可自行擷選，隨機講授，增進教學效果；學生可隨時演練，再與書中解答部分比對，藉以祛除畏難、倚賴、不知從何著手等的學習心態。
- 五、數學為處理物理問題不可缺少的工具，在“新課程實驗教材物理”第一冊（高二修習）中，即以積分學應用於力學某些部分，但在同時實施的“新課程數學”中，則至高三理科數學中方始列入，致使任課教師與學生有不能“學以致用”的煩惱。事實上，

ii 物理基礎觀念

微分與積分基本原理及運算法則均屬高二學生可以理解的範圍，教師自不妨選摘其中可以應用於物理之部分，作簡略介紹，指導學生作些簡單運算練習，然後應用於物理課程某些章節，常能收事半功倍之益。本書特於附錄中列作參考資料，以資教師選用。

六、書中有關平面三角、解析幾何中平面曲線等數式，學生或已於高一時修習，或在高二與物理平行修習，本書亦將其運算公式提要等一併列於附錄中，以便翻閱參考。

七、新課程標準中將近代物理部分，如相對論、量子力學、基本粒子等列入教材大綱。本書針對高中學生理解力所能達到之範圍作簡明淺顯之敘述與譬喻，使學生雖尙未能登其堂奧，却可略窺其理論概要，作為現代國民所應具有的科學常識。

八、新課程規定物理等科目每週授課時數為3小時（包括實驗），估計進度，恐難如期達成。若能令學生在課前先行預習，則教師在講授時，僅需提綱挈領，對其中較難了解之部分指導其思考方法，則課程進行自感通暢順適；進而督促複習演練，使能充足消化吸收。本書循此方向設計，文字力求淺顯，說理力求明白；學生自行閱讀，對學理觀念當可領悟其大略，復經指導、複習，必能融會貫通，舉一反三，油生興味。

九、本書編撰前，參閱國內歷年教科用書並參考英、美、日、港及新加坡等國外同類書籍十數種，在練習題中並擷選近年國內大專聯考試題。學生若認真演練，必有成就。

十、本書編撰過程中，承出版書局編輯部特聘助理編輯李宏珠小姐專責為本書蒐集資料，選演習題，整理並校繕稿件，特表謝忱。

十一、本書編校匆促，謬誤難免，至祈教學同仁隨時賜正，俾作修訂參考，至深感禱。

目 次

第十九章 穩定電流所建立的磁場	1
(一)教材大綱	1
19.1 磁性和磁場	1
19.2 載流直導線所建立的磁場	3
19.3 磁力線	4
19.4 磁感應強度 $\vec{B}$ 的方向	6
19.5 載流直導線在磁場中所受的磁力—— B 的定義	7
19.6 載流直導線附近一點、圓形及螺旋管形導線中心的磁感應強度	11
19.7 兩平行載流直導線間互相作用之磁力	12
19.8 迴線圈在均勻磁場中所受之力矩	13
19.9 安培計、伏特計和直流電動機構造原理	15
19.10 在磁場中運動的帶電質點所受之力	17
19.11 帶電質點在均勻磁場中運動的軌跡	21
19.12 帶電質點在均勻電場中的運動	23
19.13 電子的荷質比	26
19.14 利用磁場測定帶電質點的質量——質譜儀	27
(二)觀念闡釋	29
(I) 庫侖定律中的常數 k 和比歐-沙伐定律中的常數 K	29
(II) 應用安培右手定則於判定圓形導線與螺旋管形導線中的磁場	

iv 物理基礎觀念 (四)

方向.....	30
(III) 建立磁場者與在磁場中受力者的右手定則.....	32
(IV) 以磁力線說明受力原因.....	32
(V) 帶電質點建立的場與在電場和磁場中所受之力.....	33
(VI) 帶電質點在電場中和在磁場中運動的方向.....	34
(VII) 速度選擇器.....	34
(VIII) 比歐-沙伐定律	35
(IX) 圓形導線圈的磁極.....	37
(三) 舛誤辨正.....	38
練習題(六).....	41
練習題(六)解答.....	53
第二十章 電磁感應與電磁波	75
(一) 教材大綱.....	75
20.1 感應電動勢與感應電流.....	75
20.2 磁通量和磁通量的變化.....	78
20.3 感應電動勢.....	84
20.4 冷次定律.....	85
20.5 發電機原理.....	87
20.6 變壓器.....	89
20.7 電感.....	91
20.8 電感-電容電路與電振盪	94
20.9 電磁波.....	96
(二) 觀念闡釋.....	97
(I) 穩定電流和變化電流.....	97
(II) 電感器所儲的磁能.....	98
(III) 磁通量和磁通密度.....	99
(IV) 磁通量變化的數種方式.....	100
(V) 磁通量改變和感應電場.....	102
(VI) 電通量和感應磁場.....	105
(VII) 磁場運動所生的感應電場.....	108

(Ⅶ) 電磁波的發射·····	112
(Ⅷ) 介電係數、磁導率與光速·····	115
(≡) 舛誤辨正·····	115
練習題(≡)····· 120	練習題(≡)解答····· 127
第二十一章 量子論和狹義相對論概念 ·····	141
(一) 教材大綱·····	141
21.1 物理學的發展與近代物理的基本發現·····	141
21.2 相對論發展的背景·····	142
21.3 伽立略坐標變換·····	143
21.4 以太之謎與邁克生-毛之實驗·····	145
21.5 洛仁子變換式·····	148
21.6 愛因斯坦相對論的兩個基本假設·····	150
21.7 時間的膨脹····· 153	21.8 長度的收縮····· 154
21.9 速度的變換式·····	157
21.10 相對論力學和牛頓力學·····	158
(二) 觀念闡釋·····	160
(I) 發射子彈和發出波動的不同之點·····	160
(II) 時間膨脹、長度收縮與洛仁子變換·····	160
(III) 同一慣性坐標系上時間的校正·····	161
(IV) 鐘的比對、洛仁子變換與時間膨脹·····	163
(V) 運動中的時鐘變慢、長度變短·····	165
(VI) 傳統的時空觀念和相對論的時空觀念·····	165
(≡) 舛誤辨正·····	166
練習題(≡)····· 172	練習題(≡)解答····· 174
第二十二章 量子論和光電效應 ·····	183

(一) 教材大綱	183
22.1 量子論的起源	183
22.2 熱離子管和電子	184
22.3 電量的天然單位——密立坎油滴實驗	186
22.4 光的波動說所遭遇的困難	189
22.5 光的顆粒特性	192
22.6 光電效應	193
22.7 愛因斯坦的量子論	195
22.8 光子的動量	199
22.9 光子所具能量與光的波長的關係	201
22.10 康卜吞效應	201
22.11 X-射線	205
22.12 放射性	207
22.13 同位素	209
(二) 觀念闡釋	210
(I) 黑體輻射與量子現象	210
(II) 汾因位移定律	211
(III) 光子和電磁波	212
(IV) 康卜吞效應的提示	214
(V) 放射現象	214
(VI) 雲霧室	215
(VII) 中子之發現	216
(三) 舛誤辨正	218
練習題(四)	220
練習題(四)解答	225
第二十三章 原子的結構	237
(一) 教材大綱	237
23.1 拉塞福原子模型	237
23.2 α -質點在原子核所建立的電場中的運動	241
23.3 拉塞福原子模型所遭遇的困難	244
23.4 光譜	246
23.5 原子的能階	248
23.6 原子的受激與光子的放射	252
23.7 吸收光譜和原子內能	257

23.8 氫的能階.....	260	23.9 波耳原子模型.....	263
23.10 電子自旋.....	266		
(一) 觀念闡釋.....	267		
(I) 蓋革計數器.....	267		
(II) 光子撞擊與電子撞擊原子之異同.....	268		
(III) 質量和能量的互變.....	268		
(IV) 不相容原理和元素週期表.....	269		
(V) 分子和原子.....	270		
(VI) 波耳氫原子模型與原子直徑的估算.....	272		
(VII) 空間量子化.....	272		
練習題(國).....	273	練習題(國)解答.....	278
第二十四章 量子力學	295		
(一) 教材大綱.....	295		
24.1 量子力學與波耳原子模型.....	295		
24.2 質點的波動性——物質波.....	296		
24.3 電子的干涉實驗... 297		24.4 物質波的駐波.....	300
(二) 觀念闡釋.....	302		
(I) 到底是質點還是波動.....	302		
(II) 機率和量子力學.....	304		
(III) 原子結構的量子力學模型.....	306		
練習題(國).....	311	練習題(國)解答.....	313
第二十五章 基本粒子	319		
(一)教材大綱.....	319		
25.1 原子核的結構.....	319	25.2 微中子.....	320
25.3 介子.....	320	25.4 反粒子和粒子自旋...	322

viii 物理基礎觀念(四)

25.5	基本粒子間的交互作用和基本粒子的分類.....	323
25.6	最“基本”的粒子——虧子和輕子.....	325
25.7	基本粒子發現時間表.....	326
25.8	結論.....	326
(一)	觀念闡釋.....	327
(I)	怎樣才算是“基本”粒子.....	327
(II)	質點加速器.....	327
(III)	宇宙射線與氣泡室.....	330
(IV)	正子.....	332
(V)	反粒子、反質子.....	332
(VI)	輕子.....	333
(VII)	粒子自旋角動量.....	333
(VIII)	有關原子核和核子的一些資料.....	334
(IX)	原子核的束縛能、分裂和熔合.....	335
(X)	有關核力的一些資料.....	336
練習題(一)		337
練習題(二)解答		338
附錄四		A-35
附錄五		A-37

第十九章

穩定電流所建立的磁場

(一) 教 材 大 綱

19.1 磁性和磁場

遠在紀元前許多世紀，人們就發現有些鐵礦石具有吸引小鐵塊的性質。鐵、鈷、錳等金屬以及這些金屬的合金都會被這種礦石所吸引。這種性質和重力無關，也不是所有物質都具有這種性質。即使在具有這種特性的鐵礦石上也只集中在某幾個部位。而且這也和電性作用無關，因為這些礦石不像帶電物體那樣會吸引一切物體，我們把這種特異的性質稱為“磁性”。在具有磁性的物體上，呈現磁性特別強烈的部位稱為磁極。一個具有磁性的物體稱為磁體。用人工方法將一個原來不具磁性的物體變成磁體的程序稱為磁化。

地球本身可以看作是一個大磁體。如果我們在地球表面任一地點，把一根已經磁化的磁棒，用繩子縛住它的重心而懸吊，則當棒靜止時，其方向必順著南北的方向（有時兼有上下傾斜）。這表示地球對已經磁化了的棒有一種力的作用；而未被磁化的棒，則沒有這種現象。我國在黃帝時代（公元前二千六、七百年）就已經發現了這種現象並加以應用。但以地球磁性來說明這種現象則是公元1600年由吉伯（William Gilbert）首先提出的。

2 物理基礎觀念 (四)

磁棒指向北方的一極稱為北極，指向南方的一極稱為南極，可分別以 N 、 S 表之。一個磁體的兩極和另一磁體的兩極具有同名極相斥，異名極相引的力，這種力稱為“磁力”。

磁鐵最奇異的特性之一是：假如將一磁鐵截斷，則每段均可單獨成一磁鐵（圖19-1），如此切割幾無限度可言。經近代物理學家深入的研究，認為電子、質子、中子等本身仍可視為一磁鐵（見第二十五章）。

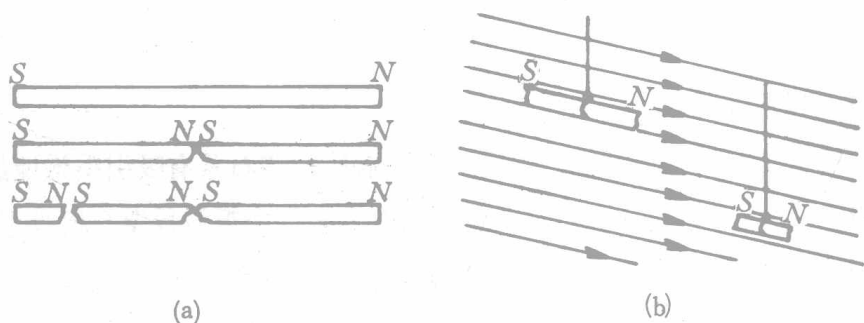


圖 19-1 (a)一磁鐵切斷後，每一段磁鐵兩端均具有一對異號之磁極。
(b)任何一段在一磁場內，必將轉至和磁場同向。

在研究電的作用時，我們曾規定用電量或電荷來形容帶電物體呈現電性的程度；在磁的研究裏是不是也必定要規定所謂“磁量”或“磁極強度”來形容一個磁體含“磁”的多寡呢？事實上，物理學者的確曾經採用過這種方法，但在他們了解磁的本質以後，發現這並不是很必要的。原來，電性作用和磁性作用只是一個事實的兩個表徵也就是說，磁性只是電荷在運動狀態時的一種現象。電和磁必須在一個更為廣義的情況——電磁作用——下一起討論，纔更有意義。

我們觀察到磁體間的互相作用，我們不妨仿效前面研討重力和電力一樣的方式：磁體在它周圍的空間建立了“磁場”。

仿照電場強度定義式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ，我們也可以定義式 $\vec{B} = \frac{\vec{F}}{m}$

來描述“磁場”的強弱程度。但式中 B 稱為“磁感應強度”〔註1〕， m 為“磁極強度”或“磁量”。同樣，兩個理想中的“單獨磁極”〔註2〕間彼此作用的力也可以以“庫侖磁力定律” $F \propto \frac{Mm}{r^2}$ 來表示磁極間的力與距離及“磁量”的關係。當然也可以構想類似電力線那樣的“磁力線”來描述空間磁場分佈的概況。……但是晚近這些有關磁性的物理量在“量化”（訂定單位和量與量間的關係）時都必須由與電流有關的觀點或電荷運動的速度等來確定，所以在本節中暫且不作進一步的探討。

19.2 載流直導線所建立的磁場

丹麥物理學家厄司特 (Oersted) 在十九世紀初葉發現通有電流的導體，其周圍有磁場存在。將一條長直導線和電池及一電鑰聯結，如圖19-2所示，在導線下放置一磁針，調整導線方向使與磁針平行（南北向），然後按下電鑰，使電流通，即見磁針立即偏轉，直至其方向幾與原方向垂直為止。由此可知導線中有電流通時，導線周圍即有磁場存在。

在厄司特完成其實驗之前，電與磁始終被認為是毫無關聯的兩樁事體。因此，此一實驗對於電磁理論之建立實具有革命性之影響。

〔註1〕就發展的先後而言，磁學遠較電學為早。當時已有“磁場強度”一詞，代表“單位磁極”在磁場中一點所受之力。直至比歐與沙伐提出電流與所建立的磁場的量的關係（見 §19.2）後，對磁場強弱之描述另有規定，但此時只好用“磁感應 (magnetic induction) 強度”一詞來表示。但有些書籍仍沿用前名，本書則引用後者，讀者希勿混淆。

〔註2〕此處所謂單獨磁極，並非孤立的單極，而是細長之磁棒之一極。孤立的單極磁鐵，在實驗上至今尚未研製成功。

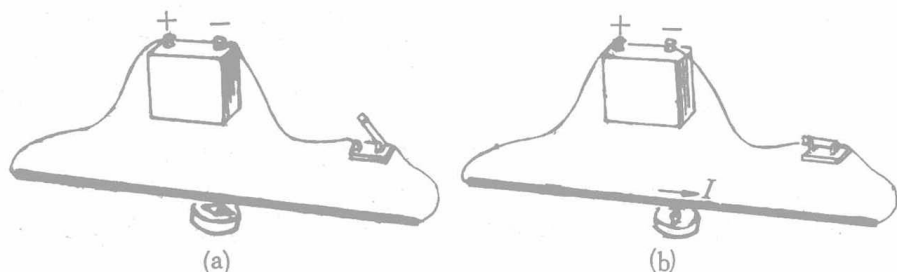


圖 19-2 (a)將一導線置於一磁針上方，並和磁針平行。此時電鑰開斷，導線中並無電流通過。(b)電鑰按下，導線中有電流通過時，磁針立即偏轉，所指方向和導線幾成垂直。

法國物理學家比歐 (Biot) 與沙伐 (Savart) 於1820年宣佈他們研究電流所生磁場的量的關係。當一條長直導線有電流通過時，此導線在空間一點所建立的磁場的強弱與導線中電流之大小成正比，而與此點和導線間的距離成爲反比 (詳見觀念闡釋 (Ⅶ))。若以 B 表磁場強弱程度，定名爲“磁感應強度”，則可記爲

$$B \propto \frac{I}{r}$$

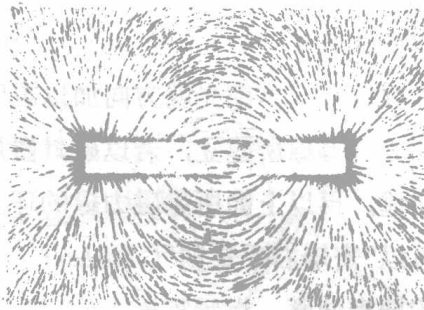
至於磁感應強度的定義則於 §19.5 中述及。

19.3 磁力線

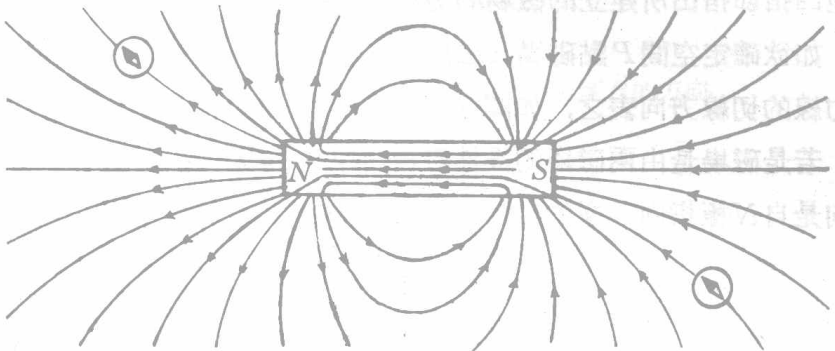
與電場之情況相似，磁場之情況可以磁力線 (亦稱磁感應線) 指出其概況。假如在磁場中某點放置一個小磁針，則磁針南極至北極的方向便表示該點磁場的方向。順着磁針方向移動磁針至各個不同的點，循序描畫各點磁場的方向，便成磁力線 (圖19-3)。

靜止之電荷建立電場，其電力線之起點 (正電荷) 與終點 (負電荷) 在產生此電場的電荷上^[註]；運動之電荷 (電流) 建立磁場，其

[註] 電力線在某些情況下亦可成爲封閉曲線，見第二十章觀念闡釋 (Ⅵ)。



(a) 鐵屑在條形磁鐵的磁場中排列的形狀。



(b) 用小磁針逐一描繪磁力線。爲了理論上之需要，雖然在磁鐵內部無法描繪，仍認定磁鐵內部有磁力線。

圖 19-3 磁力線

磁力線既無“起點”又無“終點”，成爲封閉曲線圍繞於導線之周圍。至於磁鐵所生之磁力線似乎起止於磁鐵之端點，這是因爲我們無法將小磁針塞入磁鐵內部而描繪其磁力線。理論上，磁力線仍貫穿磁鐵內部，成爲封閉曲線。

描繪磁力線的目的既然意在顯示磁場的概況，所以用磁力線來描繪磁場的原則仍是以：(一)磁力線的疏密表磁場的強弱；(二)磁力線上某點的切線方向，表示該點磁場的方向。這和以電力線表達電場在方式上是一致的。

此外，磁力線亦具有收縮性和旁壓性，與電力線類同。

19.4 磁感應強度 $\vec{B}$ 的方向

磁感應強度是一種向量，本節先就方向加以說明。在 §19.2 中所述磁場係由通電流的長直導線所建立，若以磁針置於附近，立即受其影響，如 §19.2 節所述，再以上節所述磁力線的理論，即可訂定磁場的方向。爲簡便計可以“安培右手定則”(Ampere's right-hand rule)來表示它：將右手的拇指伸直，指示電流方向，則彎曲而握住導線的其他四指即指出所建立的磁場的方向，如圖19-4。

如欲確定空間 P 點磁場（磁感應強度）的方向，可以經過 P 點的磁力線的切線方向表之，如圖19-5所示。

若是磁場是由兩磁鐵的異性磁極所建立，則在兩極中間的磁場的方向是自 N 極指向 S 極的方向，如圖19-6。

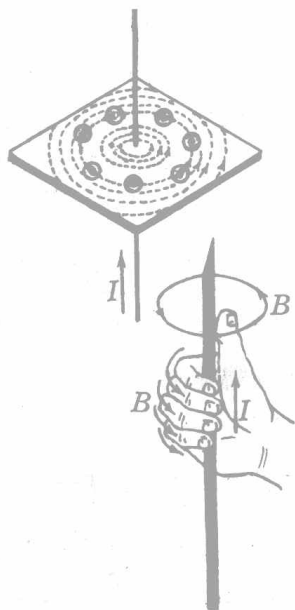


圖 19-4 安培右手定則，將拇指張開指電流方向，則其他四指握線表圍繞導線的磁場方向。