

遵照香港教育司署中學課程綱要編撰

# 新編 中學物理學

第五冊

原著者：伍效威 張炳榮

改編者：張炳榮 李湛生

宏豐圖書公司



遵照香港教育司署中學課程綱要編撰

# 新編 中學物理學

第五冊

原著者：伍效威 張炳榮

改編者：張炳榮 李湛生



宏豐圖書公司

**新編中學物理學**  
**第五冊**

一九七三年六月版

10 785-243 13

**原著者：**伍效威 張炳榮   **改編者：**張炳榮 李湛生

宏豐圖書公司出版  
香港七姊妹道十八號地下  
電話：5-632397

世界書局總經售  
香港德輔道中一四四號  
電話：5-454151

九龍亞皆老街一〇五號  
電話：3-941025

宇宙印務有限公司印刷

**\* 版權所有 \* 翻印必究 \***

# 序 言

本書編撰之目的，在供香港中文中學各級學生作教科書之用。由於香港教育司署最新頒佈之1974年中學會考物理課程範圍，除增訂若干項如用水波槽 (ripple tank) 引述波之反射，折射及干涉等性質，電磁波及電磁波譜，原子結構，陰極射線及原子核之放射現象等新課程外，並定於1974年會考開始採用國際單位制。表面觀之，全部課程似更動不大，但因所採之單位制不同，本書之計算問題，便須隨之而要有大幅度之改變，尤以熱學部份為甚。此為本書改編之主因。

本書係按下列各原則修訂：

(1) 全書採用之單位以國際單位為主；「厘米、克、秒制」為輔。所採之單位縮寫符號，亦以國際間普遍採用及教育司署頒佈者為標準。

(2) 練習題適量分插於每一小節之後，以避免於一長章節後，累積習題太多，學生應付不易。其最近數年中英文中學會考及倫敦大學初級考試試題，則分類附於每一基本單元（如熱、力、聲、光、磁、電等）之末，以供參考，或作總複習之用。

(3) 每一小節之末，適量編入「討論問題」數則，以供堂上研討之用。討論問題之選材，注重矯正學生易犯之錯誤及引導學生對基本概念作深切了解。

(4) 利用圖線輔助解題；常用之圖解題式，亦儘量引入。

(5) 實驗方法之敘述，儘量加插實驗進行時之照片，使學生實驗時，減少疑難。

(6) 多項選擇題 (Multiple choice) 已為近代考試普遍採用。本書按香港會考及英美大學入學試試題慣用之題式，於每一單元之末，編入此類習題數十則，以供練習。取材以測驗學生之基本概念為主。

本書之改編蒙原著者伍效威博士審閱全稿；張棧攀博士詳加校訂及貢獻寶貴之意見良多，謹此致謝。

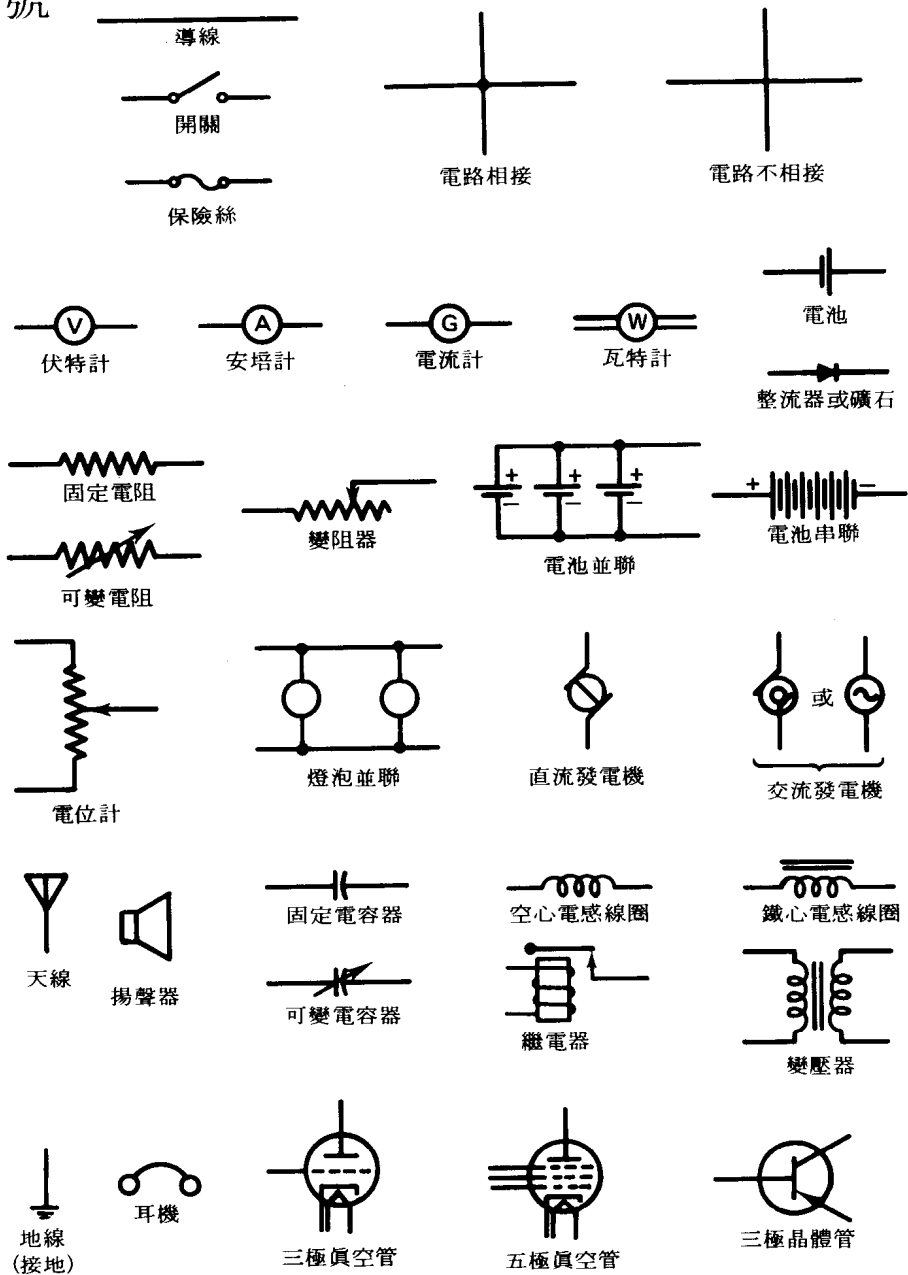
編者

1973年6月

# 常用單位縮寫表

千米 ( <i>kilometre</i> )	<i>km</i>	長度的單位
米 ( <i>metre</i> )	<i>m</i>	長度的單位
厘米 ( <i>centimetre</i> )	<i>cm</i>	長度的單位
毫米 ( <i>millimetre</i> )	<i>mm</i>	長度的單位
千克 ( <i>kilogramme</i> )	<i>kg</i>	質量的單位
克 ( <i>gramme</i> )	<i>g</i>	質量的單位
仟克重 (即仟克力, <i>kilogramme force</i> )	<i>kgf</i>	力的單位
克重 (即克力, <i>gramme force</i> )	<i>gf</i>	力的單位
牛頓 ( <i>newton</i> )	<i>N</i>	力的單位
達因 ( <i>dyne</i> )	<i>Dyn</i>	力的單位
秒 ( <i>second</i> )	<i>s</i>	時間的單位
焦耳 ( <i>joule</i> )	<i>J</i>	功和能量的單位
爾格 ( <i>erg</i> )	<i>erg</i>	功和能量的單位
瓦特 ( <i>watt</i> )	<i>W</i>	功率的單位
仟瓦 ( <i>kilowatt</i> )	<i>kW</i>	功率的單位
仟瓦小時 ( <i>kilowatt hour</i> )	<i>kWh</i>	功和能量的單位
厘米水銀柱高 ( <i>centimetre of mercury</i> )	<i>cmHg</i>	壓力的單位
毫米水銀柱高 ( <i>millimetre of mercury</i> )	<i>mmHg</i>	壓力的單位
攝氏度數 ( <i>degree Celsius</i> )	$^{\circ}\text{C}$	溫度的單位
凱氏度數 ( <i>degree Kelvin</i> )	$^{\circ}\text{K}$	溫度的單位
赫茲 ( <i>hertz</i> )	<i>Hz</i>	頻率的單位
庫倫 ( <i>coulomb</i> )	<i>C</i>	電量的單位
安培 ( <i>ampere</i> )	<i>A</i>	電流的單位
伏特 ( <i>volt</i> )	<i>V</i>	電壓的單位
歐姆 ( <i>ohm</i> )	$\Omega$	電阻的單位
仟歐姆 ( <i>kilohm</i> )	<i>k<math>\Omega</math></i>	電阻的單位

# 常用電學符號



# 目 錄

## 序言

## 常用單位縮寫表

## 常用電學符號

### 55 磁力磁場及地磁

55-1 磁的一般性質	1
55-2 磁感應	3
55-3 磁化法	3
55-4 磁分子說和去磁法	4
55-5 庫倫磁力定律	7
55-6 磁場和磁場強度	11
55-7 磁力綫和磁通量	12
55-8 磁矩	15
55-9 條形磁鐵的磁場強度	16
55-10 地磁	21
55-11 地磁三要素	21
55-12 中和點	24
習題 55	27
本章摘要	28

### 56 靜電

56-1 電荷	31
56-2 導體和絕緣體	32
56-3 庫倫靜電定律	33
56-4 電場和電場強度	35
56-5 電力綫	37
56-6 電位	38
56-7 電場與電位	42
56-8 感應起電	46
56-9 金箔驗電器	47
56-10 法拉第冰桶實驗	50
56-11 導體表面上電荷的分佈	51
56-12 尖端作用	52
56-13 同位面	54
56-14 起電盤	55
56-15 電容簡釋	56
56-16 來頓瓶	58

習題 56 .....	59
本章摘要 .....	60
<b>57 電流和電池</b>	
57-1 電流 .....	63
57-2 簡單伏特電池 .....	63
57-3 丹聶耳電池 .....	66
57-4 勒克蘭社電池 .....	67
57-5 乾電池 .....	68
57-6 蓄電池 .....	68
57-7 電池的組合 .....	72
習題 57 .....	74
本章摘要 .....	75
<b>58 電流的磁效應</b>	
58-1 電流的磁效應 .....	77
58-2 電磁鐵及電流磁化 .....	80
58-3 電鈴 .....	80
習題 58 .....	81
本章摘要 .....	82
<b>59 電動學</b>	
59-1 磁場對於通電導綫的作用 .....	83
59-2 磁鐵對於通電綫圈的作用 .....	85
59-3 圈轉式電流計 .....	85
59-4 安培計 .....	87
59-5 伏特計 .....	88
59-6 動鐵式電流計 .....	89
59-7 電動機 .....	90
習題 59 .....	92
本章摘要 .....	93
<b>60 電路和電阻</b>	
60-1 金屬的導電性 .....	95
60-2 歐姆定律 .....	95
60-3 電源的電動勢和路端電壓 .....	98
60-4 電阻的聯結法 .....	99
60-5 克希荷夫法則 .....	105



60-6 電阻係數	106
60-7 電阻與溫度	108
60-8 用安培計及伏特計測定導體的電阻	110
60-9 電流計改裝為安培計或伏特計的計算	110
60-10 惠斯登電橋	112
60-11 電位計	115
習題 60	116
本章摘要	118
<b>61 電流的化學效應</b>	
61-1 液體的導電	121
61-2 法拉第電解第一定律	121
61-3 銀電量計與庫倫、安培的關係	123
61-4 銅電化當量的測定	124
61-5 法拉第電解第二定律	126
61-6 法拉第數和亞佛加德羅常數	128
61-7 電鍍	129
習題 61	130
本章摘要	131
<b>62 電流的熱效應</b>	
62-1 電流的熱效應	133
62-2 電能與熱量——焦耳定律	133
62-3 電流熱效應的應用	137
62-4 電功率及電費的計算	138
62-5 電量熱學	141
習題 62	144
本章摘要	145
<b>63 電磁感應</b>	
63-1 電磁感應	147
63-2 楞次定律	148
63-3 導體在磁場內運動	148
63-4 簡單交流發電機的原理	153
63-5 變壓器	154
63-6 電話	157
63-7 感應圈	158
63-8 熱電子發射和二極管	159

63-9 整流	161
習題 63	162
本章摘要	163
<b>64 電子和陰極射線</b>	
64-1 氣體中的電流	165
64-2 稀薄氣體中的放電現象	166
64-3 陰極射線的性質	168
64-4 倫琴射線	171
64-5 陰極射線示波管	172
本章摘要	173
<b>65 原子的結構</b>	
65-1 原子模型和盧瑟福的 $\alpha$ 粒子散射實驗	175
65-2 量子與普朗克量子假設的簡釋	176
65-3 玻爾原子模型	177
65-4 原子核的質量數和電荷數	178
65-5 同位素	179
本章摘要	180
<b>66 天然放射現象</b>	
66-1 放射性物質的發現	183
66-2 放射性物質的性質	183
66-3 放射綫及其性質	184
66-4 放射性的探測方法和探測器	185
66-5 放射性元素的衰變	189
66-6 放射綫對人體的損害及安全措施	192
本章摘要	192
<b>磁、電及原子物理學總複習題</b>	194
<b>附錄</b>	
1. 拉普蘭安培公式	226
2. 電學中 <i>c.g.s.</i> 制與 <i>M.K.S.</i> 制單位及公式對照表	227
3. 載電流的長直導線在磁場內所受的力	231
4. 平行導體間的力及安培的定義	231
5. 長直導線及圓形線圈的磁場	232
6. 正切電流計	235
7. 公式提要	237
8. 常用電工學計算單位	244
<b>習題答案</b>	245

**55-1 磁的一般性質** 我國在兩千多年以前，就發現一種存在於自然界中的灰黑色的礦石，具有吸引鐵製物體的性質。此種礦石，稱為磁鐵礦 (*magnetite*)；其分子式為  $Fe_3O_4$ 。磁鐵礦亦稱為天然磁體 (*natural magnet*)。

磁體亦有利用鋼和其他合金以人工方法製成的，是為人造磁體 (*artificial magnet*)。為便於應用起見，人造磁體通常有製成棒狀的，稱為磁鐵棒 (*bar magnet*，如圖 55-1)；有製成馬蹄形的，稱為蹄形磁鐵 (*horse-shoe magnet*，如圖 55-2)；有製成針狀的，稱為磁針 (*magnetic needle*，如圖 55-3)。



圖 55-1

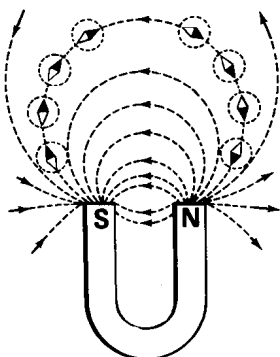


圖 55-2

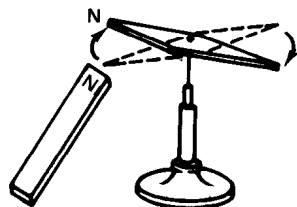


圖 55-3

由簡單的實驗知道，磁體並不是能吸引所有物質的。如鐵屑等能被磁體吸引之物質稱為磁質 (*magnetic substance*)；如銅、鉛等不受磁體吸引的物質稱為非磁質 (*non-magnetic substance*)。在同一個磁體中，各點所表現出吸引磁質的能力是不同的。以磁鐵棒為例，兩端磁性最強，稱為磁極 (*magnetic pole*)。連結兩極的直線稱為磁軸線 (*magnetic axis*)。

一個能夠自由轉動的磁體，靜止時，必定一極向南，一極向北。如圖 55-4 指北的磁極稱為北極 (*north pole*)，以 *N* 表之，向南的磁極稱為南極 (*south pole*)，以 *S* 表之。兩極之間的作用關係由簡易實驗知道，南極與南極，北極與北極都是互相推斥，但南極與北極則互相吸引。故同性極互相推斥，異性極互相吸引。

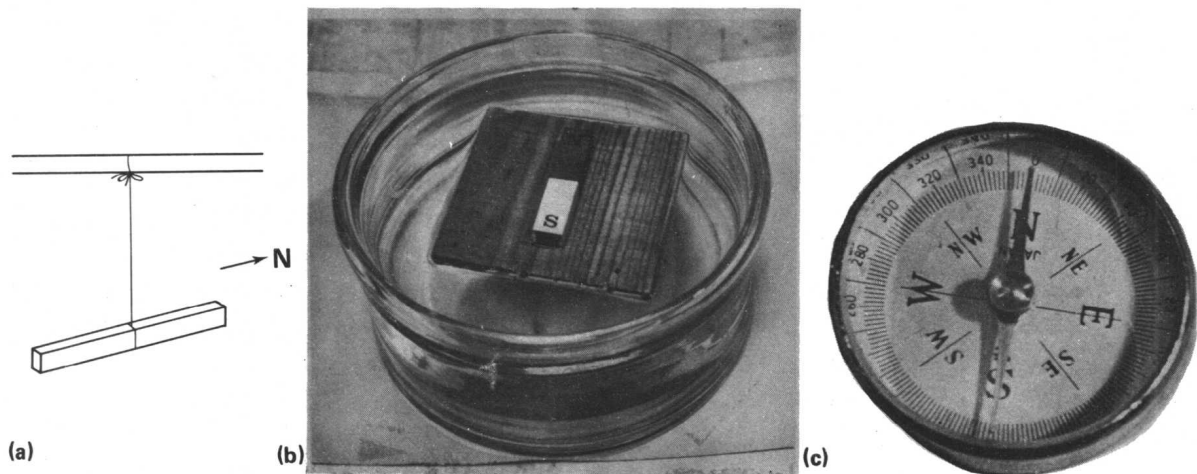


圖 55-4

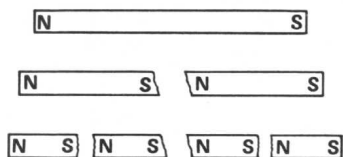


圖 55-5

從實驗知道，如果把一個永久磁體折成兩段，即發見折斷處仍然一現  $N$  極，一現  $S$  極，兩段各成爲一完全之磁鐵，如是繼續截斷，這種情形總是繼續存在(如圖 55-5)。故凡磁體總是兩極同時存在，在自然界中沒有獨立存在的南極或北極。

[ 討論問題 ]

1. 試述磁質和非磁質的區別。
2. 試述磁的一般的性質。
3. 如果只有一根鋼針，你用什麼方法可以辨別它是否具有磁性？
4. 把鋼條的一端移近磁針的一極，結果它們相吸，能不能根據這一點來判斷鋼條具有磁性？爲什麼？
5. 把鋼棒的一端移近磁針的一極，結果它們相斥，能不能根據這一點來判斷鋼棒具有磁性？爲什麼？
6. 有兩根鋼棒，已知一根有磁性，另一根沒有磁性，如果沒有任何其他的用具，用什麼方法可以判斷出哪一根鋼棒具有磁性？

**55-2 磁感應** 圖 55-6 (a) 中有一軟鐵棒和一鋼棒，它們原來沒有磁性，所以不能吸引鐵粉。當我們把一個磁體移近鐵棒和鋼棒之後，它們即具有磁性而能夠吸引鐵粉，但附在軟鐵棒的鐵粉較鋼棒為多〔圖 55-6(b)〕，這種原來沒有磁性的物體，因接近或接觸磁體使其帶有磁性而成為磁體的現象，稱為磁感應 (*magnetic induction*)。

在圖 55-6(c) 中，當把磁體移去後，附在軟鐵棒的鐵粉跌落很多，附在鋼棒的鐵粉跌下很少。可見軟鐵是一種物質，其在磁體附近容易獲得磁性，但移開磁體，磁性就跟着消失。所以用軟鐵製成的磁體，稱為暫時磁體 (*temporary magnet*)，多用於電磁鐵、電鈴內。而鋼棒獲得磁性雖然較難，但却能保持長久而不易消失，所以用鋼棒可製成永久磁體 (*permanent magnet*)。

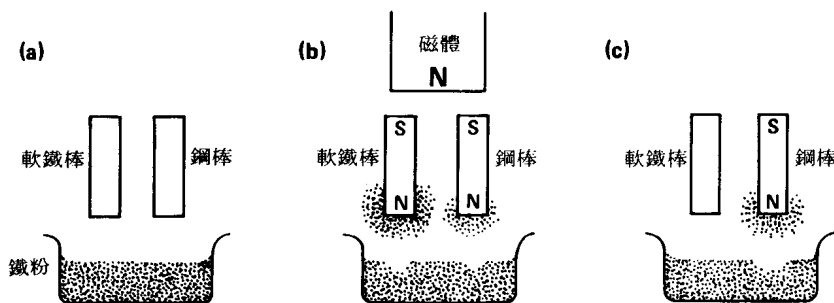


圖 55-6

**55-3 磁化法** 使原來不具磁性的物體獲得磁性的現象，稱為磁化 (*magnetization*)。

使物體磁化的方法稱為磁化法 (*method of magnetization*)。磁化的方法很多，常用有感應法，摩擦法及電化法三種。

**A. 感應法 (*method of induction*)** 將鐵棒置於磁鐵的附近，鐵棒便受磁鐵的感應而磁化，與磁鐵接近的一端生異名極，遠離磁鐵的一端生同名極。

**B. 摩擦法 (*touching method*)** 摩擦法有二種：

(1) 單觸法 (*simple touch*) 用磁極沿單方向摩擦鋼棒如圖 55-7(a) 虛線所示，可將鋼棒磁化。

(2) 分觸法 (*divided touch*) 用兩異名磁極如圖 55-7  
 (b) 沿虛線所示路徑摩擦鋼棒，亦可使它磁化。

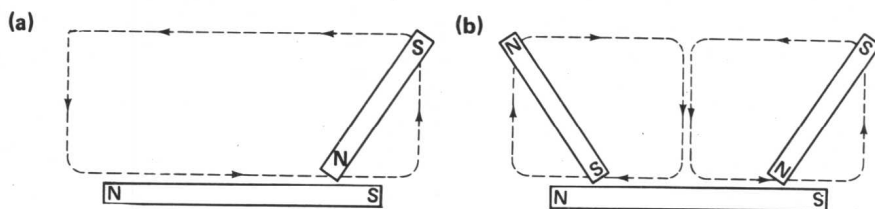


圖 55-7

C. 電化法 (*electrical method*) 將鋼棒置於用螺旋形的絕緣線筒中，通以直流電，利用電流的磁效應\*，可使鋼棒磁化（圖 55-8）。利用電流效應的磁化法，為最有效的磁化法。

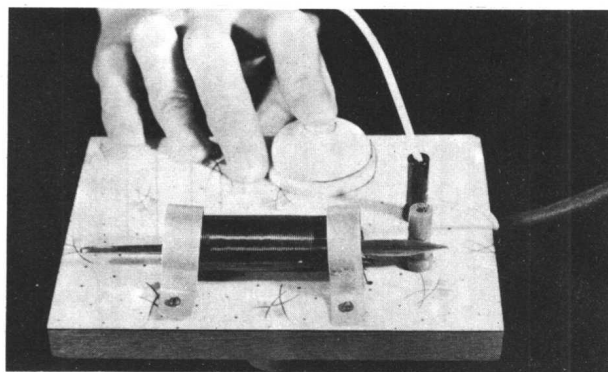
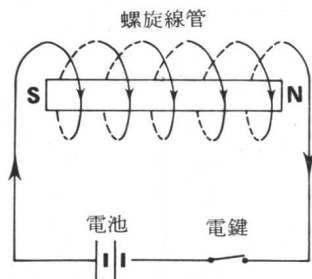


圖 55-8

#### 55-4 磁分子說和去磁法

(1) 庫倫假說 根據永久磁體可以無限分割為小磁體這一現象，庫倫首先提出了磁分子學說 (*molecular theory of magnetism*)。他認為：凡順磁質都是由許多具有兩個異號磁極的極小的磁體所組成，這種小磁體稱為分子磁 (*molecular magnet*)。

在未經磁化的順磁物體內，雖然存在着許多分子磁，但由於它們無秩序排列〔如圖 55-9(a) 所示〕，所有分子磁的

\*電流的磁效應，詳見本書第五十八章。

磁極作用都互相抵消，因而對外不起任何磁性作用。

將順磁質放在磁體的隣近時，因磁極間有同性相斥，異性相吸的作用，部份分子磁沿一方向作有秩序的排列〔如圖 55-9(b) 所示〕，因此顯出磁性。倘若全部分子磁沿一方向作有秩序的排列〔如圖 55-9(c) 所示〕，此時，該順磁質的磁性已達到最大，這種情況，稱為飽和磁化 (*saturated magnetization*)。

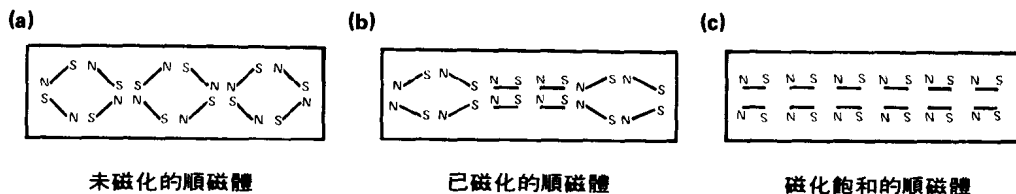


圖 55-9

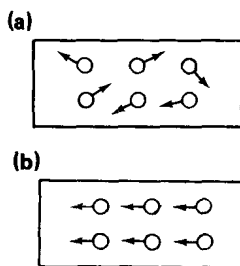


圖 55-10

(2) 安培假說 在奧斯特發現了磁現象與電流間的關係\* 以後，安培又在庫倫的學說的基礎上，進一步提出了磁性起源假說，他認為：分子磁就是原子、分子等物質微粒，它們之所以具有磁性，是由於每個微粒裏都具有永不停息的環電子流，稱為安培電流 (*ampere current*)。

在順磁體不顯示磁性時，各個物質微粒裏的安培電流的旋轉方向是雜亂無章的〔如圖 55-10(a) 所示〕，它們的磁作用在內部互相抵消。在順磁體被磁化後，各個物質微粒裏的安培電流的旋轉方向是一致的〔如圖 55-10(b) 所示〕。

安培假說很成功地闡明了磁現象的電本質，它使我們認識到，任何磁體的磁性，都是由於電流的存在產生的。

(3) 磁疇學說 (*domain theory of magnetism*) 當我們將一磁鐵放在順磁質附近時，可將此順磁質磁化，但將磁鐵移開後，此順磁質仍保留若干磁性，形成剩磁 (*hysteresis*) 現象。此種現象我們不能用安培假說解釋。經最新的研究結果，科學家認為：在順磁物質裏的磁分子分成許多很小的磁

\*詳見第五十八章

化區域（大小約  $10^{-9}$  立方厘米），在各小區域裏，分子磁自發地磁化，排列如圖 55-11 所示，此等小區域稱為磁疇 (*magnetic domain*)。當各磁疇的方向不同時，物質不顯磁

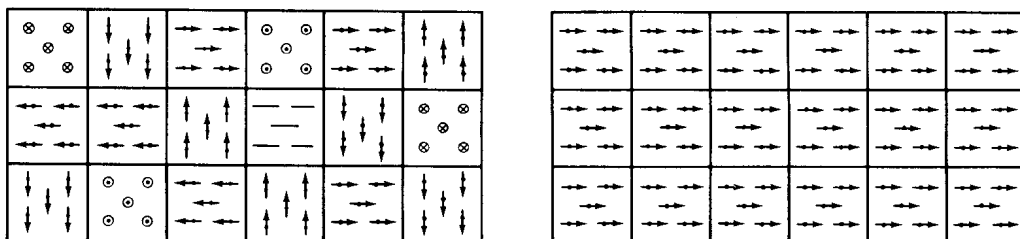


圖 55-11

性；若各磁疇的方向一致時，則物質顯出磁性，並且磁疇在改變方向時，內部有阻礙它運動的摩擦，所以在外力消除後，摩擦作用能使磁疇的某種排列保留下來，形成剩磁。

磁疇學說，我們在第二冊的 25-3 節已經講過了，但是，分子磁何以會顯出磁性呢？現在讓我們作深入些研究。在第二冊的第二十七章已經學過，每一個構成各種物質的原子的中央，有一個堅固的原子核，原子核的外邊，有一些帶有負電的電子繞着原子核不停地運動着。電子除了繞着原子核作圓周運動之外，還自己本身像陀螺地自轉着。凡運動的電荷，是會產生磁場的，關於這一點將會在本書的第五十八章電流的磁效應作詳細的敘述，這就是物質內的分子具有磁性的原因。既然物質內的分子都具有磁性，何以又有順磁質和非磁質之分呢？在非磁質 (*diamagnetic substances*) 內，因為雖然電子同樣地是運動着，但其中向某一方向運動的電子數目，和另外一些向着相反方向運動的電子數目，永恆地是相等的，所以磁性彼此抵消了，永遠不能顯出磁性。但是，在例如鋼鐵等鐵磁性物質 (*ferromagnetic substances*) 內的原子，不獨不會發生上述的磁性抵消現象，而且，更組成磁疇，當磁疇排列有秩序時，就顯出強大的磁性。

(4) 去磁法 使磁體失去磁性的現象，稱為去磁 (*demagnetization*)。其原理不外擾亂磁疇的排列。故去磁之法有：

(a) 加熱法：因物體在高溫時，分子和原子的熱運動加



劇，可使磁疇瓦解，失去磁性。

(b) 鎚擊法：敲打是使分子和原子振動，因而減少排列好的磁疇，失去磁性。

(c) 交流電法：利用交流電的磁效應擾亂磁疇的排列情況，失去磁性。

**55-5 庫倫磁力定律** 描述磁極本身磁性强弱的物理量稱為磁極強度(*pole strength*)。同一個磁體的兩個磁極強度相等，不同磁體的磁極強度不一定相等。為了方便研究磁極間相互作用的大小，我們首先就要建立關於磁極強度的概念。

我們已知兩磁極間，有互相排斥或互相吸引的磁力(*magnetic force*)存在，磁力的計算，可從下述的實驗探討之：

取一魯必遜磁鐵(*Robison's magnet*)，如圖55-12的 $AB$ 。其兩端各為一圓球，中央鑲有一小銅塊。銅塊的兩側有兩調準螺旋，用以調節該磁鐵的重心，使其能恰在支點 $K$ 的鉛直

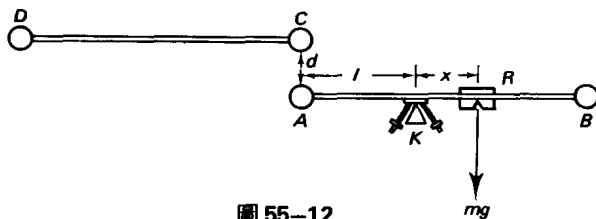


圖 55-12

線下，成一穩定平衡 (*stable equilibrium*)，這樣，磁鐵  $AB$  置於  $K$  上時，才不易傾跌。實驗時  $AB$  要與地球的子午線垂直，以避免地磁的影響。

再取另一魯必遜磁鐵  $CD$ ，固定於水平位置。 $CD$  的磁極  $C$ ，則在  $AB$  的磁極  $A$  的鉛直上方。設  $AC$  為同名的磁極，設為  $N$  極，兩者相距  $d$  米，則  $A$  受  $C$  的斥力而下傾。（ $C$  雖受  $A$  的斥力，但因固定於水平位置，故仍保持原狀。）取  $m$  仟克之金屬游碼  $R$  置於距支點  $x$  米處，使  $AB$  回復水平位置。設  $A$  與  $C$  為  $N$  極， $B$  與  $D$  為  $S$  極，則  $AB$  與  $CD$  間互相作用的力有四：

- (1)  $A$  與  $C$  間兩個  $N$  極的斥力；