

科學圖書大庫

物理學自修叢書(二)

電 磁 學

校閱者 張壽彭

徐氏基金會出版

內政部登記證內版台業字第1374號

**物理學** 第二冊  
電 磁 學

中華民國五十七年九月一日初版

**版 權 所 有  
不 准 翻 印**

出版者	徐氏基金會出版部 台北郵政信箱3261號 香港郵政信箱1284號
發行人	郎 萬 法 台北林森北路 608 號三樓
校閱者	張 壽 彭 經濟部聯合工業研究所物理師
印刷者	美亞書版公司印刷廠 台北三重大同南路 214 號
定 價	新台幣 五十 元 港幣八元

# 序

在世界科學文明已進步到太空時代的今天，任何一個人都了解發展科學的重要性，談發展科學，必需提高大家研究科學的興趣，才能按步就班地求發展。

本基金會對於海內外中國人士從事發展科學研究的情況，向來都寄予深切的關心，過去六年，本會曾資助大學理工科畢業學生前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選擇世界著名科學技術書籍出版供給在校學生及社會大眾閱讀，其目的都在幫助促進科學發展。

我們深深希望自由中國的科學家和工程師們了解本基金會的用意，主動的重視科學技術書籍為發展科學的基本工具，從事寫作和翻譯，並且熱誠盼望與我們聯繫合作，我們願意運用基金從事各種出版工作，共同為我們邁進工業化的途徑而努力。

**徐氏基金會**

Handbook/04

# 遮蓋卡片

本書所用符號

- = 等號
- ≠ 不等號
- ≈ 近等於
- > 大於
- < 小於
- ∞ 正比於
- 趨近於 (如  $x \rightarrow 0$ ,  $y \rightarrow 3$ )
- ∞ 無限大, 非常大, 無限增加
- ∠ 角
- △ 三角形

物理常數

1 米 = 39.37 英寸

1 埃單位 ( $\text{\AA}$ ) =  $10^{-10}$  米

真空中之光速:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ 米/秒}$$

庫侖定律常數:

$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{牛頓} \cdot \text{米}^2}{(\text{庫侖})^2}$$
$$= 2.3 \times 10^{-28} \frac{\text{牛頓} \cdot \text{米}^2}{(\text{庫侖})^2}$$

磁場常數:

$$k = 2 \times 10^{-7} \frac{\text{牛頓}}{(\text{安培})^2} \quad (\text{對長}$$

直導線而言)

1 庫侖 =  $6.25 \times 10^{18}$  基本電荷

1 基本電量 =  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖

數學公式

一元二次方程式:

如  $ax^2 + bx + c = 0$

則  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

簡單正比:

$$y = kx.$$

簡單反比:

$$xy = k.$$

畢氏定理:

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

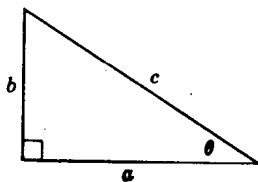
常用數字常數

$$\pi = 3.14$$

$$\sqrt{2} = 1.414$$

$$\sqrt{3} = 1.732$$

$$\sqrt{5} = 2.236$$



$$\sin \theta = \frac{b}{c}$$

$$\cos \theta = \frac{a}{c}$$

$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$

物理公式

點電荷： $F = k \frac{Qq}{r^2}$

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$U = k \frac{Qq}{r}$$

$$V = \frac{U}{a} = \frac{kQ}{r}$$

平行板： $F = Eq$

$$V = Ed$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = Eqd = Vq$$

電流： $i = \frac{Q}{t}$

電阻： $R = \rho \frac{l}{A}$

$$R = \frac{V}{i}$$

串聯： $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

$$V = iR_1 + iR_2 + iR_3 + \dots$$

並聯： $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots$$

功率： $p = iV = i^2 R = \frac{V^2}{R}$

磁場、磁力：

$B$  長直導線  $= k \frac{i}{d}$

$$F_B = Bil = Bvq$$

$$F = k \frac{i_1 i_2 l}{d}$$

電磁感應： $= Bvl = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

阻抗： $Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$

交流電路中之歐姆定律： $i = \frac{V}{Z}$

給任課老師：

這一套物理學計劃教程是由四部份組成的，可供整整一年的教學之需；本書是第二部，第一部是力學，第三部為光學與波動，第四部為近代物理。

本書的目的在為高三及大一的物理教學提供一套完整的課本，事實上，撰寫跟試教時的對象就是高三跟大一的學生；因此本書對專科院校主修理工科的學生是很合用的。

第二部是講述電磁學，這裏假定學生對初等力學之觀念及定律具有一般性之認識，特別是功、能及運動第二定律；熟悉中級代數之運算，並具備數學符號及表式之運用能力。學生對初等三角學之了解亦有助於本書之學習。在“給讀者”之後，有一頁關於這些預備知識之測驗題，可用來作一次考試，看看學生們是否已經具備了這些預備知識。

ALEXANDER JOSEPH

紐約市

DANIEL J. LEAHY

1965

這一套計劃教程無須乎跟標準課本合用，只須任課老師極少的課堂指導就行。儘管如此，我們還是極力建議最好能與適當的示範，討論及實驗配合使用。我們覺得 *P S S C* 之實驗特別適於作為本書的補充教材。如果能花點工夫在課堂上作些有關電磁感應與電流之磁效應的示範更好，因為這對本書第四、五兩章的學習是很有幫助的。

## 給讀者

本書為一計劃教本，這句話的意思是(1)：將屬於物理學入門性課程的教材分析成一系列的簡單步驟，及(2)將這些步驟用最最有助於有效學習之形式與順序加以編排。

每個步驟排在一定的地方，在你尙未進入新的計劃教材以前，先供給你一定量的資料，然後提出一個疑問或問題，以測驗了解的程度。你可將答案學在每個題內之空白地方或教師指定的答案紙上。

寫下答案以後，可以和印在括弧【   】內的正確答案核對，例如

：

1 米是長度的單位等於 39.37 英寸，二米的長度等於 \_\_\_\_\_ 英寸。

【 78.74 】

2 米是用以測量（重量／長度／時間），相當於 \_\_\_\_\_ 英寸。

【 長度； 39.37 】

參考圖片在本書後面，每一圖片可翻出書外，以便使用時易於參閱。

遮蓋卡片可用以遮蔽括弧【   】內的正確答案及其下面的其他未作的題目，因此當你答完與正確答案核對時，可將此卡片依次往下移動。

# 測驗題

將下列各題正確答案前之數字寫於右邊空格內。若無正確答案則在空格內寫“0”。

1 若  $\frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$ ，及  $x = 4$ ， $y = 8$ ，則  $z =$

(1)  $\frac{1}{8}$  (2)  $\frac{1}{4}$  (3)  $\frac{2}{3}$  (4)  $\frac{1}{16}$  (5) 8 1 \_\_\_\_\_

2 一物體之質量為  $10\text{ kg}$  以等速率  $5\text{ m/sec}$  在半徑為  $2\text{ m}$  的圓周上運動，則作用在此物之向心力為：

(1) 125 (2) 4 (3)  $\frac{1}{50}$  (4) 10 (5) 100 牛頓 2 \_\_\_\_\_

3 上題中該物之動能為：

(1) 125 (2) 150 (3) 4 (4)  $\frac{1}{50}$  (5) 100 焦耳 3 \_\_\_\_\_

4 一質量 3 仟克之物以等速率下降 10 米，若重力加速度為  $9.8\text{ 米/秒}^2$ ，則重力所作的功是：

(1) 294 (2) -30 (3) -294 (4) 30 (5) -98 焦耳 4 \_\_\_\_\_

5 二相距  $d$  之質量  $m_1$  和  $m_2$  間之萬有引力可表為：

(1)  $\frac{Gm_1m_2}{d}$  (2)  $\frac{Gm_1m_2}{d^2}$  (3)  $Gm_1 + m_2$  (4)  $\frac{Gm_1m_2}{\sqrt{d}}$   
(5)  $\frac{m_1m_2}{Gd}$  5 \_\_\_\_\_

$G$  為萬有引力常數。

6 一距地球（質量  $M$ ）中心  $r$ 、質量  $m$  之物體其重力位能應為：

(1)  $\frac{GmM}{r^2}$  (2)  $GMmr$  (3)  $-\frac{GMm}{r}$  (4)  $\frac{GMm}{r^2}$  (5)  $-\frac{GMm}{r^2}$  6 \_\_\_\_\_



7 10牛頓之恒力作用於質量25 仟克之物體，並沿力方向產生15米之位移，則該物動能之改變量為：

- (1) 250 (2) 375 (3) 150 (4) 25 (5) 100 焦耳 7. \_\_\_\_\_

8 若  $F = Eq$  及  $F = Bvq$ ，則以  $E$  和  $B$  表示  $v$  時， $v$  應為：

- (1)  $EB$  (2)  $\frac{B}{E}$  (3)  $\frac{qB}{E}$  (4)  $\frac{Eq}{B}$  (5)  $E+B$  8. \_\_\_\_\_

9 若  $F = \frac{mv^2}{R}$  及  $F = Bvq$ ，則  $R$  等於：

- (1)  $\frac{mv^2}{Bq}$  (2)  $\frac{v^2 B}{q m}$  (3)  $\frac{m}{Bvq}$  (4)  $\frac{mv^2}{B}$  (5)  $\frac{mv}{Bq}$  9. \_\_\_\_\_

10 若  $F = m \left( \frac{4\pi^2 R}{T^2} \right)$  及  $F = Bvq$ ，試解出  $T$ ，則  $T$  等於：

- (1)  $\frac{4\pi^2 R}{Bqm}$  (2)  $\frac{2\pi R}{Bvq}$  (3)  $2\pi\sqrt{\frac{Rm}{Bvq}}$  (4)  $\frac{\sqrt{Bvqm}}{2\pi R}$   
 (5)  $\frac{Bvq}{4\pi mR}$  10. \_\_\_\_\_

11 如直角三角形之直角邊各為7 英尺及24英尺，則其斜邊為：

- (1) 15 (2) 31 (3) 25 (4) 30 (5) 27 英尺 11. \_\_\_\_\_

12  $\vec{A}$  和  $\vec{B}$  為向量， $\vec{A} = 10$  單位向東； $\vec{B} = 15$  單位向西，則其向量和為：

- (1) 15 單位向西 (2) 25 單位向北 (3) 20 單位向西北  
 (4) 5 單位向東 (5) 5 單位向西 12. \_\_\_\_\_

13 若  $N = \frac{(3 \times 10^{-4})(4 \times 10^{-12})}{24 \times 10^{-6}}$ ，試算出  $N$  值

- (1)  $5 \times 10^{11}$  (2)  $5 \times 10^{-7}$  (3)  $5 \times 10^{-11}$  (4)  $5 \times 10^{-7}$   
 (5)  $5 \times 10^{-11}$  13. \_\_\_\_\_

14 將  $\frac{1-x/y}{1+x/y}$  化爲最簡式：

- (1) 1    (2) -1    (3)  $\frac{y-x}{y+x}$     (4)  $xy$     (5)  $\frac{x}{y}$

14 \_\_\_\_\_

15 若  $x^2 - 5x + 6 = 0$ ，則  $x$  等於：

- (1) 5 或 1    (2) 2 或 3    (3) 6 或 1    (4) -2 或 -3

- (5) -5 或 -1

15 \_\_\_\_\_

# 目 錄

給任課老師

給讀者

測驗題

## 第一章 靜電學

第一節 電荷定義 .....	1
第二節 導電體與絕緣體 .....	8
第三節 電荷之電子說，電荷不滅原理；感應起電 .....	14
第四節 點電荷及庫侖定律 .....	21
第五節 複習及問題 .....	31

## 第二章 電場及電位

第一節 電場 .....	42
第二節 電場（續） .....	49
第三節 電位能 .....	56
第四節 電位 .....	67
第五節 電位差 .....	78
第六節 電位差（續） .....	86
第七節 電動勢 .....	96
第八節 複習及問題 .....	109

## 第三章 電流學

第一節 電荷在電場中之運動 .....	113
第二節 電流之量的定義 .....	119
第三節 電阻 .....	123

第四節	歐姆定律	134
第五節	電路中的能量變化	138
第六節	串聯電阻	146
第七節	並聯電阻	156
第八節	複習及問題	169

#### 第四章 磁場

第一節	磁鐵、磁極、磁場、磁力線	180
第二節	通電導體周圍的磁場；迴線及長直導線；右手定則	185
第三節	作用於通電導線的磁力	191
第四節	磁力：作用於長導線上之磁力；長直導線周圍之磁場；兩平行長導線間之磁力；迴線中心之磁場	196
第五節	作用於帶電粒子之磁力	206
第六節	電子鎗；湯姆遜實驗	216
第七節	質譜儀	222
第八節	迴旋加速器	227
第九節	赫爾效應	236
第十節	圈動電流計；電動機	239
第十一節	磁學新論	243
第十二節	複習及問題	253

#### 第五章 電磁感應

第一節	感應電流及感應電動勢	266
第二節	感應電動勢中量的求算；楞次定律	275
第三節	磁通量；感應電動勢及磁通量	282

第四節	發電機	293
第五節	變壓器；感應線圈；貝他加速器	302
第六節	聯有線圈及電容器之交流電路	316
第七節	電磁波	325
第八節	振動電路	329
第九節	複習及問題	341

# 第一章 靜電學

## 學習目標

學者順利學完本章之後，應該可以：

- 1 對正、負電荷給予運算上之定義。
- 2 識別導體及絕緣體。
- 3 說明電荷不滅原理。
- 4 敘說電荷之電子論並用此理論解釋感應帶電之程序。
- 5 說明並應用點電荷之庫侖定律。

## 第一節 電荷定義

同號電荷相排斥，異號電荷相吸

- 1 參考圖片 1。在右上角的字母是 \_\_\_\_\_。

【 B (如果你答錯，便是翻錯圖片。) 】

- 2 圖片 1 說明檢驗靜電的一個實驗的範例。所述各點可在實驗室實驗。  
請從步驟 1 到 4 仔細閱讀。在未摩擦前絲絹與玻璃棒之間 (有 / 沒有) 力存在。

【沒有】

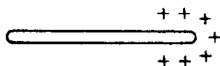
- 3 圖片 1。摩擦後絲絹與玻璃棒之間 (有 / 沒有) 力存在。

## 【有】

- 4 圖片 1。實驗到步驟 4 時，玻璃棒被絲絹摩擦的地方便帶電荷。  
閱讀本實驗之其他步驟。到步驟 5 時可觀察到帶電玻璃棒與不帶電  
玻璃棒間的力是（存在／不存在）的。

## 【存在】

- 5 在各圖片內以(+)號表示玻璃棒被絲絹摩擦後帶電的記號，例如下圖  
所示。



在棒的（右邊／左邊／中間）帶有 \_\_\_\_\_。

## 【右邊；電荷】

- 6 圖片 1。本實驗中帶電與不帶電玻璃棒間之力是（吸／斥）力。

## 【吸力】

- 7 圖片 1，步驟 6。將不帶電的橡皮棒移近帶電玻璃棒時，兩者之間  
的作用力是（吸／斥）力。

## 【吸力】

- 8 圖片 1。本實驗步驟 7（兩根棒都帶電／兩棒中之一帶電）。在此  
情況兩棒間之力是（吸／斥）力。

## 【兩棒皆帶電；斥力】

- 9 參閱圖片 2。右上角之字母是 \_\_\_\_\_。

## 【K】

- 10 圖片 2 說明另一檢驗靜電之實驗。仔細閱讀步驟 1 到步驟 5。圖中

橡皮棒帶電部分的記號是( + / - )。

【 - 】

- 11 圖片 2，從本實驗步驟 1 到 5 我們發現橡皮棒用 \_\_\_\_\_ 摩擦後所帶電荷的行為跟圖片 1 的實驗用 \_\_\_\_\_ 摩擦玻璃棒後玻璃棒所帶電荷的行為( 相同 / 不同 )。

【動物毛皮；絲絹；相同】

- 12 圖片 2。兩橡皮棒一帶電一不帶電則兩棒相( 吸 / 斥 )。

【吸】

- 13 圖片 2。兩橡皮棒皆以動物毛皮摩擦之使其帶電，則兩棒相( 吸 / 斥 )。

【斥】

- 14 兩玻璃棒皆以絲絹摩擦之使其帶電，則兩棒相( 吸 / 斥 )。

【斥】

- 15 圖片 2。本實驗步驟 6 ( 兩棒皆帶電 / 祇一棒帶電 )。兩棒間之作用力是( 吸 / 斥 )力。

【兩棒皆帶電；吸】

- 16 從本實驗我們知兩帶電橡皮棒( 相吸 / 相斥 )；兩帶電玻璃棒( 相吸 / 相斥 )。用毛皮摩擦帶電的橡皮棒與用絲絹摩擦帶電的玻璃棒( 相吸 / 相斥 )。

【相斥；相斥；相吸】

- 17 帶電橡皮棒或帶電玻璃棒與不帶電玻璃( 或橡皮 )棒( 相吸 / 相斥 / 無作用 )。



**【相吸】**

- 18** 圖片 2，本實驗步驟 5 所得的結果指出圖片 1 中玻璃棒所帶的電荷和圖片 2 中橡皮棒所帶的帶荷基本上不同。帶電玻璃棒（吸引／排斥）另一帶電玻璃棒。帶電橡皮棒（吸引／排斥）另一帶電橡皮棒。帶電玻璃棒與帶電橡皮棒（相吸／相斥）。

**【排斥；排斥；相吸】**

- 19** 我們現在規定用絲絹摩擦玻璃棒後玻璃棒所帶的電荷為正(+)電荷。在圖片 1，步驟 7 中 (a)兩棒皆帶正電／(b)祇有懸着的那根帶正電。請回答是(a)或是(b)。

在圖片 1，步驟 6 中 [(a)兩棒皆帶正電／(b)只有懸掛着的那根帶正電]。請回答(a)或(b)。

**【(a)；(b)】**

- 20** 圖片 1 步驟 7 及正電荷的定義可用來檢驗正電荷。若某物被絲絹摩擦過的玻璃棒所吸，則該物所帶電荷（是／不是）正電荷。請解釋之。

**【不是（因同電相斥之故。若該物帶正電則必被玻璃棒所排斥，不會被吸引）】**

- 21** 由定義可知玻璃棒用絲絹摩擦後所帶的電荷是 \_\_\_\_\_。因此，若一物被帶電玻璃棒所排斥，則可知該物（帶／不帶）電。

**【正；帶】**

- 22** 由實驗可知兩帶正電荷之物體（相吸／相斥）。