

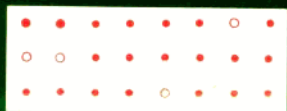
應用物理學

(生物與醫科適用)

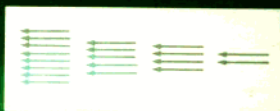
下 冊

原著者：WG.Buckman

譯述者：華杜仁



(a)



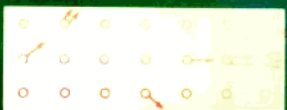
(d)



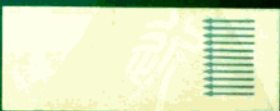
(b)



(e)



(c)



(f)

科技圖書股份有限公司

應用物理學

(生物與醫科適用)

下 冊

原著者：WG.Buckman

譯述者：華杜仁

科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：應用物理學（下冊）
原著者：W G. Buckman
譯述者：華杜仁
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市重慶南路一段49號四樓之一
電話：3118308・3118794
郵政劃撥帳號 0015697-3

七十六年十一月初版 特價新台幣150元

原序

七十年代的十年中，學術界面臨了新的挑戰，特別是在物理學方面。當學生愈來愈重視個人的未來，並以前途為取向時，他們希望所開的課程也提供物理方面的基礎。因此，對學習生命科學與整合健康課程為其職業的學生們，已需提供相關課程作為終生工作的應用。

當一部分人對這方面工作尚未完全投入時，多數物理學家已同意與七十年代學生一起研究這方面的應用，是十分值得的。現在我們看到八十年代，所面對的是過去十年所建立課程的改進與擴大的挑戰。

本書乃在幫助生命科學方面的同學不僅了解物理現象，並能熟悉物理的原理。寫此書的目的是提供學生更多常識。我不斷問我自己：“我能給學生更多幫助以了解其內容嗎？”。撰寫本書過程是以學生為主，並考慮學生們有限的科學與數學方面的程度。

本書儘量避免在工程物理所用的複雜數學公式與繁重的解題技巧。每章後附的習題大都一步即可解出，所舉例題皆提供解題的詳細方向。本書假設學生已具代數學的數學背景。本書用的數學，包括直角三角、幾何與向量分解，涵蓋學生所必需認識部分，本書最後附有奇數習題的答案。

有關基本物理學的傳統部分，本書已涵蓋在內。因此重點在與生命課程方面學生最相關的部分，如熱力學，流體力學與光學皆有詳細介紹，因對生物方面十分重要。本書亦採取適當編排，使與醫學成就試驗（MEDCAT）相關的主題，皆列有生物與醫學方面的應用，不會扭曲或簡化內容。

本書主題皆涵蓋在傳統主題內，對主要主題則有擴充。例如，第九章包括生物學方面的熱效應，第十一章為人體循環系統，第十七章為生物電子學，第二十四章為最近有關放射生物物理學與核子醫學。

我贊成任何可幫助學生學習的輔助教材。每章後面皆附有關鍵視

11/24/05/09¹

2 應用物理學（上册）

念表與基本學習重點，以幫助學生複習各章內容，同時各章節後也附有與“美國科學”（Scientific American）相關的參考資料。

由出版公司所提供的指導手冊內有適合季制與學期制的教學編排參考，對教學課程的建議，以及本書所有問題的解答。

很多人對本書內容的建立皆有貢獻。如以前的教師，其他作者，以及很多提出有價值意見的朋友。

感謝我的兒子幫我搜集圖表，與我的太太對我的容忍及體諒。Dr. Otto Bluh 幫助我一起設計此書的課程並建議我從事此項工作。Dr. Thomas Coohill 亦協助此書的出版。Dr. George Moore, West Kentucky 大學，利用電腦幫助我準備索引。

部分學生對此書亦貢獻良多。Pippa Pinckley 花了不少時間及心血校正此書。Eddy Stockton, Track king, Barry Catron, Kevin Moore, Kerry Gilley, Ed Ryan, Rick Buchanan, Laura Mahoney, 與 Adrain Gooch 皆對此書出力不少。David Lyon, Peggy Thompson, Donna Armour, 與 Debbie Wheeler 則幫忙打字。Pauline Jone 與 Steve Decker 也都幫助校正部分草稿。

下列校對的人們亦提出不少建議：南方大學的 Francis X. Hart；Quinnipiac 大學的 Roger P. Blickensderfer；Portland 大學的 Karl Wetzel；Wyoming 大學的 Gordon D. Hoyt；Arkansas 大學的 Richard M. Prior；賓州大學的 Clarence W. Fette, McKeesport Campus；Michael Matkovich；波士頓大學的 William S. Hellman；Colorado 州大學的 Sanford Kern；David Lipscomb 大學的 Fletcher Srygley；St. Louis 大學的 James H. Barker；及 Cleveland 州大學的 Jearl Walker。感謝 D. Van Nostrand 公司工作人員的配合及對此書的貢獻。特別要感謝編輯先生，Christina Mikulak。

William Buckman

應用物理學(下冊)

目 錄

原 序

第十四章 靜電、電流與電壓

14.1	簡 介	1
14.2	靜電學與電荷	2
14.3	電 場	8
14.4	電 位	13
14.5	流動電荷的電流	18
14.6	電解溶液	19
14.7	電壓源	22
14.8	Ohm 定律與電阻	23
14.9	電阻器所消耗的功率	27
14.10	雷 雲	29
14.11	基本學習目標	31
14.12	習 題	31
14.13	課外讀物	37

第十五章 電 路

15.1	簡 介	38
15.2	串聯電阻與並聯電阻	38
15.3	交流電壓與電流	46
15.4	電容器	49
15.5	介電常數	51
15.6	儲存在電容器的能量	53

2 應用物理學 (下冊)

15.7	電阻器 - 電容器電路	53
15.8	家庭用電	57
15.9	電子學	59
15.10	基本學習目標	64
15.11	習題	65
15.12	課外讀物	71

第十六章 磁學

16.1	簡介	72
16.2	永久磁鐵的磁場	72
16.3	在磁場內移動的電荷上的力	74
16.4	電流在磁場內的力	78
16.5	地球的磁場	78
16.6	電流所產生的磁場	80
16.7	電磁	82
16.8	磁感應	85
16.9	生物磁學	90
16.10	電子顯微鏡	91
16.11	基本學習目標	94
16.12	習題	96
16.13	課外讀物	99

第十七章 生物電學

17.1	簡介	101
17.2	Nernst 電位	101
17.3	神經脈動	105
17.4	肌肉的收縮	108
17.5	心電圖	110
17.6	腦波描錄器	112
17.7	電死與安全	114

17.8	電 魚	114
17.9	基本學習目標	115
17.10	習 題	115
17.11	課外讀物	117

第十八章 光波性質

18.1	簡 介	118
18.2	光 速	121
18.3	折射率	122
18.4	Huygen 原理	124
18.5	光的反射	125
18.6	光的折射	126
18.7	內部全反射	128
18.8	薄膜干涉	131
18.9	Young 氏雙狹縫實驗	134
18.10	繞射與解像	136
18.11	繞射光柵	139
18.12	偏 光	141
18.13	基本學習目標	143
18.14	習 題	143
18.15	課外讀物	146

第十九章 光 學

19.1	簡 介	148
19.2	Snell 定律	148
19.3	稜鏡與散射	149
19.4	透 鏡	149
19.5	薄透鏡公式	152
19.6	透鏡的功能	157
19.7	透鏡的光行差	160

4 應用物理學 (下冊)

19.8	雙透鏡的成像	162
19.9	透鏡的放大率	164
19.10	鏡子	166
19.11	圓鏡像距的決定	168
19.12	基本學習目標	170
19.13	習題	171
19.14	課外讀物	173

第二十章 光學儀器

20.1	簡介	174
20.2	簡單顯微鏡或放大透鏡	181
20.3	複式顯微鏡	182
20.4	照相機	185
20.5	視網膜檢查儀	188
20.6	分光學	188
20.7	分光光度計與其相關項	189
20.8	基本學習目標	192
20.9	習題	193
20.10	課外讀物	195

第二十一章 光源與部分光性質

21.1	簡介	197
21.2	黑體輻射與 Planck 學說	197
21.3	光電效應	203
21.4	光束強度	207
21.5	放射線光譜	210
21.6	螢光與螢光燈	212
21.7	光的 Doppler 位移	213
21.8	雷射	215
21.9	基本學習目標	218

21.10 習 題	219
21.11 課外讀物	221

第二十二章 原子構造與 X 射線

22.1 簡 介	223
22.2 Bohr 的氫原子理論	223
22.3 De Broglie 波	229
22.4 現代量子論與週期表	230
22.5 X 射線的產生	234
22.6 X 射線繞射	239
22.7 X 射線與物質間的交互作用	240
22.8 X 射線劑量測定	244
22.9 偵測 X 射線的方法	246
22.10 影響 X 射線診斷諸因素	248
22.11 電腦自動 X 射線掃描機	250
22.12 基本學習目標	251
22.13 習 題	252
22.14 課外讀物	255

第二十三章 核反應與放射

23.1 簡 介	256
23.2 原子核與其組成	256
23.3 核反應	258
23.4 放射性質	259
23.5 (A) α 質點與衰退	260
23.5 (B) 放射 β 質點	260
23.5 (C) 陰電子放射	262
23.5 (D) γ 射線	262
23.6 簡單放射衰退	263
23.7 融合、分裂、太陽與炸彈	268

6 應用物理學(下冊)

23.8	核子反應器	270
23.9	基本學習目標	272
23.10	習題	272
23.11	課外讀物	275

第二十四章 放射性生物物理與核子醫學

24.1	簡介	276
24.2	在我們周圍的放射線	276
24.3	水的放射性分析	278
24.4	放射線的生物效應	279
24.5	核子醫學上所用的放射性核素	284
24.6	核子醫學儀器	286
24.7	課外讀物	291

附錄 A 數學複習

A.0	簡介	293
A.1	大數與小數	293
A.2	對數	295
A.3	e 底	297
A.4	圖形分析	301
A.4 (a)	線性 - 線性關係	302
A.4 (b)	半對數圖紙	304
A.4 (c)	對數 - 對數圖紙	306
A.5	角的量測	306
A.6	基本三角學	308
A.7	幾何	310
A.8	純量與向量	311
A.9	習題	318
A.10	課外讀物	322

附錄 B e^x 與 e^{-x} 值

附錄 C 自然三角函數

附錄 D 希臘字母

附錄 E 本書所用符號

附錄 F 物理常數

附錄 G 物理資料擇要

附錄 H 單數習題答案

第十四章 靜電、電流與電壓

14.1 簡 介

現在開始研究電學 (electricity) 領域。力學與力學原理較電學原理簡單，這是因我們對前者較為熟悉，力學模型是可用眼觀察，因此可用力學作電學的類比，例如通過管的水流，可用來證明電學原理。

電，如何影響我們的生活？當然，我們都知道周圍常見的電學應用，例如電視、電話、燈光、馬達、內燃機引擎的點火等等。對於我們周遭複雜而與電有關的環境，都很熟悉，但有些與電有關的事件卻被忽略。

我們目前生活在電生理學 (electrophysiology) 的時代。電荷分佈對生物系統具有深遠影響，並可由此分佈得到很多與這些系統有關的資料，在人體內就存在移動電荷所造成的淨功，可提供有價值的診斷資料。應用心電圖 (electrocardiography) 可獲得有關心臟的資料，利用腦電掃描圖 (electroencephalography) 可獲得有關腦部的資料，量測有關神經的電阻，就可知道神經狀況。在醫學領域中，電治療，廣泛用於刺激肌肉。

電，影響了我們與我們的環境。事實證明在空氣中即有離子存在，例如中東 Khamish 乾風內的離子，會造成人的不正常表現。閃電與打雷的形成，乃是依大氣中的電荷分佈而定。通過腦部的小電流，有助於治療失眠症 (insomnia)。

本章將提出電壓、電荷、電流、與電阻的定義。希望讀完本章後，可清楚了解到電對我們的重要性。

14.2 靜電學與電荷

希臘人在西元前 600 年就已知琥珀在摩擦木頭後可吸收輕質物體。為解釋此現象，我們說，琥珀已充了電。我們可將任意固態材料與其他材料摩擦皆能使其充電。

靜電學 (electrostatics)，是研究靜止電荷的電學（或是研究幾乎靜止的電荷）。用髮梳梳頭髮幾次後，會發現小紙屑會被髮梳所吸引。當用橡膠鞋底走過尼龍地毯時，或摩擦汽車內的塑膠座椅時，就會發現已被充電。用橡皮棒摩擦木塊時，橡皮棒上會累積過量的負電荷（即電子），木塊則因缺乏電子，可視為帶正電。SI 制的電荷單位為 (Coulomb, C)。一個電子所帶的電荷為 $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ （負電荷）。1 C 負電荷含有

$$\frac{1 \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}/e^-} = 6.25 \times 10^{18} \text{ 電子}$$

質子 (proton) 所帶的為正電荷，其電量為 $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

摩擦電 (triboelectricity)，是指物質間相互摩擦而引起的電效應。表 14.1 所列為摩擦電序列 (triboelectric series)。任取表中兩物質互相摩擦，較前面的物質會較其後面的物質帶更多正電；例如兔皮與橡皮摩擦後，兔皮會帶正電。同理，在動脈與靜脈內流動的血液會影響電荷與電荷在血管內的分佈。雖然人體常被視為不帶電荷，但實際上很難使人體保持不帶電荷。

有時，物體上的電量與火花會引起大的災難。醫院的手術室，即另一種可能產生此種災難的地方。當以環丙烷 (cyclopropane) 與乙醚 (ether) 作為麻醉劑 (anesthetics) 時，空氣中即有潛在性的爆炸混合物，要防止因靜電荷累積而產生火花，可使用與地面連接的可導電樓板，提高空氣中的相對濕度，並使所有儀器與人員都接地；即所有器材與人員皆與通到地面的電導體連接。

Charles Coulomb (1736—1806) 曾提出電荷間反平方力定律 (inverse square force law) 的實驗證明。靜電的基本力定律，即以

表 14.1 摩擦起電材料的序列*

正
石綿
兔皮
玻璃
雲母
木塊
貓皮
絲
人的皮膚
綿
鹽岩
琥珀
石板
樹脂
假象牙
印度橡皮
負

* 當一材料與另一在其下面材料摩擦時，前者會帶正電荷，後者會帶負電荷。

他的名字命名。Coulomb定律指出（見圖14.1），電荷 q_1 由相距 r 的電荷 q_2 所引起的靜電力與電荷乘積（ $q_1 q_2$ ）成正比，而與相距距離的平方成反比。若 q_1 與 q_2 為相同電性〔（-，-），或（+，+）〕，則 q_1 上的力會排斥 q_2 。若 q_1 與 q_2 為相反電性〔（+，-），或（-，+）〕，則 q_1 上的力會吸引 q_2 。因此，同性電相斥，異性電相吸。 q_1 在 q_2 上所引起的靜電力與 q_2 上的靜電力（因 q_1 的存在而引起的）大小相同而方向相反。Coulomb定律的公式為

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = \left(9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (14.1)$$

其中， q_1 等於電荷 q_1 所帶的Coulomb電量， q_2 等於電荷 q_2 所帶的

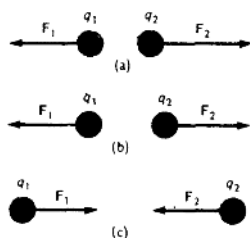


圖 14.1 Coulomb 定律：(a)與(b)為同性電相斥；
(c)為異性電相吸

Coulomb 電量， r 為 q_1 與 q_2 相距的距離 (m)， F 為在 q_1 與 q_2 上的力 (N)， K 為常數，在真空時等於 $9 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$ 。

若將 q_1 與 q_2 的符號代入上式中，則對異性電而言，力為負值（吸引力），而同性電則為正值（排斥力）。

■ 例題

圖 14.2 的電荷各具 $+10^{-5} \text{ C}$ 電量，相距 10^{-1} m 。計算在各電荷上（ q_1 與 q_2 ）力的大小，並指出力的方向。

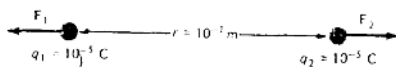


圖 14.2 在相同電荷上的靜電力

【解】

已知 $F = K(q_1 q_2 / r^2)$ ，則

$$F = \left(9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(10^{-5} \text{ C})(10^{-5} \text{ C})}{(10^{-1} \text{ m})^2} = 90 \text{ N}$$

在 q_1 上的力 F_1 為 90 N，朝左方。在 q_2 上的力 F_2 為 90 N，朝右方。各電荷上的力大小相等而方向相反。

■例題

氫原子的 Bohr 模型中（見圖 14.3），電子繞原子核質子作圓周運動。電子軌道〔基態（ground state）〕半徑為 $0.5 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。(a) 計算在電子與質子上的靜電力；(b) 計算質子與電子間的吸引力。

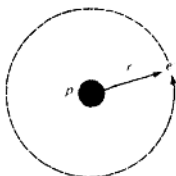


圖 14.3 氫原子的 Bohr 模型

【解】

(a) 利用 Coulomb 定律與在電子與質子電荷。可得出

$$\begin{aligned}
 F &= \left(9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(+1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(0.5 \times 10^{-10} \text{ m})^2} \\
 &= (9 \times 10^9) \frac{-2.56 \times 10^{-38}}{0.25 \times 10^{-20}} = -9.2 \times 10^{-8} \text{ N}
 \end{aligned}$$

(b) 用 Newton 的萬有引力定律

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

用電子質量為 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 與質子質量為 $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 可得

$$\begin{aligned}
 F &= \left(6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \right) \frac{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(0.5 \times 10^{-10} \text{ m})^2} \\
 &= 4.1 \times 10^{-47} \text{ N}
 \end{aligned}$$

在電子上的力為 $9.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ ，朝向質子；同理，在質子上的力為 $9.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ ，朝向電子。電子質量遠小於質子質量，此向心力使電子能對質子作圓周運動。靜電力約為電子與質子間萬有引