

近代物理

Concepts of Modern Physics, 6e

修訂版



作者：Arthur Beiser
整譯：張勁燕

Mc
Graw
Hill

美商麥格羅·希爾
電子 / 電機 系列叢書



高立圖書有限公司

近一世紀，由於近代物理的蓬勃發展，包括愛因斯坦的相對論等，許多理論相繼出籠，全球科技也隨之突飛猛進，尤其是電子科技、光電科技和奈米科技等領域。若想進一步鑽研這些領域，對近代物理的了解更是不可或缺。

本書主要介紹原子、分子、固態及原子內結構內的一些物理基本性質，不僅是所有理工科系學生的學習基礎，對電子、電機、材料、光電、物理、化學等熱門科系學生而言，更是其專業領域內進階課程之必備知識。本書不對任何一個主題做過深的探討，而是廣泛地涉獵各個題材，並以循序漸進的方式介紹基本的物理意涵，使讀者了解近代物理的精髓。作者也不強調繁雜瑣碎的數學推導過程，而是著重在基本概念及近代物理的思考邏輯，讓讀者對近代物理有巨觀的了解，並且對解決實際問題有更深一層的體悟。



本書簡介

- 需要教學輔助平台嗎？PageOut提供您免費的線上教學環境！

全美已有數萬位教師使用PageOut來加強教學效果，在佳評如潮的鼓舞下，此項服務已引進台灣，目前有數百位老師正在使用中。您只需輸入一次基本資料，每學期再做細部修訂即可重複使用，增進備課效率。

- 需要數位教學資源嗎？教科書資源網（Online Learning Center）讓您輕鬆備課沒煩惱！

您有製作網頁的困擾嗎？是否為了製作內容符合教學目的的網頁，而傷透腦筋了呢？有了麥格羅·希爾的教科書資源網，馬上減輕老師設計教學網頁的煩惱，您能立即擁有專業、豐富、有趣的教學網頁。

以上數位服務申請，請洽麥格羅·希爾客服專線：02-23113000分機211，或至中文教科書網站（www.mcgraw-hill.com.tw）線上申請。

McGraw-Hill
全球智慧中文化

<http://www.mcgraw-hill.com.tw/>

麥格羅·希爾出版集團 台灣分公司

電話：(02) 2311-3000 傳真：(02) 2388-8822

E-mail：tw_edu_service@mcgraw-hill.com

總經銷：高立圖書有限公司

電話：(02) 2290-0319

傳真：(02) 8990-4925

郵政劃撥帳號：01056147

Website：www.gau-lih.com.tw

E-mail：gauli@ms37.hinet.net

The McGraw-Hill Companies

ISBN 978-986-157-262-8



9 789861 572628

近代物理

修訂版

Concepts of Modern Physics, 6e

Arthur Beiser

原著

張勁燕

逢甲大學電子工程學系

整譯



Education

US

Boston Burr Ridge, IL Dubuque, IA Madison, WI New York
San Francisco St. Louis

International

Bangkok Bogotá Caracas Kuala Lumpur Lisbon London
Madrid Mexico City Milan Montreal New Delhi Santiago
Seoul Singapore Sydney Taipei Toronto

近代物理 / Arthur Beiser 原著；張勁燕 整譯。
-- 二版。-- 臺北市：麥格羅希爾，2006[民 95]
面；公分。-- (電子/電機叢書；EE018)
含索引
譯自：Concepts of modern physics, 6th ed.
ISBN 978-986-157-262-8 (平裝)

1. 近代物理

339

95004384

電子/電機叢書 EE018

近代物理 修訂版

作者 Arthur Beiser

整譯者 張勁燕

教科書編輯 張文惠

企劃編輯 李本鈞

出版經理 陳莉苓

業務行銷 曾時杏 李本鈞 陳佩狄

業務副理 黃永傑

出版者 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司 台灣分公司

地址 10044 台北市中正區博愛路 53 號 7 樓

網址 <http://www.mcgraw-hill.com.tw>

讀者服務 E-mail: tw_edu_service@mcgraw-hill.com

TEL: (02) 2311-3000 FAX: (02) 2388-8822

法律顧問 惇安法律事務所盧偉銘律師、蔡嘉政律師及江宜蔚律師

總經銷(台灣) 高立圖書有限公司

網址 <http://www.gau-lih.com.tw>

地址 24889 新北市五股工業區五工三路 116 巷 3 號

TEL: (02) 2290-0318 FAX: (02) 8990-4925

劃撥帳號: 01056147

出版日期 2011 年 2 月 (二版三刷)

Traditional Chinese Revised Copyright ©2006 by McGraw-Hill International Enterprises, Inc.
Taiwan Branch.

Original: Concepts of Modern Physics, 6e ISBN: 978-0-07-244848-1

Copyright ©2003, 1995, 1987, 1981, 1973, 1989, 1986 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved.

ISBN: 978-986-157-262-8

※著作權所有，侵害必究 如有缺頁破損、裝訂錯誤，請寄回退換

校正序

近一世紀，由於近代物理的蓬勃發展，包括愛因斯坦的相對論等，許多理論相繼出籠，全球科技也隨之突飛猛進，尤其是電子科技、光電科技和奈米科技等領域。若想進一步鑽研這些領域，對近代物理的了解更是不可或缺。

本書主要介紹原子、分子、固態及原子內結構內的一些物理基本性質，不僅是所有理工科系學生的學習基礎，對電子、電機、材料、光電、物理、化學等熱門科系學生而言，更是其專業領域內進階課程之必備知識。本書不對任何一個主題做過深的探討，而是廣泛地涉獵各個題材，並以循序漸進的方式介紹基本的物理意涵，使讀者了解近代物理的精髓。作者也不強調繁雜瑣碎的數學推導過程，而是著重在基本概念及近代物理的思考邏輯，讓讀者對近代物理有巨觀的了解，並且對解決實際問題有更深一層的體悟。

本書初版發行至今已四十餘年，可說是近代物理教科書之佳作，麥格羅·希爾出版公司台灣分公司已推出中文版及中文導讀版，這次更針對中文版進行全書校正，推出修訂版，期許藉由這項有意義的工作，能讓學生獲得更正確、豐富的資訊。

張勁燕

於逢甲大學電子工程學系

前言

近代物理於1900年時普朗克發現黑體輻射中的能量量子化開始，跟隨著這個革命性的觀念為愛因斯坦所發表同等革命性的相對論理論和光量子理論，今日的學生一定會好奇為何要在這個物理分支加上「近代」這個標籤，但是它並非那樣地令人肅然起敬：比如說我的父親生於1900年，而當我學習近代物理時，大部分的創始者，包括愛因斯坦，都仍然活著，我甚至還有這個榮幸能和其中幾位會面過，包含了海森堡、包利和迪拉克。當代科學的一些觀點——的確也是當代生活的觀點——不會被近代物理所提供對於物質和能量的了解改變，而近代物理也會在進入它第二個世紀的時候，仍然為一個活躍的科學領域。

本書是針對已經學習過基本物理和微積分課程的學生修習一學期的近代物理時使用，相對論和量子觀念首先用於提供原子及原子核物理的基本了解，隨後的原子理論是利用量子力學觀念來發展，接著便是原子集合的特性討論，包括統計力學，最後則探討原子核粒子和基本粒子。

本書著重於觀念的時間比實驗方法及實際應用還多，因為我相信對剛開始的學生而言，以觀念架構教導比詳細教學來得好，基於相似的原因，主題的排列順序是基於邏輯而非歷史順序，自從四十年前第一版問世之後，此方法的優點已使得前五版的「近代物理」廣為全世界使用，包含了許多語言的翻譯本。

重要的學科應該盡可能以基本層面來介紹，可使得甚至是沒有準備的學生也能從一開始就可以了解，並且鼓勵那些無法由數學領域中激發出熱情的讀者來培養物理的直觀。本書材料比一學期所能涵蓋的範圍還多。不論是否為一般性介紹，這兩個原因使得教師能改變他們所欲教授的課程為更深入的進階課程，或是結合兩者的課程。

如同本文，本書的習題難度分布在所有範圍，從相當簡單（對於實用和再確定而言）到需要真實概念的習題（對於發現的快樂），習題以對應到書中不同的章節分類，且書末附有奇數題答案。除此之外，英文版學生解答手冊已由Craig Watkins撰寫完成，並且包含了奇數題的解答。

因為近代物理剛提出時，其觀念象徵了思考上的全新方向，而非先前知識的延伸，所以它們發展的故事格外有趣，雖然在此沒有多餘的時間可完整地說明解釋，但在適當的時候，39個重要貢獻者的生平簡介分布在本書各處以提供人性的觀點，對歷史有興趣的人可參閱許多敘述近代物理歷史的書，如Abraham Pais和Emilio Segré所著的書，他們本身為傑出的物理學家，故我強烈建議他們所著的書。

此版近代物理對於特殊相對論、量子力學和基本粒子的討論得到了許多重要的修正，除此之外，本書也做了許多微小的改變和更新，並且加入了一些新的主題，如愛因斯坦推導普朗克輻射定律的過程。本書也包含了一些描述了近代物理重要因素的天文學觀點教材，也正因為如此，討論到相關的主題時才會敘述這些因素，而非單獨於同一章中討論。

許多學生雖然能夠跟上本書的討論，但在運用他們的知識時仍可能會遇到麻煩。為了幫助他們，每章都有一些範例，加上習題解答共有超過350個不同難度問題的答案，理解這些問題可使得沒有解答的偶數習題也能被理解。

在修訂近代物理第六版的過程中，我從下列一些審閱者中得到許多建設性的批評，他們慷慨的協助給了我很大的幫助：Widener University 的 Steven Adams，The University of Iowa 的 Amitava Bhattacharjee，California University of Pennsylvania 的 William E. Dieterle，Denison University 的 Nevin D. Gibson，Millsaps College 的 Asif Khand Ker，American University 的 Teresa Larkin-Hein，University of Texas at El Paso 的 Jorge A. López，West Virginia University 的 Carl A. Rotter 和 Texas A&m University-Kingsville 的 Daniel Susan，我也很感激一些前幾版的審閱者所給予我的建議和指教：Michigan Technological University 的 Donald R. Beck，University of Missouri-Rolla 的 Ronald J. Bieniek，Sonoma State University 的 Lynn R. Cominsky，United States Military Academy 的 Brent Cornstubble，University of Cincinnati 的 Richard Gass，Arizona State University 的 Nicole Herbot，Clarkson University 的 Vladimir Privman，State University of New York-Stony Brook 的 Arnold Strassenberg，在 Clarkson 和 Arizona State Universities 以自己觀點來衡量前一版的學生，以及 Pennsylvania State University 的 Paul Sokol，他補充了許多非常棒的習題，我特別要感謝 MIT 的 Craig Watkin，他以非常謹慎且懷疑的眼光審閱我的初稿。最後，我想要感謝我在麥格羅希爾(McGraw-Hill)的朋友，因為他們在整本書的出版過程中所提供的技術協助以及熱忱的幫忙。

Arthur Beiser

目錄

CHAPTER 1

相對論

1.1	特殊相對論	1-2
	所有運動都是相對的，對所有觀察者而言，光在自由空間中的速度都相同	
1.2	時間擴張	1-5
	運動中的時鐘滴答比靜止時還慢	
1.3	都卜勒效應	1-11
	宇宙被認為正在擴張的理由	
1.4	長度收縮	1-15
	快即意味著短	
1.5	孿生難題	1-18
	一個較長的生命，但乍看之下並不會較長	
1.6	電與磁	1-20
	相對論是橋樑	
1.7	相對論動量	1-22
	重新定義一個重要的量	
1.8	質量與能量	1-27
	$E_0 = mc^2$ 的由來	
1.9	能量與動量	1-31
	它們在相對論中如何適應	
1.10	廣義相對論	1-34
	重力為時空的扭曲	
	附錄一：勞倫茲轉換	1-37
	附錄二：時空	1-46

CHAPTER 2

波的粒子特性

- 2.1 電磁波 2-2
電與磁的耦合振盪以光速行進並且顯示出典型的波動行為
- 2.2 黑體輻射 2-6
只有光量子理論可以解釋其來源
- 2.3 光電效應 2-11
被光所釋放之電子能量和光的頻率相關
- 2.4 光是什麼？ 2-16
波和粒子兩面的
- 2.5 x 射線 2-17
由高能光子所組成
- 2.6 x 射線繞射 2-21
如何決定 x 射線的波長
- 2.7 康普頓效應 2-23
光子模型的進一步驗證
- 2.8 配對產生 2-28
能量轉換為物質
- 2.9 光子與重力 2-33
雖然光子沒有靜止質量，它們仍顯得像是具有重量一樣

CHAPTER 3

粒子的波特性

- 3.1 德布羅依波 3-2
一個移動中的物體表現出似乎具有波動性質
- 3.2 什麼波？ 3-4
機率波
- 3.3 描述一個波 3-6
波的一般公式

3.4	相速度與群速度	3-8
	組合而成的一群波，其速度未必會等於波本身的速度	
3.5	粒子繞射	3-13
	一個驗證德布羅依波存在的實驗	
3.6	箱子中的粒子	3-16
	為何一個被捕捉的粒子之能量會被量子化	
3.7	測不準原理一	3-18
	我們不能預知未來，因為我們不知道現在	
3.8	測不準原理二	3-23
	由粒子著手處理得到相同結果	
3.9	測不準原理應用	3-25
	一個有用的工具，而不只是一個負面的陳述	

CHAPTER 4

原子結構

4.1	核原子	4-2
	原子內部有很大的空間	
4.2	電子軌道	4-6
	原子的行星模型及其為何失敗	
4.3	原子光譜	4-9
	每個元素具有特徵的線光譜	
4.4	波耳原子	4-13
	原子中的電子波動	
4.5	能階和光譜	4-15
	當電子由一個能階躍遷至另一個較低的能階時會釋放出光子	
4.6	對應原理	4-20
	量子數越大時，量子物理越接近古典物理	
4.7	原子核運動	4-22
	原子核質量影響光譜線的波長	

4.8	原子激發	4-25
	原子如何吸收和釋放能量	
4.9	雷射	4-28
	如何產生完全一致的光波	
附錄：	拉塞福散射	4-34

CHAPTER 5

量子力學

5.1	量子力學	5-2
	古典力學為量子力學的近似	
5.2	波動方程式	5-4
	它可以是許多種類的解，包含了複數形式	
5.3	薛丁格方程式：時間相依型	5-7
	一個不能由其他原理推導出來的基本物理定律	
5.4	線性與疊加	5-10
	波函數相加，而非機率	
5.5	期望值	5-11
	如何由波函數中擷取資訊	
5.6	運算子	5-13
	另一個求出期望值的方法	
5.7	薛丁格方程式：穩態形式	5-15
	本徵值及本徵函數	
5.8	箱子中的粒子	5-18
	邊界條件與正規化如何決定波函數	
5.9	有限位能井	5-24
	波函數穿透牆，使能階降低	
5.10	穿隧效應	5-25
	一個沒有足夠能量可以跨越電位障的粒子仍有可能穿隧它	

5.11 諧振子	5-28
其能階為相等間隔	
附錄：穿隧效應	5-33

CHAPTER 6

氫原子的量子理論

6.1 氫原子的薛丁格方程式	6-2
對稱性建議球狀極座標	
6.2 變數分離	6-4
每個變數的微分方程式	
6.3 量子數	6-6
三維，三個量子數	
6.4 主量子數	6-8
能量的量子化	
6.5 軌道量子數	6-9
角動量大小的量子化	
6.6 磁量子數	6-11
角動量方向的量子化	
6.7 電子機率密度	6-12
沒有明確的軌道	
6.8 輻射躍遷	6-18
當電子由一個態到另一個時發生什麼事情	
6.9 選擇規則	6-20
某些躍遷比其他躍遷更有可能發生	
6.10 塞曼效應	6-23
原子如何與磁場相互作用	

CHAPTER 7

多電子原子

7.1	電子自旋	7-2
	不停地繞圈	
7.2	不相容原理	7-4
	原子中每一個電子其量子數集合不同	
7.3	對稱及反對稱波函數	7-6
	費米子及波色子	
7.4	週期表	7-8
	整合元素	
7.5	原子結構	7-11
	電子的殼與子殼	
7.6	解釋週期表	7-13
	原子的電子結構如何決定其化學行為	
7.7	自旋—軌道耦合	7-20
	角動量的磁性連結	
7.8	總角動量	7-22
	大小和方向都被量子化	
7.9	x 射線光譜	7-27
	它們是由於躍遷至內殼而產生	
	附錄：原子光譜	7-31

CHAPTER 8

分子

8.1	分子鍵	8-2
	電力將原子結合在一起形成分子	
8.2	電子共享	8-4
	共價鍵的機制	

8.3	H ₂ ⁺ 分子離子	8-5
	鍵結需要對稱波函數	
8.4	氫分子	8-9
	電子自旋必須為反平行	
8.5	複雜分子	8-10
	幾何形狀依原子的外層電子波函數	
8.6	轉動能階	8-15
	分子的轉動光譜位於微波區域	
8.7	振動能階	8-20
	一個分子可能有許多不同的振動模式	
8.8	分子的電子光譜	8-25
	螢光與磷光是如何產生的	

CHAPTER 9

統計力學

9.1	統計分布	9-2
	三種	
9.2	馬克士威爾—波茲曼統計	9-4
	像氣體分子之類的古典粒子所遵守的	
9.3	理想氣體中的分子能量	9-5
	它們變動，平均約為 $\frac{3}{2}kT$	
9.4	量子統計學	9-11
	波色子與費米子有不同的分布函數	
9.5	瑞利—金斯公式	9-16
	處理黑體輻射之古典方式	
9.6	普朗克輻射定律	9-19
	光子氣的行為如何	
9.7	愛因斯坦的處理方法	9-23
	引進受激放射	

9.8	固體的比熱	9-26
	古典物理再度失效	
9.9	金屬中的自由電子	9-28
	每個量子態不會超過一個電子	
9.10	電子能量分布	9-31
	為何除了在很高和很低溫，金屬中電子不會影響比熱的原因	
9.11	瀕死之星	9-32
	當一個星球用盡燃料時會發生的事情	

CHAPTER 10

固態

10.1	晶態與非晶態固體	10-2
	長距序與短距序	
10.2	離子晶體	10-4
	相反的吸引力可產生一個穩定的結合	
10.3	共價晶體	10-8
	共用電子導致最強的鍵結	
10.4	凡德瓦鍵	10-11
	弱但到處都有	
10.5	金屬鍵	10-14
	自由電子氣決定了金屬的特徵特性	
10.6	固體的能帶理論	10-21
	固體的能帶結構決定其是否為導體、絕緣體或半導體	
10.7	半導體元件	10-28
	<i>p-n</i> 接面的特性決定了微電子工業的發展	
10.8	能帶：另一種分析	10-36
	一個晶體晶格的週期性如何導致允許帶及禁止帶	
10.9	超導性	10-43
	完全沒有電阻，但只能在極低溫（目前為止）	

10.10 束縛電子對	10-47
超導性的關鍵	

CHAPTER 11

原子核結構

11.1 原子核組成	11-2
同一個元素的原子核有相同的質子數，但可能有不同的中子數	
11.2 原子核的一些特性	11-6
尺寸小，一個原子核可以有角動量及磁力矩	
11.3 穩定原子核	11-11
為何一些中子和質子的結合比其他的穩定	
11.4 束縛能	11-14
維繫一個原子核需要失去的能量	
11.5 液滴模型	11-18
一個對於束縛能曲線的簡單解釋	
11.6 殼模型	11-23
原子核中的魔術數字	
11.7 原子核力的介子理論	11-27
粒子交換可以產生吸引或是排斥	

CHAPTER 12

核子的轉換

12.1 放射性衰變	12-2
五種	
12.2 半衰期	12-7
越來越少，但總是殘留一些	
12.3 放射系	12-14
四種衰變序列，且每一個都結束於一個穩定的子產物	
12.4 阿爾法衰變	12-16
不可能出現於古典物理，然而它卻發生了	

12.5 貝他衰變	12-20
為何微中子應該存在，以及它如何被發現	
12.6 伽瑪衰變	12-24
像一個受激原子，受激原子核可放射光子	
12.7 截面積	12-25
測量特殊交互作用的可能性	
12.8 核子反應	12-30
在許多情況，先產生一個複核	
12.9 核子分裂	12-34
分裂與克服	
12.10 核子反應爐	12-38
$E_0 = mc^2 + \text{\$ \$ \$}$	
12.11 星球中的核融合	12-43
太陽與星球如何得到它們的能量	
12.12 融合反應爐	12-47
未來的能源在那兒？	
附錄：阿爾法衰變的理論	12-51

CHAPTER 13

基本粒子

13.1 交互作用與粒子	13-2
那個會影響那個	
13.2 輕子	13-4
真實基本粒子的三種配對	
13.3 強子	13-8
粒子遭遇到強交互作用	
13.4 基本粒子的量子數	13-12
在外表混沌中找到秩序	
13.5 夸克	13-17
強子的終極組成物	