

# 基本物理學

(上冊)

原著者：Halliday/Resnick

譯述者：潘家寅

FUNDAMENTALS OF  
**PHYSICS**

Second Edition    Extended

REVISED PRINTING

Halliday

Resnick

(第二增訂版)

科技圖書股份有限公司

# 基本物理學

(上册)

原著者：Halliday/Resnick

譯述者：潘家寅

(第二增訂版)

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：基本物理學（上册）  
原著者：Halliday/Resnick  
評述者：潘家寅  
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

七十六年十一月二版

特價新台幣 270 元

## 第二版修訂本序文

已準備編印基本物理學第二版，及基本物理學第二版擴大本之修訂本，仍應長期使用本書的人士對書中仍需更多新習題的要求。吾人已在問題 (questions) 中提供變化與增添超過了所需求的。也在課文中做了許多修訂，這是由教師處學習得來的，對於學生在清晰的介紹中；由改進更加獲益。這一切在校外工作及教室內討論的題目中均已提供可觀的改進。

習題 (problems) 的新組合，約超過 2900 則，約淨增了第二版幾達 40%。非任何其他教本可與倫比。為協助學生及教師組織及評估此大量習題，已做了許多工作。首先已分出最易的習題，乃是傳統型的，涉及一個步驟或公式，或代表一單純的應用，且稱之謂練習題 (exercises) 以資區別。此等練習題實際上已幾增加 1000 則，乃為建立學生們的信心，且約含總習題數的三分之一。均以數字標明，且在每章依章節分組，第一節需要概全俾能解決習題。

其餘的三分之二 (約 2000 則) 的習題則分成約為等量的兩類習題標明 依章節組之習題 (Problem Grouped by Section) 及增添的習題 (Additional Problems)，且廣續的以數目標識。其不同處僅在列出的方式且均難易相同。最後一組為增添之習題，均依難易次序列出，而無視章節，且應聽從教師是否在章節上做啓示。依章節分組之習題均以每章每節中難易順序，即第一節需要研習俾能解答習題。在一切場合中特別難的少數習題用星號 \* 標識在習題數目之左上角。因此有許多指引提供評估習題廣濶與伸縮之組合。

或者同等重要的是數目可觀的新習題適合學生興趣的“真實世界”的分類。這涉及的情況對學生由他們日常經驗及相關事項中所諳熟的這種事實。誠然，許多新習題對其他教師的服務其功能也如興趣與明晰均由增添的 200 則以上的新數量更提高了。大多數新習題均由作

## 2 基本物理學（上册）

者之教室或對課本有經驗的使用者測驗教材中遴選的。

在預備此等習題之新組合中已妥為保留許多已是多年來便保存的教室中測驗的可靠而實際的習題。許多老習題又更精晰的校對過，且偶爾增減或更換一些數字。長期的使用本書的人士不會發覺他們中意的被刪除了。

已為許多教授服務過的習題，是教室中討論教材的優良來源，及校外閱讀觀念的闡明，因此已相應的擴充與改進之。現已有 1200 則以上的問題約較第二版增添 25%，且均有新數目增加。對較有基礎的學生所要求的，均已編纂，且切合教材。許多與每日現象有關的事項——大氣，廚房，審美的，職業的，以及類似的——或其他一些均提供之以引起興趣與好奇。所有此等在問題及習題中之變化與增添均設計以增進大學生對事物之訴求與關切。

課本本身之變更以應使用本書人士之建議，且已做若干更改。因改進明晰使學生更易於瞭解。許多此等變更與學生生活所厭煩的習俗（慣用的）符號（訊號）有關——都卜勒效應，熱與功，以及幾何光學均為尤其討厭的領域。此外，已重新撰寫若干新章節，諸如火箭的習題及處理非守恒力，在此已清楚的改進。已介紹依據光速改進長度的新定義，已仔細併入電磁學的含義。最後，並重新整理若干附錄，增添新的教材，均為修習所必須。因此這本修訂本——嚴格的說雖然不是一本新的版本——但確是一本有顯著的步驟使一種新版本完全朝着較大的利用及有效性方向進行。

我們感謝 Edward Derringh (Wentworth Institute, J. Richard Christman (U. S. Coast Guard Academy) 的有力的協助及重要任務。以及 Kenneth Brownstein (University of Maine) 在習題方面的準備與評估，以及 Albert Altman (University of Lowell), Robert Bowden (Virginia Polytechnic Institute and State University) W. Farrell Edwards (Utah State University), George W. Ficken, Jr. (Cleveland State University), Andrew L. Gardner (Brigham Young University), Richard Guglielmino (Glendale College), William J. Kernan Jr. (

Iowa State University ) Brij M. Khorana ( Rose-Hulman Institute of Technology ), Kenneth Krane ( Oregon State University ), James H. Stith ( U. S. Military Academy ), M. J. Stott ( Queen's University ), 以及 Gordon A. Wolfe ( Southern Oregon State College ) 諸位先生之鼎助。

我們也感謝 Benjamin Chi ( SUNY Albany ) 他對於圖片是一位特別顧問, 又對於 John Balbalis 是過去廿五年來做有價值的貢獻, 是一位傑出的主要圖解者。還有對於處理生產助理 Farrell Edwards ( Utah State University ), John Merrill ( Brigham Young University ), 及 Edward Derringham ( Wentworth Institute ), 以及對於如此提供廣泛秘書工作的 Kay Guyette 諸位先生女士, 最後物理出版者 Robert McConin, 也是在 John Wiley & Son 公司的職員他的協調如此有效對我們的幫助是無法評估的。

我們希望最後的成品提供努力的價值。

David Halliday

3 Clement Road

Hanover, New Hampshire 03755

Robert Resnick

Rensselaer Polytechnic Institute

Troy, New York 12181

January, 1986

# 序 言

這本“基本物理學”的第二版是它第一版的主要修訂本。原來仔細簡縮的“物理學”(1966)是一本較長而又高深的教本，“基本物理學”，已全然由新版“物理學”(1978)做適切的變更而有實質上的改進了。然而，除包括此等顯著的改進外，我們也利用第一版“基本物理學”之大量讀者廣泛而詳盡的批評，本身再做此書各種景象實質上有效性的評估。再者，在教學法的策略上主要的改進，審慎添加適當新教材、問題、習題及例題的延伸與分類，與在許多章節中對教材介紹的重組，均已達到獨立程度。從此為許多評論者做深入的評估而得有成效的不變了。這一切已導致產生一本性質新穎的教科書，多少具有成熟茁壯的意味與原來的物理教本不同且具其獨立性。

茲詳列如下各項說明，則本書第一版的讀者將更耳目一新。

- (a) 已計畫將本書物理的展開給予較以往寬鬆的體裁，現在的對於學生的研讀較易，在每章中各種成分（課文、圖片、舉例、圖表、引證、參考、問題、習題等等）間均有註釋與辨識。
- (b) 設計工作是全新的：今用色彩有助教學。所有數字的圖表均經檢查，且為現代化的，經計算機描繪的，可增進精確性。已增添大量新圖片、尺寸大小、註字及編排對圖片之有效性有更大的評價。
- (c) 每章內頁空白處的註解為主要發展的欄外標題，為學生做為“測位器”。再者，每章末有“複習性指引及摘要”顯著地鑑識其主要點，重複溫習關鍵性方程式，且為複習目標參考適當的例題。
- (d) 思考性問題、習題以及例題已編輯進去，而修正、編排，至於範圍、分佈及選擇的情形已因大量增加而提高品質。思考性問題數目現在是 844 則（增加 33 %）；習題現在是 1872 則（比第一版增加 45 % 以上，及 1974 年修訂本增加 14 % 以上），而例題

## 2 基本物理學（上冊）

現在為 256 則（增加 25 %）。

- (e) 所有圖表均已審慎復閱，採取最新的、改進的。課文本亦在最近測定及發現項目下採用最新的，而且附錄也是現代化的。
- (f) 已朝向完全 SI 單位制之處邁進一大步。為教學的理由已在以往力學的章節中與英制一併採用。
- (g) 應讀者最大的要求已增添新的章節及新的教材。例如內功與動能，轉動與平移運動的組合，阻尼諧和運動，強迫擺動及共振，衛星運動，聲響強度，熱傳導包括對流及輻射，電阻性的依存溫度，電的測定儀錶，互感應，地磁性，雷射光，光學中之虛目標，光學儀器以及完全新穎的一章，第三十六章交流電中。
- (h) 課文中有許多已重寫及重編了，俾增進瞭解及學習性。且在報導中更增大適應性。若干實例如：以前的一章，粒子的動力學，已經分成更易處理的兩章；畢奧 - 沙瓦定律（Biot-Savart law）現在也在適當的一章內，在安培定律前先介紹之；在第二十七章電容器及介電質中之已重新安排，如此則一切有關介電質之論題均在該章後段一併處理；隨後的各論題則在電磁振盪、交流電及馬克士威方程式各章中為較大的連貫性及瞭解性，以及為與力學更直接的類似故有所更張；質 - 能、有效截面、轉動動力學、進行波、熱膨脹、內能、熵、通量、電流密度、物質之磁性、輻射源、在鏡中及透鏡中之符號、都卜勒效應、及波動力學均已大量重寫了。

在第一版問世後的十年間，所做的一切更張，均以物理學課程中客觀的情勢為指引。在此期間之末期，我們發覺學生的組成已變更，學生的預修亦已變更，課程的長短也不同了。採用的教材大有偏好，論題相當適切均較多樣性，誘導因素亦不同，而且對現在教學與學習的器材需要也有增長。這一切對各種讀者主題的豐富與教導的品位均顯露出是優秀的。希望此書的第二版引起物理學的廣大魅力，且對物理教育有所貢獻。

一本教科書對一主題之闡釋，其所蘊含的要比作者單獨的貢獻大



得多。由 Farrell Edwards ( 猶他州立大學 ) 及 John Merrill ( 楊百翰大學 ) 積極的協助已獲益匪淺，像在第一版時一樣，又如 Lawrence E. Evans ( Duke 大學 ) ， Russell K. Hobbie ( 明尼蘇達大學 ) 及 B. A. McInnes ( University of Sydney ) 亦有建設性的審查與評論。SUNY Albany 的 Benjamin Chi 對插圖是一位特別顧問。我們對本書有實際貢獻的物理學家們致謝。John Wiley and Son 公司的職員由物理學編輯 Robert McConnin 重大而有效的配合，在各種細節上均已顯著的證明了，我們也對此機構之成員樂於表示謝忱。我們的首席插圖設計人 John Balbalis ，已工作了二十餘年在此也要特別提起。我們也樂於對習題方面的協助感謝 Edward Derringh ( Wentworth Institute ) ，以及對廣泛的秘書工作者 Carolyn Clemente 致謝。最後，對許多讀者的有關人士，對本書有興趣的、有關係的以及努力教學的支持者，我們致誠摯的謝意。可能讀者是受益人。

雷士勒 ( Robert Resnick )  
Rensselaer Polytechnic Institute  
Troy, New York 12181

霍立德 ( David Halliday )  
3 Clement Road  
Hanover, New Hampshire 03755

## 增訂擴大版序

許多大學院校反映，在基本物理課程中，極需對現代物理學的概念認識。在某些大學，光學與現代物理學構成課程的主題，另外些學校在課程末段，概略介紹一部分現代物理學題材。這兩種安排，均無足夠時間，完整地詳述量子論或相對論。但在原子、核子與固態物理學中都迫切需要這些理論的基本概念。在第二版“基本物理學”中已強調這種需要，其中有七章與一特別補充論題，提供認識現代物理學所需的題材。

第四十二與四十三章詳述量子物理的基本觀念，並用實驗為根據充分加以解釋。這些觀念分別在各論題中融入波質點二元性，不確定原則與波功能等構成以現代物理現象為背景的量子論。這兩章與第二版“基本物理學”是相同的\*。本書中特殊相對論也出現在書中某些部分。另外新加入特殊相對論的補充論述。將這些觀念與結論前後連貫，加上許多實例、新觀點、新習題。使本書的內容擴展的範圍更大，更能符合教授們理想的一本修習指南。

最後五章關於原子、固態與核子物理等全是新的，與書中原來的現代物理題材及特殊相對論結合，成為很豐富的現代物理入門書。這幾章中基本原理與應用並重，在目錄就可看出。在現象中質與量的論述也很平衡。細讀其中各節就能體會。其中論述相當深入，與古典物理的論點不同。例如在新題材中有 37 個實例、126 個思考問題。215 個習題。總之，作為入門教科書，本書在選擇論題與深度上均有最佳安排。此外，教師們可在安排課程時，可選取適當部分使用。

我們歡迎使用這新版本的讀者，經過教室的體驗，能給我們一些回饋，使這本書更能符合需要。


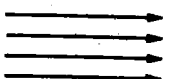
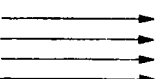

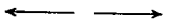





霍立德 D Halliday

雷士勒 R Resnick

---

\* 參見前頁第二版物理學基本原理之序言。

在此書箭號的表示

<p>向量</p> 	<p>光束</p> 	<p>場線及流線</p> 	<p>運動或電流</p> 
<p>尺度線</p> 	<p>座標軸</p> 	<p>場線 進入 平面</p>  <p>場線 離開 平面</p> 	<p>運動或 電流進 入平面</p>  <p>運動或 電流離 開平面</p> 

# 基本物理學(上冊)

## 目 錄

第二版修訂本序文

序 言

增訂擴大版序

### 第一章 量 度

1.1 物理量、標準及單位	1
1.2 國際單位制 *	2
1.3 長度標準	6
1.4 質量標準	8
1.5 時間標準	11
複習性指引及摘要	14
問 題	15
習 題	17

### 第二章 向 量

2.1 向量和純量	23
2.2 向量的加法、幾何法	24
2.3 向量的分解與相加、解析法	26
2.4 向量的乘法 *	32
複習性指引及摘要	36
問 題	38
習 題	38

### 第三章 一維運動

## 2 基本物理學 (上冊)

3.1 力學	49
3.2 粒子運動學	49
3.3 平均速度	50
3.4 瞬時速度	51
3.5 一維運動 — 變速度	53
3.6 加速度	57
3.7 一維運動 — 變加速度	58
3.8 一維運動 — 等加速度	59
3.9 單位和因次的一致	65
3.10 自由落體*	66
複習性指引及摘要	69
問題	70
習題	73

## 第四章 平面運動

4.1 位移、速度與加速度	87
4.2 等加速度的平面運動	88
4.3 拋射體運動	89
4.4 等速圓周運動	96
4.5 相對速度和加速度	100
複習性指引及摘要	103
問題	104
習題	106

## 第五章 粒子動力學—I

5.1 導論	121
5.2 古典力學	121
5.3 牛頓第一定律	123
5.4 力	125
5.5 質量；牛頓第二定律	126

5.6	力學單位制	130
5.7	牛頓第三定律	132
5.8	力定律	136
5.9	重量與質量	137
5.10	量度力的靜力步驟	138
5.11	牛頓運動定律的應用	139
	複習性指引及摘要	148
	問 題	150
	習 題	155

## 第六章 粒子動力學—II

6.1	導 論	169
6.2	摩擦力	169
6.3	等速圓周運動的動力學	178
	複習性指引及摘要	185
	問 題	186
	習 題	188

## 第七章 功與能

7.1	導 論	203
7.2	不變力所作的功	204
7.3	變力所作的功 — 一維情形	210
7.4	變力所作的功 — 一般情形	213
7.5	動能與功 - 能定理	214
7.6	功 - 能定理的重要性	217
7.7	功 率	218
	複習性指引及摘要	220
	問 題	221
	習 題	223

## 第八章 能量守恒

8.1 導 論	234
8.2 守恒力	234
8.3 位 能	238
8.4 一維守恒系統	242
8.5 機械能及位能曲線	247
8.6 二維和三維守恒系統	249
8.7 非守恒力	252
8.8 能量守恒	255
8.9 質量與能量	258
複習性指引及摘要	261
問 題	262
習 題	264

## 第九章 粒子系統的動力學

9.1 質量中心	283
9.2 質量中心的運動	288
9.3 內功及動能	291
9.4 粒子的線動量	295
9.5 粒子系統的線動量	297
9.6 線動量守恒	298
9.7 動量原理的應用	299
複習性指引及摘要	304
問 題	305
習 題	307

## 第十章 碰 撞

10.1 何謂碰撞	320
10.2 衝量與動量	323

10.3 碰撞時的動量守恒 .....	325
10.4 一維碰撞 .....	326
10.5 二維與三維碰撞 .....	332
10.6 反應與衰變過程 .....	337
10.7 有效截面 .....	340
複習性指引及摘要 .....	342
問 題 .....	343
習 題 .....	345

## 第十一章 轉動運動學

11.1 轉 動 .....	359
11.2 轉動運動學——變數 .....	360
11.3 等角加速度的轉動 .....	362
11.4 粒子圓周運動時線運動學與角運動學之關係 .....	365
複習性指引及摘要 .....	368
問 題 .....	369
習 題 .....	370

## 第十二章 轉動動力學

12.1 導 論 .....	379
12.2 轉 矩 .....	379
12.3 角動量 .....	382
12.4 粒子系 .....	386
12.5 轉動的動能與轉動慣量 .....	388
12.6 剛體的轉動動力學 .....	392
12.7 滾動體 .....	400
12.8 角動量守恒 .....	405
複習性指引及摘要 .....	410
問 題 .....	412
習 題 .....	416



## 第十三章 剛體的平衡

13.1 靜態平衡中之剛體	435
13.2 重心	438
13.3 平衡的實例	440
複習性指引及摘要	447
問題	448
習題	450

## 第十四章 振盪

14.1 振盪	464
14.2 簡諧振動子	466
14.3 簡諧運動	470
14.4 簡諧運動的能量	477
14.5 簡諧運動的應用	480
14.6 簡諧運動與等速圓周運動的關係	483
14.7 諧和運動的組合	487
14.8 阻尼諧和運動	489
14.9 強迫擺動及共振	491
複習性指引及摘要	494
問題	495
習題	497

## 第十五章 重力

15.1 萬有重力定律	512
15.2 萬有重力常數, $G$	515
15.3 慣性質量和重力質量	519
15.4 球狀分佈質量的重力效應	521
15.5 重力加速度	526
15.6 重力場	529