

科技用書

物理學基礎

冉長壽
陳顯榮

譯

(上册)

Fundamentals of **PHYSICS**

Revised Printing

(修訂新版)

DAVID HALLIDAY

University of Pittsburgh

ROBERT RESNICK

Rensselaer Polytechnic Institute

大行出版社印行

科技用書

物理學基礎

冉長壽
陳顯榮

譯

(上册)

Fundamentals of **PHYSICS**

Revised Printing

(修訂新版)

DAVID HALLIDAY

University of Pittsburgh

ROBERT RESNICK

Rensselaer Polytechnic Institute

大行出版社印行



中華民國七十二年七月 日五版

書名：物理學基礎(新修訂版)

著作者：冉長壽・陳顯榮

發行人：裴振九

出版者：大行出版社

社址：台南市體育路41巷26號

電話：6 1 3 6 8 5 號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字第：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：6 5 1 9 1 6 號

特價：平 190 元精 230 元

編號：Q 0 0 0 5 - 0 0 2 6 9

同業友好・敬請愛護

修訂版原序

應教師們的要求在書中增加新的問題，我們準備了物理學基礎的修訂版。由於原來 1220 道題的成功，我們在實質上予以全部保留，另再增加 450 道新題——約增百分之三十七。新增習題，平均分配於各章，與原習題大致有同樣的水準。

我們藉此機會根據教學經驗改進了相當數目的原題；譬如，使文字簡化顯明，加註提示與解釋，引介有助之數據與參考文獻，以及訂正印刷錯誤等。在這新訂版中，教科書的主文亦曾作許多同樣小的改進。全套習題，我們比以前益偏向於採用米（SI）制。

為了便於學生們與教師們編組及求解這麼多習題，我們會完成幾項措施。首先，把每章習題均按節數予以分組，節數代表能夠作出該習題所須通曉的第一節課文。其次，在每一節的一組題中，我們按易難程度，依序編排。自然，設若對某些習題有着不同的解法，以及有不同的教學價值與情趣，按節數與易難程度編排都不是絕對的。例如，標為 17(4) 的習題，意思是這一章的第十七題，需要貫通本章第四節的內容才能解答。最後，我們對習題附以說明，並將單號習題的答案直接置諸各該習題之後，而不再排於全書之末。

雖然本書遠超過一本對原增訂版的新修正版，像我們以上所解釋的，但嚴格說來，並非新的增訂版。我們稱其為修訂版，而且我們也視其為比早期版本更為有用的教學工具。我們現正從事於新的物理學導論教科書的編著，而不準備本書的增訂版。

我們對法雷爾愛德華（Farrell Edwards）與約翰麥瑞爾（John Merrill）在準備這本物理學基礎修訂版時的賜助深致謝忱。

1974 年元月

大衛哈立德（David Halliday）

匹茲堡大學（University of Pittsburgh）

匹茲堡，賓夕凡尼亞，15260（Pittsburgh, Pennsylvania, 15260）

羅勃雷司尼克（Robert Resnick）

嫩色蕾業工藝學院（Rensselaer Polytechnic Institute）

特洛伊，紐約，12181（Troy, New York, 12181）

譯 序

本書譯自大衛哈立德 (David Halliday) 與羅勃雷司尼克 (Robert Resnick) 的“最新修訂版物理學基礎” (Fundamentals of Physics , Revised Printing) 。

哈立德與雷司尼克在 1966 年曾合著“物理學” (Physics) 一書，資料豐富、論證嚴謹，為大專院校所採用；於是，一版，再版，而風行一時。及至 1970 年，哈、雷二氏鑒於大學中科學、工程等課程之演變，修習普通物理學的時間減少、乃推出一種新的版本“物理學基礎” (Fundamentals of Physics) 。該書敘理明晰，簡潔扼要，摒除冗雜，而仍廣蓋物理的基本原理，實具有“物理學”一書之精華，却節省讀者研習之時間。故譯者予以逐譯，以享國內讀者，對物理之教學改進裨益良多。

今者，哈、雷二氏根據實際教學經驗，以及順應教授該書者之要求，將“物理學基礎”予以修訂。除改進原有習題，新增 450 道新題外，並修訂部份本文，使用詞句力求簡明而無含混，以期成為更有效之教材。爰將原譯本按新修訂版予以更新，以供國內大專院校理工科系學生繼續使用。其內容可資一年教學之用，不似其他教材之冗繁、深奧，亦不似某些教科書之過於簡單、粗淺；由古典而近代，循序漸進，涵蓋物理學之全部範疇，對目前國內大專理工教育而言，實為奠定學子物理基礎之最佳書籍。

最後，譯者對熱心文化事業大行出版社之鼎力合作，順利刊行本書，尤為感謝。至於疏漏之處，尚祈讀者指正幸！

譯者 陳顯榮 冉長壽 謹識

國立成功大學物理系

民國六十七年元月

一些物理常數 (Some Physical Constants

(更完整的表可參閱附錄 A，其中列出最佳的實驗值。)

光速	c	3.00×10^8 米/秒 1.86×10^5 哩/秒
質 - 能關係	c^2	931 百萬電子伏特/原子質量單位 8.99×10^{16} 焦耳/千克
重力常數	G	6.67×10^{-11} 牛頓 · 米 ² /千克 ² 3.44×10^{-8} 磅 · 呎 ² /斯勒格 ²
通用氣體常數*	R	8.31 焦耳/克分子 K° 0.0823 升 · 大氣壓/克分子 K°
磁導常數	μ_0	1.26×10^{-6} 亨利/米
介電常數	ϵ_0	8.85×10^{-12} 法拉/米
亞佛加厥常數*	N_0	6.02×10^{23} 分子/克分子
波子曼常數	k	1.38×10^{-23} 焦耳/分子 K° 8.63×10^{-5} 電子伏特/分子 K°
浦郎克常數	h	6.63×10^{-34} 焦耳 · 秒 4.14×10^{-15} 電子伏特 · 秒
基本電荷	e	1.60×10^{-19} 庫倫 4.80×10^{-10} 靜庫倫
電子靜質量	m_e	9.11×10^{-31} 千克
質子靜質量	m_p	1.67×10^{-27} 千克

* 此處，以及全書各處，“1 克分子” = “1 克分子量” (= 10^{-3} 千克分子量)。

一些物理性質 (Some Physical Properties)

空氣 (乾燥, 20°C 和 1 大氣壓)

密度

1.29 千克/米³

定壓比熱

1.00×10^5 焦耳/千克°C°

0.240 卡/克°C°

比熱比 (γ)

1.40

聲速

331 米/秒

1090 呎/秒

水 (20°C 和 1 大氣壓)

密度

1.00×10^3 千克/米³

1.00 克/厘米³

聲速

1460 米/秒

4790 呎/秒

折射率 ($\lambda = 5890$ 埃)

1.33

定壓比熱

4180 焦耳/千克°C°

1.00 卡/克°C°

熔化熱 (0°C)

3.33×10^5 焦耳/千克

79.7 卡/克

汽化熱 (100°C)

2.26×10^6 焦耳/千克

539 卡/克

地球

質量

5.98×10^{24} 千克

平均半徑

6.37×10^6 米

3960 哩

平均地球 - 太陽距離

1.49×10^8 千米

9.29×10^7 哩

平均地球 - 月球距離

3.80×10^5 千米

2.39×10^5 哩

標準重力加速度

9.81 米/秒²

32.2 呎/秒²

標準大氣壓

1.01×10^5 牛頓/米²

14.7 磅/吋²

760 毫米 - Hg

一些有用的數目 (Some Useful Numbers)

$$\sqrt{2} = 1.414$$

$$\sqrt{3} = 1.732$$

$$\sqrt{10} = 3.162$$

$$\pi = 3.142$$

$$\pi^2 = 9.870$$

$$\sqrt{\pi} = 1.772$$

$$\log \pi = 0.4971$$

$$4\pi = 12.57$$

$$e = 2.718$$

$$1/e = 0.3679$$

$$\log e = 0.4343$$

$$\ln 2 = 0.6932$$

$$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0.5000$$

$$\cot 30^\circ = \tan 60^\circ = 1.7321$$

$$\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = 0.8660$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.7071$$

$$\tan 30^\circ = \cot 60^\circ = 0.5774$$

$$\tan 45^\circ = \cot 45^\circ = 1.0000$$

底的換算

$$\log x = \ln x / \ln 10 = 0.4343 \ln x$$

$$\ln x = \log x / \log e = 2.303 \log x$$

一些換算因數 (Some Conversion Factors

(更完整的表可參閱附錄 E 。)

質量

$$1 \text{ 千克} = 2.21 \text{ 磅 (質量)} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 原子質量單位}$$

$$1 \text{ 斯勒格} = 32.2 \text{ 磅 (質量)} = 14.6 \text{ 千克}$$

長度

$$1 \text{ 米} = 39.4 \text{ 吋} = 3.28 \text{ 呎}$$

$$1 \text{ 哩} = 1.61 \text{ 千米} = 5280 \text{ 呎} ; 1 \text{ 吋} = 2.54 \text{ 厘米}$$

$$1 \text{ 毫微米} = 10^{-9} \text{ 米} = 10 \text{ 埃}$$

時間

$$1 \text{ 日} = 86,400 \text{ 秒}$$

$$1 \text{ 年} = 365 \text{ 日} = 3.16 \times 10^7 \text{ 秒}$$

角量度

$$1 \text{ 呎} = 57.3^\circ = 0.159 \text{ 轉}$$

速率

$$1 \text{ 哩/小時} = 1.47 \text{ 呎/秒} = 0.447 \text{ 米/秒}$$

電與磁

$$1 \text{ 庫侖} = 3.00 \times 10^9 \text{ 靜庫侖}$$

$$1 \text{ 安培} = 3.00 \times 10^9 \text{ 靜安培}$$

$$1 \text{ 韋伯/米}^2 = 1 \text{ 特士拉} = 10^4 \text{ 高斯}$$

力與壓力

$$1 \text{ 牛頓} = 10^5 \text{ 達因} = 0.225 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 牛頓/米}^2 = 10 \text{ 達因/厘米}^2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ 磅/吋}^2 \\ = 9.87 \times 10^{-6} \text{ 大氣壓} = 7.50 \times 10^{-4} \text{ 厘米} \cdot \text{Hg}$$

能量與功率

$$1 \text{ 焦耳} = 10^7 \text{ 爾格} = 0.239 \text{ 卡} = 0.738 \text{ 呎} \cdot \text{磅}$$

$$1 \text{ 電子伏特} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ 焦耳} = 1.60 \times 10^{-12} \text{ 爾格}$$

$$1 \text{ 馬力} = 746 \text{ 瓦特} = 550 \text{ 呎} \cdot \text{磅/秒}$$

物理學基礎 目 錄

第一章 測量 (Measurement)

1 - 1	物理量, 標準, 與單位 (Physical Quantities, Standards, and Units)	1
1 - 2	參考坐標系 (Reference Frames)	2
1 - 3	長度標準 (Standard of Length)	3
1 - 4	時間標準 (Standard of Time)	5
1 - 5	單位制 (Systems of Units)	10
	問題	11
	習題	12

第二章 向量 (Vectors)

2 - 1	向量與純量 (Vectors and Scalars)	15
2 - 2	向量加法, 幾何法 (Addition of Vectors, Geometrical Method)	16
2 - 3	向量分解與加法, 解析法 (Resolution and Addition of Vectors, Analytic Method)	18
2 - 4	向量乘法 (Multiplication of Vectors)	24
	問題	27
	習題	28

第三章 一度空間運動 (Motion in One Dimension)

3 - 1	力學 (Mechanics)	35
3 - 2	質點運動學 (Particle Kinematics)	35
3 - 3	平均速度 (Average Velocity)	36
3 - 4	瞬速 (Instantaneous Velocity)	37
3 - 5	一度空間運動——變速率 (One-Dimensional Motion——Variable Velocity)	38

3 - 6	加速度 (Acceleration)	41
3 - 7	一度空間運動——變加速度 (One-Dimensional Motion--- Variable Acceleration)	44
3 - 8	一度空間運動——等加速度 (One-Dimensional Motion--- Constant Acceleration)	45
3 - 9	單位與因次的一致 (Consistency of Units and Dimensions)	49
3 - 10	自由落體 (Freely Falling Bodies)	51
	問題	55
	習題	56
第四章 平面運動 (Motion in a Plane)		
4 - 1	位移, 速度, 與加速度 (Displacement, Velocity, and Acceleration)	64
4 - 2	等加速度平面運動 (Motion in a Plane with Constant Acceleration)	65
4 - 3	拋體運動 (Projectile Motion)	67
4 - 4	等速圓周運動 (Uniform Circular Motion)	72
4 - 5	相對速度與加速度 (Relative Velocity and Acceleration)	76
	問題	79
	習題	80
第五章 質點動力學 (Particle Dynamics)		
5 - 1	引言 (Introduction)	89
5 - 2	古典力學 (Classical Mechanics)	89
5 - 3	牛頓第一定律 (Newton's First Law)	91
5 - 4	力 (Force)	93
5 - 5	質量, 牛頓第二定律 (Mass; Newton's Second Law)	95
5 - 6	牛頓第三定律 (Newton's Third Law)	97
5 - 7	力學單位制 (Systems of Mechanical Units)	101
5 - 8	力律 (The Force Laws)	103

5 - 9	重量與質量 (Weight and Mass)	103
5 - 10	力的靜測法 (A Static Procedure for Measuring Forces).....	106
5 - 11	牛頓運動定律的一些應用 (Some Applications of Newton's Laws of Motion)	107
5 - 12	摩擦力 (Frictional Forces)	115
5 - 13	等速圓周運動動力學 (The Dynamics of Uniform Circular Motion)	121
	問題	126
	習題	129
第六章 功與能 (Work and Energy)		
6 - 1	引言 (Introduction)	145
6 - 2	常力所作的功 (Work Done by a Constant Force)	146
6 - 3	變力所作的功——一度空間情形 (Work Done by a Variable Force—One Dimensional Case)	151
6 - 4	變力所作的功——二度空間情形 (Work Done by a Variable Force—Two Dimensional Case)	154
6 - 5	動能與功能定理 (Kinetic Energy and the Work-Energy Theorem)	155
6 - 6	功能定理的意義 (Significance of the Work-Energy Theorem)	159
6 - 7	功率 (Power)	160
	問題	161
	習題	162
第七章 能量守恒 (The Conservation of Energy)		
7 - 1	引 言 (Introduction)	169
7 - 2	守恒力 (Conservative Forces)	169
7 - 3	位能 (Potential Energy)	173
7 - 4	一度空間的守恒系統 (One-Dimensional Conservative Systems)	177

7 - 5	機械能與位能曲線 (Mechanical Energy and the Potential Energy Curve)	182
7 - 6	二度與三度空間的守恒系統 (Two-and Three-Dimensional Conservative Systems)	184
7 - 7	非守恒力 (Nonconservative Forces)	186
7 - 8	能量守恒 (The Conservation of Energy)	190
7 - 9	質量與能量 (Mass and Energy)	191
	問題	194
	習題	195
第八章 線動量守恒 (Conservation of Linear Momentum)		
8 - 1	質 心 (Center of Mass)	205
8 - 2	質心的運動 (Motion of the Center of Mass)	210
8 - 3	質點的線動量 (Linear Momentum of a Particle)	212
8 - 4	質點系統的線動量 (Linear Momentum of a System of Particles)	213
8 - 5	線動量守恒 (Conservation of Linear Momentum)	214
8 - 6	動量原理的一些應用 (Some Applications of the Momentum Principle)	216
	問題	221
	習題	222
第九章 碰撞 (Collisions)		
9 - 1	什麼是碰撞 (What is a Collision)?	230
9 - 2	衝量與動量 (Impulse and Momentum)	232
9 - 3	碰撞期間動量的守恒 (Conservation of Momentum during Collisions)	233
9 - 4	一度空間內的碰撞 (Collisions in One Dimension)	234
9 - 5	二度與三度空間內的碰撞 (Collisions in Two and Three Dimensions)	241
6	截面 (Cross Section)	244
9 - 7	反應與衰變過程 (Reactions and Decay Processes)	246

問題.....	249
習題.....	250
第十章 轉動運動學 (Rotational Kinematics)	
10 - 1 轉動 (Rotational Motion).....	261
10 - 2 轉動運動學——變量 (Rotational Kinematics——The Variables).....	262
10 - 3 等角加速轉動 (Rotation with Constant Angular Acceleration).....	265
10 - 4 圓周運動中質點的線角運動學間的關係 (Relation between Linear and Angular Kinematics for a Particle in Circular Motion)	267
問題.....	270
習題.....	270
第十一章 轉動動力學與角動量守恒 (Rotational Dynamics and the Conservation of Angular Momentum)	
11 - 1 引 言 (Introduction)	275
11 - 2 作用於一質點的轉矩 (Torque Acting on a Particle).....	275
11 - 3 質點的角動量 (Angular Momentum of a Particle)....	278
11 - 4 質點系統 (Systems of Particles).....	280
11 - 5 轉動的動能與轉動慣量 (Kinetic Energy of Rotation and Rotational Inertia)	284
11 - 6 剛體的轉動動力學 (Rotational Dynamics of a Rigid Body)	288
11 - 7 角動量守恒 (Conservation of Angular Momentum) ..	297
11 - 8 轉動動力學—復習 (Rotational Dynamics - A Review)	303
問題	304
習題	306

第十二章 剛體的平衡 (Equilibrium of Rigid Bodies)

12 - 1	剛體的平衡 (The Equilibrium of a Rigid Body).....	317
12 - 2	重心 (Center of Gravity).....	319
12 - 3	平衡舉例 (Examples of Equilibrium).....	322
	問題.....	327
	習題.....	328

第十三章 振盪 (Oscillations)

13 - 1	振盪 (Oscillations).....	335
13 - 2	簡諧振盪器 (The Simple Harmonic Oscillator).....	337
13 - 3	簡諧運動 (Simple Harmonic Motion).....	341
13 - 4	簡諧運動的能量 (Energy Considerations in Simple Harmonic Motion).....	346
13 - 5	簡諧運動的應用 (Applications of Simple Harmonic Motion).....	352
13 - 6	簡諧運動與等速圓周運動的關係 (Relation between Simple Harmonic Motion and Uniform Circular Motion).....	356
13 - 7	諧運動的組合 (Combinations of Harmonic Motions).....	360
	問題.....	362
	習題.....	363

第十四章 重力 (Gravitation)

14 - 1	萬有引力定律 (The Law of Universal Gravitation).....	372
14 - 2	萬有引力常數, G (The Constant of Universal Gravitation, G).....	376
14 - 3	慣性質量 and 重力質量及當量原理 (Inertial and Gravitation Mass and the Principle of Equivalence).....	380
14 - 4	球狀分佈質量的重力效應 (Gravitation Effect of a Spherical Distribution of Mass).....	382
14 - 5	重力加速度, g (Gravitational Acceleration, g).....	387

14 - 6	重力場 (The Gravitational Field)	391
14 - 7	行星和衛星的運動 (The Motions of Planets and Satellites)	392
14 - 8	重力位能 (Gravitational Potential Energy)	396
14 - 9	多質點系統的位能 (Potential Energy for Many- Particle Systems)	399
14 - 10	行星和衛星運動的能量考究 (Energy Considerations in the Motions of Planets and Satellites)	401
	問題	403
	習題	406
第十五章 流體力學 (Fluid Mechanics)		
15 - 1	流體 (Fluids)	415
15 - 2	壓力與密度 (Pressure and Density)	415
15 - 3	靜流體中的壓力變化 (The Variation of Pressure in a Fluid at Rest)	417
15 - 4	巴斯噶原理與阿基米得原理 (Pascal's Principle and Archimedes' Principle)	421
15 - 5	壓力的量度 (Measurement of Pressure)	423
15 - 6	流體動力學 (Fluid Dynamics)	426
15 - 7	流線和續流方程式 (Streamlines and the Equation of Continuity)	428
15 - 8	白努力方程式 (Bernoulli's Equation)	430
15 - 9	白努力方程式和續流方程式的應用 (Applications of Bernoulli's Equation and the Equation of Continuity)	433
	問題	438
	習題	441
第十六章 彈性介質中的波 (Waves in Elastic Media)		
16 - 1	機械波 (Mechanical Waves)	449
16 - 2	波的型式 (Types of Waves)	449

16 - 3	行波 (Traveling Waves)	452
16 - 4	緊張絃上的波速率 (Wave Speed in a Stretched String)	456
16 - 5	波動中的功率與強度 (Power and Intensity in Wave Motion)	460
16 - 6	重疊原理 (The Superposition Principle)	463
16 - 7	波的干涉 (Interference of Waves)	463
16 - 8	駐波 (Standing Waves)	467
16 - 9	共振 (Resonance)	472
	問題	474
	習題	476
第十七章 聲波 (Sound Waves)		
17 - 1	可聞波、超聲波與聲下波 (Audible, Ultrasonic, Infrasonic Waves)	484
17 - 2	縱波的傳播與速率 (Propagation and Speed of Longitudinal Waves)	485
17 - 3	行縱波 (Traveling Longitudinal Waves)	488
17 - 4	振動系統和聲源 (Vibrating Systems and Sources of Sound)	491
17 - 5	拍 (Beats)	496
17 - 6	都卜勒效應 (The Doppler Effect)	498
	問題	502
	習題	503
第十八章 溫度 (Temperature)		
18 - 1	巨觀和微觀的敘述 (Macroscopic and Microscopic Descriptions)	513
18 - 2	熱平衡 —— 熱力學本初定律 (Thermal Equilibrium—The Zeroth Law of Thermodynamics)	514
18 - 3	溫度測量 (Measuring Temperature)	515
18 - 4	理想氣體溫標 (Ideal Gas Temperature Scale)	517