

科技用書

物理學基礎

冉長壽
陳顯榮

譯

(下冊)

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

國立成功大學物理學系 (下冊)

冉長壽教授、陳顯榮教授 合譯

Fundamentals of **PHYSICS**

Revised Printing (修訂本)

DAVID HALLIDAY
University of Pittsburgh

ROBERT RESNICK
Rensselaer Polytechnic Institute

大行出版社印行



中華民國七十二年八月 日二版

中華民國七十一年六月 日初版

書名：物理學基礎 (下)增訂新本

著作者：冉長壽·陳顯榮合譯

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：613685 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

總經理：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：651916 號

特 價：新 台 幣 一 九 〇 元

編 號：H0006-00260

同業友好·敬請愛護

一些物理常數

(Some Physical Constants)

(更完整的表可參閱附錄 A , 其中列示出最佳的實驗值。)

光速	c	3.00×10^8 米/秒 1.86×10^8 哩/秒
質——能關係	c^2	931 百萬電子伏特/原子質量單位 8.99×10^{10} 焦耳/仟克
重力常數	G	6.67×10^{-11} 牛頓·米 ² /仟克 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} 庫侖 4.80×10^{-10} 靜庫侖
電子靜質量	m_e	9.11×10^{-31} 仟克
質子靜質量	m_p	1.67×10^{-27} 仟克

* 此處, 以及全書各處, “1 克分子” = “1 克分子量” (= 10^{-3} 仟克分子量)。

一些物理性質

(Some Physical Properties)

空氣 (乾燥, 20°C 和 1 大氣壓)

密度	1.29 仟克/米 ³
定壓比熱	1.00×10^5 焦耳/仟克 $^{\circ}\text{C}$
	0.240 卡/克 $^{\circ}\text{C}$
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 $\times 10^3$ 仟克/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/仟克 $^{\circ}\text{C}$
	1.00 卡/克 $^{\circ}\text{C}$
熔化熱 (0°C)	3.33×10^5 焦耳/仟克
	79.7 卡/克
汽化熱 (100°C)	2.26×10^6 焦耳/仟克
	539 卡/克

地球

質量	5.98 $\times 10^{24}$ 仟克
平均半徑	6.37×10^6 米
	3960 哩
平均地球—太陽距離	1.49×10^8 仟米
	9.29×10^7 哩
平均地球—月球距離	3.80×10^5 仟米
	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)

$$\begin{array}{llll}
 \sqrt{2}=1.414 & \sqrt{3}=1.732 & \sqrt{10}=3.162 & \pi=3.142 \\
 \pi^2=9.870 & \sqrt{\pi}=1.772 & \log \pi=0.4971 & 4\pi=12.57 \\
 e=2.718 & 1/e=0.3679 & \log e=0.4343 & \ln 2=0.6932
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 \sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0.5000 & \cot 30^\circ = \tan 60^\circ = 1.7321 \\
 \cos 30^\circ = \sin 60^\circ = 0.8660 & \sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.7071 \\
 \tan 30^\circ = \cot 60^\circ = 0.5774 & \tan 45^\circ = \cot 45^\circ = 1.0000
 \end{array}$$

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

$$1 \text{ 仟克} = 2.21 \text{ 磅 (質量)} = 6.02 \times 10^{26} \text{ 原子質量單位}$$

$$1 \text{ 斯勒格} = 32.2 \text{ 磅 (質量)} = 14.6 \text{ 仟克}$$

長度

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

$$1 \text{ 哩} = 1.61 \text{ 仟米} = 5280 \text{ 呎} ; 1 \text{ 吋} = 2.54 \text{ 厘米}$$

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

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

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

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

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

$$1 \text{ 牛頓/米}^2 = 10 \text{ 達因/厘米}^2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ 磅/吋}^2 \\ = 9.87 \times 10^{-8} \text{ 大氣壓} = 7.50 \times 10^{-4} \text{ 厘米-Hg}$$

能量與功率

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

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

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

物理學基礎 (下冊)

目 錄

第二十二章 電荷和物質 (Charge and matter)	
22 - 1 電磁學 (Electromagnetism).....	1
22 - 2 電 荷 (Electric Charge).....	2
22 - 3 導體和絕緣體 (Conductors and Insulators)	3
22 - 4 庫侖定律 (Coulomb's Law).....	4
22 - 5 電荷量子化 (Charge is Quantized).....	8
22 - 6 電荷和物質 (Charge and Matter).....	9
22 - 7 電荷守恆 (Charge is Conserved).....	12
問題	13
習題.....	14
第二十三章 電場 (The Electric Field)	
23 - 1 電場 (The Electric Field).....	18
23 - 2 電場 E (The Electric Field E).....	20
23 - 3 力線 (Lines of Force).....	21
23 - 4 E 的計算 (Calculation of E).....	23
23 - 5 電場中的點電荷 (A Point Charge in an Electric Field).....	28
23 - 6 電場中的偶極 (A Dipole in an Electric Field)	31
問題.....	33
習題.....	34
第二十四章 高斯定律 (Gauss's Law)	
24 - 1 電場通量 (Flux of the Electric Field).....	43
24 - 2 高斯定律 (Gauss's Law).....	46
24 - 3 高斯定律和庫侖定律 (Gauss's Law and Coulomb's	

	Law)	47
24 - 4	絕緣的導體 (An Insulated Conductor).....	48
24 - 5	高斯定律和庫侖定律的實驗證明 (Experimental Proof of Gauss's and Coulomb's Laws).....	50
24 - 6	高斯定律 —— 一些運用 (Gauss's Law —— Some Applications)	51
	問題	57
	習題.....	59
第二十五章 電位 (Electric Potential)		
25 - 1	電 位 (Electric Potential).....	66
25 - 2	電位和電場 (Potential and the Electric Field).....	69
25 - 3	點電荷的電位 (Potential Due to a point Charge)	73
25 - 4	點電荷群 (A Group of Point Charges).....	76
25 - 5	電偶極的電位 (Potential Due to a Dipole).....	78
25 - 6	電位能 (Electric Potential Energy).....	81
25 - 7	從 V 計算 E (Calculation of E From V)	84
25 - 8	絕緣的導體 (An Insulated Conductor)	87
25 - 9	靜電發電機 (The Electrostatic Generator).....	89
	問題	91
	習題	92
第二十六章 電容器和電介質 (Capacitors and Dielectrics)		
26 - 1	電 容 (Capacitance).....	102
26 - 2	電容的計算 (Calculating Capacitance).....	105
26 - 3	有電介質的平行板電容器 (Parallel-Plate Capacitor with Dielectric)	109
26 - 4	電介質 —— 原子觀點 (Dielectrics—An Atomic View)	111
26 - 5	電介質和高斯定律 (Dielectrics and Gauss's Law)	114

26 - 6	儲在電場中的能量 (Energy Storage in an Electric Field).....	116
	問題.....	119
	習題.....	120
第二十七章 電流和電阻 (Current and Resistance)		
27 - 1	電流和電流密度 (Current and Current Density)...	130
27 - 2	電阻、電阻率和電導係數 (Resistance, Resistivity, and Conductivity).....	134
27 - 3	歐姆定律 (Ohm's Law).....	137
27 - 4	電阻率——原子觀點 (Resistivity — An Atomic View).....	139
27 - 5	電路中的能量轉換 (Energy Transfers in an Electric Circuit).....	142
	問題.....	144
	習題.....	145
第二十八章 電動勢和電路 (Electromotive Force and Circuits)		
28 - 1	電動勢 (Electromotive Force).....	151
28 - 2	電流的計算 (Calculating the Current).....	153
28 - 3	其他單迴線電路 (Other Single-Loop Circuits).....	154
28 - 4	電位差 (Potential Differences).....	156
28 - 5	多迴線電路 (Multiloop Circuits).....	160
28 - 6	R C 電路 (RC Circuits).....	163
	問題.....	167
	習題.....	168
第二十九章 磁場 (The Magnetic Field)		
29 - 1	磁場 (The Magnetic Field).....	177
29 - 2	B 的定義 (The Definition of B).....	178
29 - 3	作用在電流的磁力 (Magnetic Force on a Current).....	182
29 - 4	作用在電流迴線的轉矩 (Torque on a Current	

	Loop)	183
29 - 5	哈耳效應 (The Hall Effect)	188
29 - 6	循環的電荷 (Circulating Charges)	189
29 - 7	迴旋加速器 (The Cyclotron)	191
29 - 8	湯木生實驗 (Thomson's Experiment)	195
	問題	197
	習題	198
第三十章 安培定律 (Ampere's Law)		
30 - 1	安培定律 (Ampere's Law)	207
30 - 2	長導線附近的 \mathbf{B} (\mathbf{B} Near a Long Wire)	211
30 - 3	\mathbf{B} 線 (Lines of \mathbf{B})	213
30 - 4	兩平行導體 (Two Parallel Conductors)	214
30 - 5	螺線管的 \mathbf{B} (\mathbf{B} for a Solenoid)	217
30 - 6	必歐——沙伐定律 (The Biot-Savart Law)	221
	問題	225
	習題	226
第三十一章 法拉第定律 (Faraday's Law)		
31 - 1	法拉第的實驗 (Faraday's Experiments)	237
31 - 2	法拉第感應定律 (Faraday's Law of Induction)	238
31 - 3	冷次定律 (Lenz's Law)	240
31 - 4	感應——量的研究 (Induction—A Quantitative Study)	242
31 - 5	時變磁場 (Time-Varying Magnetic Fields)	246
31 - 6	貝他加速器 (The Betatron)	251
	問題	253
	習題	256
第三十二章 電感 (Inductance)		
32 - 1	電感 (Inductance)	266
32 - 2	電感的計算 (Calculation of Inductance)	268
32 - 3	LR 電路 (An LR Circuit)	270

32 - 4	能量和磁場 (Energy and the Magnetic Field).....	275
32 - 5	能量密度和磁場 (Energy Density and the Magnetic Field).....	278
	問題	281
	習題	282
第三十三章	物質的磁性 (Magnetic Properties of Matter)	
33 - 1	磁極和磁偶極 (Poles and Dipoles).....	288
33 - 2	磁學的高斯定律 (Gauss's Law for Magnetism)	293
33 - 3	順磁性 (Paramagnetism).....	294
33 - 4	反磁性 (Diamagnetism).....	297
33 - 5	鐵磁性 (Ferromagnetism)	299
	問題.....	302
	習題.....	303
第三十四章	電磁振盪 (Electromagnetic Oscillations)	
34 - 1	L C 振盪 (LC Oscillations).....	307
34 - 2	與簡諧運動的類比 (Analogy to Simple Harmonic Motion).....	311
34 - 3	電磁振盪——數量的 (Electromagnetic Oscillations—Quantitative).....	312
34 - 4	感應磁場 (Induced Magnetic Fields).....	316
34 - 5	位移電流 (Displacement Current).....	320
34 - 6	馬克士威方程式 (Maxwell's Equations).....	321
	問題.....	322
	習題.....	323
第三十五章	電磁波 (Electromagnetic Waves)	
35 - 1	引 言 (Introduction).....	328
35 - 2	輻射源 (Radiation Sources).....	329
35 - 3	行波和馬克士威方程式 (Traveling Waves and Maxwell's Equations).....	332
35 - 4	能量和坡印廷向量 (Energy and the Poynting	

	Vector).....	337
35 - 5	動 量(Momentum).....	340
35 - 6	偏 振(Polarization).....	342
35 - 7	電磁波譜(The Electromagnetic Spectrum).....	347
35 - 8	光 速(The Speed of Light).....	349
35 - 9	運動的光源和觀察者(Moving Sources and Observers).....	353
35 - 10	都卜勒效應(Doppler Effect)	356
	問題.....	361
	習題.....	362
第三十六章	幾何光學 (Geometrical Optics)	
36 - 1	幾何光學(Geometrical Optics).....	371
36 - 2	反射和折射——平面波和平面 (Reflection and Refraction-Plane Waves and Plane Surfaces). 371	
36 - 3	海更史原理(Huygens's Principle).....	375
36 - 4	折射定律(The Law of Refraction).....	377
36 - 5	內部全反射(Total Internal Reflection).....	379
36 - 6	布如士特定律(Brewster's Law).....	380
36 - 7	球面波——平面鏡(Spherical Waves-Plane Mirror).....	383
36 - 8	球面波——球面鏡(Spherical Waves-Spherical Mirror).....	386
36 - 9	球面波——球形折射面(Spherical Waves-Spherical Refracting Surface).....	392
36 - 10	薄透鏡(Thin Lenses).....	397
	問題.....	405
	習題.....	408
第三十七章	干涉 (Interference)	
37 - 1	波動光學(Wave Optics).....	420
37 - 2	楊格的實驗(Young's Experiment).....	420

37 - 3	相干性(Coherence).....	426
37 - 4	干涉波的強度(Intensity of Interfering Waves) ...	429
37 - 5	薄膜的干涉(Interference From Thin Films).....	435
37 - 6	邁克生干涉計(Michelson's Interferometer).....	440
	問題.....	442
	習題.....	443
第三十八章 繞射、光柵和光譜 (Diffraction, Gratings, and Spectra)		
38 - 1	繞射(Diffraction).....	452
38 - 2	單縫(Single Slit).....	455
38 - 3	單縫繞射——定性的(Diffraction from a Single Slit—Qualitative).....	458
38 - 4	單縫繞射——定量的(Diffraction from a Single Slit—Quantitative).....	461
38 - 5	圓孔繞射(Diffraction from a Circular Aperture).....	465
38 - 6	雙縫繞射(Diffraction from a Double Slit).....	469
38 - 7	複縫(Multiple Slits).....	473
38 - 8	繞射光柵(Diffraction Gratings).....	477
38 - 9	光柵的鑑別率(Resolving Power of a Grating).....	481
38 - 10	X-射線繞射(X-ray Diffraction).....	484
	問題.....	487
	習題.....	489
第三十九章 光和量子物理學 (Light and Quantum Physics)		
39 - 1	光源(Sources of Light).....	498
39 - 2	空腔輻射體(Cavity Radiators).....	499
39 - 3	浦郎克輻射公式(Planck's Radiation Formula).....	502
39 - 4	光電效應(Photoelectric Effect).....	505
39 - 5	愛因斯坦的光子理論(Einstein's Photon Theory).....	508
39 - 6	康卜吞效應(The Compton Effect).....	510

39 - 7	線光譜 (Line Spectra).....	515
39 - 8	原子模型——波耳氫原子 (Atomic Models—The Bohr Hydrogen Atom).....	517
39 - 9	對應原理 (The Correspondence Principle).....	523
	問題.....	525
	習題.....	526
第四十章 波動和粒子 (Waves and Particles)		
40 - 1	物質波 (Matter Waves).....	533
40 - 2	原子構造和駐波 (Atomic Structure and Standing Waves).....	537
40 - 3	波動力學 (Wave Mechanics).....	538
40 - 4	Ψ 的意義 (Meaning of Ψ).....	542
40 - 5	測不準原理 (The Uncertainty Principle).....	544
	問題.....	549
	習題.....	550
附 錄		
A	物理標準和物理常數.....	554
B	各項地球數據.....	557
C	太陽系.....	559
D	元素週期表.....	560
E	換算因數.....	561
F	數學符號及希臘字母.....	571
G	數學公式.....	572
H	三直函數值.....	576
I	諾貝爾物理學獎得主.....	578

第二十二章 電荷和物質

(Charge and Matter)

22-1 電磁學 (Electromagnetism)

電學的知識以觀察為它的根源，在公元前 600 年已經知道摩擦過的琥珀會吸引稻草屑。磁學的研究可溯及對於天然“石塊”（即磁鐵礦）會吸引鐵的觀察。這兩門科學各自發展，一直到 1820 年厄斯特（ Hans Christian Oersted ）才觀測到二者之間的關聯，即導線中的電流能夠影響到羅盤的磁針（第 29 - 1 節）。

新的電磁科學，由許多研究者更進一層的給予發展，法拉第（ Michael Faraday, 1791 - 1867 ）是其中最重要者之一。馬克士威（ James Clerk Maxwell, 1831 - 1879 ）將電磁學的定律作成今天我們所知道的形式，這些定律常叫作馬克士威方程式（ *Maxwell's equations* ），列於表 34-2 中，可供參考。這些定律在電磁學中的重要性，與牛頓的運動定律和重力定律在力學中的地位相同。

雖然馬克士威的電磁綜合理論深賴先輩們的結果，但他自己的貢獻仍然非常重要。馬克士威推論光是電磁的性質，純粹由電和磁的測量就能求得光速，故光學的知識與電學和磁學的知識有密切的關係。馬克士威方程式的應用範圍實屬非凡，它包括所有大件電磁和光學機器的基本原理，諸如電動機、迴轉加速器、電子計算機、無線電、電視、雷達、顯微鏡和望遠鏡等。

英國物理學家黑韋塞（ Oliver Heaviside 1850 - 1925 ），特別是荷蘭物理學家洛仁子（ H. A. Lorentz 1853 - 1928 ）對闡明電磁理論均有重要的貢獻。在馬克士威創立其理論之後二十餘年，赫茲（ Heinrich Hertz 1857 - 1894 ）* 在實驗室中發生電磁的“馬克士威波”，就是現在

* 參閱莫利生（ P. morrison ）和莫利生（ E. morrison ）合著的“ Heinrich Hertz ”，刊於 Scientific Amercian, 1957 年十二月號。

所說的無線電短波，使電磁學前進一大步。其後馬可尼（Marconi）和其他學者將馬克士威和赫茲的電磁波作實際的應用。

在工程應用方面，經常用馬克士威方程式以解決實用的問題。

以馬克士威方程式為根據的電磁科學叫做古典電磁學，對於在約 10^{-10} 厘米之微的所有電場和磁場的問題都能給予正確的解答。這種大小比原子還小得多，正是該用量子力學來取代牛頓力學的範圍。古典電磁學、量子力學和相對論的混合的學問叫做量子電動力學，能對更微小尺度的問題給予正確的解答。戴生（F. J. Dyson）曾說“只有在量子電動力學中，我們能做假想的實驗而預測其結果準確至五位小數，相信其理論已考慮所有涉及的因數。”本書僅討論古典電磁學。

22-2 電荷（Electric Charge）

本章以下將討論電荷和它與物質的關係。電荷有兩種。以絲絹摩擦玻璃棒，再以長絲線懸棒，如圖 22-1。如第二玻璃棒以絲絹摩擦後，持近第一棒經摩擦之端，則二棒互相排斥。另一方面，用毛皮摩擦過的合成樹脂棒會吸引玻璃棒，但用毛皮摩擦的二合成樹脂會互相排斥。解釋這些現象，可以說摩擦一棒就給棒以電荷，二棒上之電荷乃互相施力。顯然在玻璃棒上的電荷與樹脂棒上的電荷必定不同。

第一位美國的物理學家富然可林（Benjamin Franklin 1706-1790）有多方面的成就，他將玻璃棒上的電荷叫做正電，樹脂（當時叫硬橡膠）棒上的電荷叫做負電；此二名稱沿用到現在。綜結這些實驗，結論為同電荷互相排斥，不同電荷互相吸引。

電的效應並不限於以絲絹摩擦的玻璃，或以毛皮摩擦的合成樹脂。在適當的情況下，任何物質以任何其他物質摩擦後，多少會變成帶電；把不知正負的電荷與帶電的玻璃棒或樹脂棒比較，就能判定它為正電或負電。

大形物質在正常或中性狀態時，現代的觀點是該物質含有等量的正電和負電。如像玻璃和絲絹的二物體互相摩擦，則有少量電荷自一物體轉移至另一物體，因而打破各物體的電中性（electric neutrality），此時玻璃變為正電性，絲絹為負電性。