

563919

科學圖書大庫

普通物理學

譯者 林炳祥 黃台陽
黃浩明 蔡瑞魁

校閱 黃振麟

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

普通物理學

譯者 林炳祥 黃台陽
黃浩明 蔡瑞魁

校閱 黃振麟

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年一月二十日再版

普通物理學

基本定價 3.40

譯者 黃浩明 蔡瑞魁 黃台陽 林炳祥

國立交通大學工學院電子物理系工學士

校閱 黃振麟 國立台灣大學物理系系主任

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
7815250 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

中文版序

本書在目前所有的普通物理學課本中，堪稱為最富有特色的一本。它並不注重數學方面的技巧，而專門討論物理學的觀念，尤其對通常比較難懂的近代觀念，更有詳盡而平易的敘述。原著者 J. Orear 是號稱「原子爐之父 Enrico Fermi 的得意門生。在芝加哥大學的黃金時代，由該校畢業後，一直在母系執教並研究「原子核」及「基本粒子」，嗣後轉至康乃爾大學任正教授，為繼承廿世紀新精神的一位正統派物理學家。他不僅對物理學本身的發展有絕大貢獻，同時在物理教育方面又持有一套新穎的想法。以往一般教師對於物理教材都認為愈多愈好。但是當前科學急速發展並有「知識爆發」之稱的時代中，這種舊的觀念將會使學生頭腦脹裂，甚至於扼殺學生的興趣。原著者則認為教育不應該單是灌輸零碎或片斷的知識，而應該要使學生懂得吸收知識的方法。因此，原著者儘量地把對物理學以後發展無關緊要的教材刪掉，而特別強調研究物理時所需要的各種思考方法。

台灣大學這四年來都採用本書作為以後將無機會學習「近代物理學」的各科系普通物理課本。主張採用本書的，都是一些年青而且充份習有近代物理新觀念的教師。他們一致認為在教學時不但必不擔心上課時間不夠充裕，並且可以自由自在插入所欲講授的其他教材。學生對本書的反應也非常良好，通常在短時期內就可以把握住近代觀念，並且能適當應用於其他各種複雜的事例中。因此，教者勝任愉快，聽者非常踴躍。

本書之另一最大特色為原著者儘量遵照美國 PSSC 委員會 (Physical Study Committee) 的意見。目前我國高中教本大都依照 PSSC 教材編訂。因此，筆者認為本書亦可供學習能力較高的高中學生作為課外補充教材。

本書譯者為國立交通大學電子物理學系的一群莘莘學子。他們以剛念完本書原版後所獲得的靈感及興奮情緒，一氣呵成地譯完本書。譯筆雖嫌稍有未成熟之感，但尚未發現任何觀念上的大錯誤，經校訂者指正後，小錯誤也都儘量地予以修改。本人欣見此書即將問世，特以前言代序。

蘇 德 潤

民國 59 年 1 月

原 序一

什麼是真正的物理學？什麼東西構成宇宙？什麼是自然界的秘密？這些問題顯示了這本書的特性，它最初是為已接受過一些數學和科學訓練的大學程度學生所用的一年課程的書，但它也適用於第一次去學大學物理學的。

此教科書的重點，是自然的原理和基本定律，也就是科學間的基礎，在衆多的論題內蒐集適當的叫做物理。其他的大學教科書，用傳統的應用自然學的論題如：力學、轉動力學、光學、光學儀器、交流理論、熱學、彈性、聲學等也叫做物理學。由於本書偏限於“基本物理學”而非“應用物理學”，因此關於後者之討論僅有少數的幾篇，然而亦由於有此好處，能深入的探討其中的主題。唯一的例外是在進入第十章電子學，爲了要了解收音機和電視的基本原理，要用我們已了解的自然界的基本原理，對於不喜歡在物理學內學工程者這一章可跳去。

由於它的非常自然性，基本物理學是一門很深的哲學，也是人的智慧對充滿激動的驚奇的自然界繼續不斷的奮鬥。在以人的智慧對抗自然界的戰爭中，有豐富技巧學生，用哲學和歷史去靠近。教有關的學科是比教本身學科是錯誤的接近法，放棄不真正懂得所生存的物理的世界之學生。“教育家”陳列兩種接近法，一是他必須學習相關的學科，和另些在他的哲學課程中所得訓練的關係，在另一方面，呈示一些“古典的入門法”用於引導的物理課程內。結果，這本書使我們注意了在我們文化上學科的影響。科學的方法，科學發明的技術，科學家對於社會的責任，哲學，社會，和在我們文化上科學的政治關係都討論，但他們使用一個補充的定則呈現科學主要的事項。物理史的刺激和文化價值是用於接近主要的目標。學生是否能抓住科學的本身，是看他是否能成功的解決須要思考的問題。在我的經驗，用這本書的許多資料和習題指示去教沒有豐富科學技術學生的基本原理是可能的，這可以用他們在習題內應用原理的能力來證明。

有些時候，“現代”物理的處理，在“古典”和“更古典”意見被討論以前得到的物品。通常我迴避這種方法一依“老”物理學的題目教，然後告訴

II

學生它現在是錯的，再試着使學生放棄“老”物理學的方法而重新用另一種方法學習它。當面對一新的論題，最初給的就會是最後的意見。從新觀點學生能觀察和了解“老”觀念的完全變化。討論的結果不被傳統所決定，但被困難邏輯的發展所決定，例如普通勢壘穿透現象的觀察在這書是從金屬中電場放射的討論引導的，這討論是靠先前介紹過的費米能階，金屬鍵，和靠着在盒子內電子波動的轉變所得的位能圖，原子的原子雲，和電位能。在理論的發展中遠的回看是波粒二元性，波的干涉，電；能，力學等。因此，這本書大部份是屬於邏輯發展的中央部分。由於簡潔，一致性，物理學的理論結構，本書不與傳統教科書中獨立的連續論題相當。我不能保證這些章在水準以上。介紹古典物理學用如此的方式可能更容易和更滿足一些，但不是自然界發生的方式。我希望能介紹真正的產物：現代物理學的缺點和限制是允許的。

我也嘗試面對這事實，即今日大多數物理現象的陳述是需要量子論的。近代量子力量的進步使得我們了解物理世界和物質的構造。這些論題：電子雲，化學鍵和量子論，費米能階，時間的膨脹，原子核的構造，宇宙論，宇稱守恒，可能一些物理老師感到對專科一年級學生是困難和抽象的。但在我最近六年教這課程的經驗，對有豐富技術的學生去了解牛頓第三定律比了解費米能階或電荷的不減更麻煩。用現代物理學完成這種課程，不僅因這是種好的物理的意見，也表示是一個通過古典物理學的有力的選擇。

最後，我感謝在康奈爾大學同事的鼓勵，尤其是羅伯斯撥羅耳教授，力摩里遜教授，約翰杜瓦教授和理查費門教授，給我許多寶貴的建議，和許多人士願意提供圖片的資料，這不可能由一個人力所辦到的。書後有許多圖片資料，是由物理科學研究委員的教育服務所提供，法蘭西斯，佛萊門教授的幫助和合作，皆欲致特別感謝之忱。康奈爾大學的凱超先生，為計算電子雲和氦核子雲協助很多，我也要感謝法蘭西斯，斯克勒先生和許多學生，對這本初稿，在康奈爾使用兩年來貢獻很多。對費米教授，我要特致感謝，他不僅教導我許多知識，而去怎樣接近，費米教授的知名是由他偉大的能力。使最困難的問題，看起來覺得簡單、清楚，直接少用數學，但多用物理的觀察，我已走向着費米教授或已做過的方法為目標，試顯示物理的精神和潛力。

原序二

第二版並不是如一般所謂的修訂版——將習題重排一下，在書末增加幾頁物理學之新知，而是在不增加太多的主題而增加解說份量之原則下重寫者。它增加了一些新觀念，許多的例子、圖和習題。有許多新的例子和習題是根據我五年來的教學經驗，其他的是大學物理委員會 (CCP) 的編序學生手冊、研究和學習集團帶來的。

本書主要創舉為從十二章到十六章對於量子力學之透澈而有計劃的介紹，這是一個重要的改變。這幾對於有些數學水準的人是好的量子力學的介紹，在同一階段的此類著作中，據我所知沒有一個曾如此透澈的介紹量子力學的觀念和應用。我相信可不用微積分來教量子力學中一些令人在大部份的物理學中需微積分和不需微積分的說明是同時存在的，但我寧願用不需微積分的說明，甚至對博學的研究所學生，不需微積分的說明使能得到更深的物理觀念和容易去思攷。

據我的經驗，大學新生特別感到興奮和歡愉的是能夠熟習一些基本的量子力學和特殊相對論，他們也的確有能力達到這一點，故此校正版更強調量子力學和相對論，這些資料在一些近代的教科書內成為重要的，也是一種新傾向。但我相信這本書能用更成熟的量子力學說明原子的結構、金屬的理論、原子核的構造、繞射散射半導體、雜拼、雷射、放射現象等，其他的特色是宇宙論的處理，馬赫原理，和磁力的相對論的建立。

回顧 1960 年本書第一版問世之際，似本書般的深入的介紹相對論、量子力學及其在原子、固態、核子及高能物理中應用者之舉動乃一大膽之事，另一特色為本書之印刷形式——全書用兩套色彩，廣泛的使用氣泡室之照片，電子雲的定量圖形表示法及電學中採高斯制等。然而由彼之後，高中以上程度的同類出版中都漸漸加入此一新的特色；另一項新的嘗試已在近來加州理工學院 (CIT) 及貝克來 (Berkely) 關於物理系之基本課和教科書中出現。此類嘗試有一些在我認為適於非主修自然科學者，亦已加入此新版中。

第二版中教學機的建立是一特色，用實驗數合這本書的編序手冊，主要

的目的是讓學生知道自己是否完全了解剛從這本書學到的東西，在學生們看答案前，必須慫恿他們回答每頁底下的問題。

我必須承認物理學在過去六年中的進步比我預期的快而進步的速度還隨時間增加，以基本粒子的數目為例，在第一版出版時全部數目是 30，但在過去五年內數目由 30 增加到 200，但是很幸運的，這些新發現的粒子有新的模型和對稱性，甚至使他們比最初的 30 個還容易了解，然而近代有妨害的對稱和不滅定律也為基本粒子所遵守。這些和其他新的發展如似星體和雷射在這本書是更近代的，甚至古典物理在這本書也是現代的，所有的物理學是枚在 1966 年的而不是像大部份的書僅討論到在 1900 年或 1925 年，就叫近代物理學的書。

我感謝我的學生、教學的助手和康奈爾大學的同事給我許多新的資料，我特別要謝謝埃倫班騰 (Alen Bearden) 教授，羅勃斯潑羅耳 (Robert Sproull) 教授，力摩里遜 (Phil Morrison) 教授，雷傑門 (R. Rajaraman) 教授。我也感激墨特山特 (Matt Sands) 教授曾討論有關費門 (Feynman) 雷登 (Leighton) 和山特 (Sands) 的所編的加州理工學院的新課程，不能不影響到將來物理教科書的著者。

表 奧 利 爾

1969 年 9 月

敬致讀者

本書所具有的特徵，就是採用一種插入方式的教學機 (teaching machine)。在每頁的下端 (祇要有空間) 有一條“測驗你瞭解程度”的問題，答案則附於次頁。為使這類逐頁印好的問題發揮其最大的價值，讀者應該主動的停下來，思考並解答每一個問題，然後再翻閱答案；這類問題都相當容易，其中有許多題目，甚至用不到計算即可答出。在物理學研習的過程中通常閱讀都很容易，然而要想徹底了解，却不是閱讀或機械式的學習所能辦到的。這需要思考再思考，並無任何捷徑可循。因此一旦讀者對於其中的任何題目，有所疑慮不清時，就讓它作為一個「警號」。在你沒有重新閱讀思考至了解原章節時，不要再繼續閱讀下面的章節。記住！唯有徹底了解我們所不懂的地方，方是明智之舉。

有關本書所介紹的主題，讀者可由“學生基本物理學程序手冊 (Programmed Manual for students of Fundamental Physics)”中找到更進一步的資料，該書亦由約翰里文子公司 (John Wiley & Sons, Inc) 出版，其中之編排亦採用同一教學機方式。

目 錄

中文版序	V
原序一	VII
原序二	IX
致讀者	
第一章 緒 言	1
1-1 何謂物理學	1
1-2 單位	4
1-3 物理學中的數學	7
1-4 圖形表示法	13
1-5 科學與社會	14
第二章 運動學	19
2-1 速 度	19
2-2 加速度	22
2-3 複合運動	27
2-4 向 量	29
2-5 拋物體運動	31
2-6 向心加速度	33
2-7 地球衛星	35
2-8 單位之檢驗	37
第三章 力 學	43
3-1 牛頓運動定律	43
3-2 動量守恒定律	45
3-3 力	51

3-4	斜 面	34
3-5	阿特武德機	55
3-6	單擺及簡諧運動	55
第四章	萬有引力	63
4-1	牛頓萬有引力定律	63
4-2	刻卜勒定律	65
4-3	刻卜勒定律之推導	68
4-4	重量和失重	72
4-5	重力質量	76
第五章	角動量與能量	83
5-1	角動量守恒定律	83
5-2	質量中心	85
5-3	靜力學	87
5-4	能 量	89
5-5	位 能	90
5-6	能量守恒	91
5-7	位能圖示	93
5-8	重力位能	95
5-9	逃離速度	97
5-10	摩擦和熱	99
5-11	質量相當性	102
5-12	重粒子的守恒	103
第六章	動力論	107
6-1	密 度	107
6-2	壓 力	107
6-3	流體靜力學	108
6-4	原子和分子	110
6-5	理想氣體定律	112
6-6	溫 度	115
6-7	亞佛加德羅定律	119

6-8	熱的動力論	121
6-9	物態的改變	123
6-10	氣泡室	124
6-11	統計力學	125
第七章 靜電學		131
7-1	物質的電子構造	131
7-2	電荷的概念	132
7-3	庫倫定律	134
7-4	靜電感應	137
7-5	電 場	138
7-6	力 線	139
7-7	電荷的分佈	144
7-8	電位能	146
7-9	電 位	150
第八章 電磁學		159
8-1	電 流	159
8-2	磁 力	162
8-3	磁 場	165
8-4	電流所受的力	169
8-5	安培定律	171
8-6	磁的理論	175
8-7	法拉第感應定律	179
8-1	馬克斯威方程式	181
8-9	電磁輻射	183
附錄 8-1		186
第九章 電的應用		191
9-1	實用單位	191
9-2	歐姆定律	191
9-3	電路理論	193
9-4	收音機與電視	196

9-5	電子伏特	199
9-6	迴旋加速器	200
9-7	高能加速器	202
第十章 波動與光		211
10-1	電磁波	211
10-2	電磁譜	213
10-3	干涉	214
10-4	雙縫干涉	222
10-5	繞射光柵	225
10-6	幾何光學	226
附錄 10-1	薄透鏡公式	230
第十一章 相對論		237
11-1	相對性原理	237
11-2	以太的問題	239
11-3	羅倫徹收縮	244
11-4	時間的膨脹	245
11-5	雙生子之佯謬	247
11-6	愛因斯坦速度之合成	248
11-7	同時性	250
11-8	相對論力學	251
11-9	廣義相對論	257
11-10	馬赫原理	258
11-11	宇宙論	260
附錄 11-1	羅倫徹轉換式之推導	263
第十二章 量子論		269
12-1	古典物理之摘要	269
12-2	光電效應	271
12-3	波動一粒子之二象性	274
12-4	電子繞射	280
12-5	測不準原理	282

第十三章 原子理論	289
13-1 盒子內的電子波	289
13-2 氫原子	291
13-3 氫原子光譜	299
13-4 波耳模型	301
13-5 原子結構	305
13-6 元素的週期表	308
13-7 X射線	314
附錄 13-1	315
附錄 13-2	316
第十四章 物質的結構	323
14-1 分子理論	323
14-2 晶態固體	326
14-3 電子的費米氣體	328
14-4 導電性	330
14-5 半導體	332
14-6 超流動性	335
14-7 雷射	336
14-8 勢壘穿透	337
附錄 14-1 費米能量之計算	340
第十五章 原子核物理	345
15-1 原子核之性質	345
15-2 放射性衰變	349
15-3 放射性同位素	353
15-4 放射性對生物的影響	355
15-5 繞射散射	357
15-6 「核子—核子」力	359
15-7 原子核的結構	360
15-8 原子核的分裂	365
15-9 核融合	367

15-10	宇宙線	369
15-11	科學家的社會責任	370
附錄 15-1	用高能電子來決定原子核的大小	372
附錄 15-2	用高能電子來決定原子核的大小	373
第十六章	粒子物理	377
16-1	緒 言	377
16-2	貝他衰變與弱交互作用	378
16-3	反物質	382
16-4	反粒子對稱性	386
16-5	輕子守恒	386
16-6	強粒子	387
16-7	宇稱之不守恒	396
16-8	守恒定律總述	399
16-9	未來之問題	401
附 錄		405
表一	常用換算	405
表二	物理常數	405
表三	元 素	407
	雙數習題解答	411
	中英名詞對照	423

第一章 緒 言

1-1 何謂物理學？

物理學即是物理學家夜晚所作的工作。

物理學並無明白之定義，何種論題屬於物理學之範疇，何者不是，亦無明顯之界限，然則當你研讀本書之目錄及索引之後，對於何者為本書作者認為應屬於物理學者應可得到一些概念。

物理學目標之一即是尋求吾人生存之宇宙中的一些法則，此類法則之中，有些對於科學家及哲學家來說，實是令人驚訝的。事實上，某些新發現是非常令人震驚，並且和我們人類日常之經驗知識相反，而使得人類不得不經過相當長的一段時間才能接受這一些新的法則，即使是諾貝爾獎金得主亦不例外。例如愛因斯坦 (Einstein) 於 1905 年發表相對論及光電效應，但却遲於 1921 年才以其在光電效應方面之成就獲得諾貝爾獎金，而他在相對論方面之研究工作却始終未獲得該獎金，此一理由非常明顯，某些已獲得該獎金而充為該獎金之評審委員們，覺得相對論過於偏激了。

如今物理學家對於常識及一些很明顯的事實都存着一種懷疑的態度與看法，常識乃吾人意識之產物。大自然沒有理由一定必須遵從。例如當 $2+2=4$ 此規則用於物理世界時，其亦為不可靠。每秒 2 百億 (2×10^{10}) 厘米的速率再加上此等值之速率，其結果並非每秒 4 百億厘米，而却是每秒 273 億厘米。因為我們現在已經知道速度相加是以一種異於我們常識的方法而得其合成速度常較其分量之代數和為小，此效應當速度甚小於光速 c 時雖亦存在，但影響極小。(註：厘米即公分)

舉例如下：若一船以每小時 20 哩相對於河水的速度沿河而下，水速為每小時 10 哩，則其合成速度（船對岸的速度）為前二者之和，即每小時 30 哩，然而當我們根據物理定律演算的結果，船速應略小於二者之和，正確的答案為每小時 29.999999999999866 哩，因此我們也可以明瞭，何以此一遲度合成定律遲遲未被發現的原因。在第十一章我們將介紹此處所用之物理定

律——愛因斯坦速度合成法

$$v_{\text{合成速度}} = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

式中 $c = 670$ 百萬哩/時即光速。

如在前例中 $v_1 = 10$ 哩/時, $v_2 = 20$ 哩/時 由於在日常生活中 $v_1 v_2 / c^2$ 和 1 相比, 微不足道, 所以古典之運動定律

$v_{\text{合成速度}} = v_1 + v_2$ 仍很適用

繼此, 我們再舉另一個與日常經驗相違的例子。在此例中, $2+2$ 能等於零

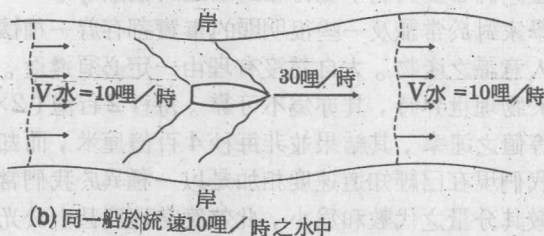
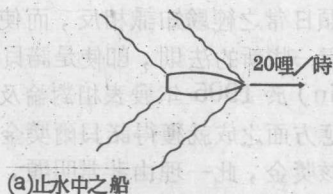


圖 1-1 一船順流而下, 圖(a)為一人在水中所見之船速, 圖(b)為在岸旁所見之船速。



圖 1-2 一電子槍所射出之電子束通過 A 孔及 B 孔