

科學圖書大庫

量子力學

(上 冊)

譯者 張壽彭 林國經

徐氏基金會出版

53.36
1144
1

科學圖書大庫

量子力學

(上 冊)

譯者 張壽彭 林國經

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

量子力學

下 冊

譯者 張壽彭 林國經

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國五十九年六月廿八日初版

中華民國六十一年四月十六日再版

量子力學 (上冊)

定價 新台幣 50 元 港幣 9 元

譯者 張壽彭 經濟部聯合工業研究所物理組
林國經 經濟部聯合工業研究所放射性同位素研究室副主任

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱3261號 電話783683號
發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號
印刷者 長歌打字印刷公司 排版 長歌打字印刷公司

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

· 中華民國六十年五月一日初版
· 中華民國六十三年五月一日再版

量子力學 (下冊)

基本定價 四元

譯者 張壽彭 經濟部聯合工業研究所物理師
林國經 經濟部聯合工業研究所放射性同位素研究室副主任

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱53002號 電話783686號
發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號
印刷者 大興圖書製版有限公司 三重市三和路四段151號 電話979739號

我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育、有效造就人才、促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學子，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。陶誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

B-18/01

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廢卽出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

原 序

著者撰寫這部書的用意，是打算給讀者提供一套合適的教本，好讓各位能把量子力學從頭學起。初習此道的青年人，在迷離幽深的量子概念中因知勉行之餘，往往會有不着邊際之感，因為多數教科書是懶得從現代觀點把量子力學的淵源流變，由頭至尾說個清楚明白的。

例如，在多數量子力學教本中，用於描寫蒲朗克的熱輻射理論或波爾的原子構造理論的篇幅，通常不過寥寥數頁，而這些地方正是量子概念所由出，及其普遍本質初顯幾微的要緊的所在。也許有人會說，時至今日，要想精通量子力學，已經無須乎從蒲朗克的調和振子跟波爾的陳舊理論學起了。話雖如此，但是黑體輻射本身就是物理學中既重要又趣味盎然的一章，而波爾的理論直到今天仍不失為描寫原子內部諸般情況的一項有用的工具。所以著者不僅希望這部書能對初學者有所幫助，同時並希望它能為已經嫺熟現代量子力學的人士所賞識。

著者在本書中一直在設法說明，量子力學究竟是如何建立起來的，而不是僅僅把造好的量子華廈擺在各位面前就算了事。理論物理學家的任務要可分為兩大類：其一是將既有的理論用到理論解說上的未決問題上去，並闡明自然現象的大本大源；其二是一旦發覺舊的理論失效，馬上努力創建新的理論。後一任務的重要性不下於前者。因為在摸索新的方向之時，“前事不忘後事之師”，前人慘淡經營的先例，常可激發學者的想像而有助於新理論的發明。就這一方面來說，人們在量子力學創建過程中所得的經驗，是極富教育意義的，因為各具風格的衆多物理學家，以各式各樣的思維方法索解自然之謎的路數、技巧盡在此矣！

因此這部書是以追溯量子力學的歷史發展為着眼點而撰就的。不過著者並不打算寫一本當代科學史。事實上，很多有關問題的敘述是不按時間先後錯開來寫的，而偏離歷史觀點的地方更是所在多有；這些在正文中是隨處可見的。書中題材也經著者整個安排過，以便配合本書的通盤目的：把量子力學的開山大師們的精微的思維方法跟提出問題的方式，儘可能的說個一清二楚。

因為重點放在如何掌握問題的物理意義上了，所以數學上的謹嚴、普遍

、典麗等等，統統變成次要的了（其實這是不可避免的，否則很多說明都無法從直觀的方式去瞭解了）。又雅好此道的讀者是不難找到合適的教本的。

雖然這部書的寫法是想讓大學的在學青年都能看得懂，但讀者對若干數學方法、分析力學以及電磁理論等等，還是要相當熟習才行。有些材料為正文所無，但在附錄中附的都有，初學者不妨隨時參閱。

因為本書原是寫給初學的人看的，所以很多撰寫時曾多方參照的專書、論文統統沒有列上去。著者希望書中的敘述足夠廣泛易解，以免除讀者翻查原始論著的麻煩。

這部書是由三部份組成的。上册，也就是本書，追述量子力學的早期發展；從蒲朗克、愛因斯坦、波爾等人一直講到海森堡。中冊講述戴布洛意、施略丁峨等人的貢獻；海森堡的矩陣力學跟戴布洛意的波動力學的統一，與未統一後的理論一舉解決波粒二重矛盾的始末，也將在第二冊中加以說明。第三冊，也即最後一冊，將把量子力學作一通體連貫的有系統的闡述。

本書先是由著者以日文寫成，再由小柴教授譯成英文的。初稿曾由福田信之教授與梅澤博臣博士校閱。英譯稿復經 French 教授與 Rosen 博士詳細校閱數過。本書原出版商三鈴書房無條件的慨允出版英譯本；松井卷之助先生則協助繪製圖表照片。對以上諸君的鼎助，著者謹在此表示由衷的謝意。

譯 者 的 話

老早就覺得該有一部中文的量子力學了。我們看到了朝永教授的大著，覺得很合適，值得一譯（理由跟原序所表示的看法略同）；所以很快就這樣決定了。

朝永振一郎教授，日本人，1906年生於東京，1929年畢業於京都大學物理系，旋負笈萊比錫大學，專攻理論物理；1965年獲諾貝爾物理學獎金，現任東京教育大學教授。

我們據以譯述的本子是英文本，間或參照日文本；二者內容大體相同。英文本曾由作者予以重點式的補充，另外多了大約80頁的“角動量”一章。我們曾就這一章的取捨爭執了半天，後來決定照譯，因為寫得實在太好了。

譯文於信達之外力求流暢；但是疵謬之處可能是免不了的，敬希讀者多多指教。

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然密度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鐸氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

12.18.0

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，函文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，旋即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

上 冊 目 錄

原序

譯者的話

第一章	能量子的發現	1
1.1	細說從頭	1
1.2	比熱的理論	2
	(i) 單原子理想氣體	5
	(ii) 雙原子理想氣體	7
	(iii) 晶態物質	8
	(iv) 與實驗結果之比較	9
1.3	“真空”比熱	10
1.4	雷利-新斯公式	12
1.5	維恩的位移定律	16
	(i) 絕熱不變量	16
	(ii) 黑體輻射的壓力	19
	(iii) 史提芬-波爾茲曼定律	21
	(iv) 絕熱容變過程中的溫度變化	24
	(v) 維恩的位移定律	24
1.6	維恩公式	26
1.7	蒲朗克公式	27
1.8	能量子	28
1.9	比熱的量子理論	33
第二章	光的微粒性	37
2.10	光量子假說	37
2.11	空腔中的能量漲落	38
	(i) 雷利-新斯公式與均方漲落	42
	(ii) 維恩公式與均方漲落	43

	(iii) 蒲朗克公式與能量漲落	48
2.12	光電效應	49
2.13	康普頓效應	55
	(i) 光量子的動量	55
	(ii) X射線散射的量子理論	57
	(iii) 跟實驗結果的比較	59
	(iv) 反跳電子	59
	(v) 康普頓-西蒙實驗	61
2.14	光子氣	62
2.15	微粒性質與波動性質	64
第三章	前期量子力學	67
3.16	原子的構造	67
	(i) 齊曼效應	67
	(ii) 湯姆遜原子模型與長岡原子模型	70
	(iii) 阿爾伐質點的散射實驗	71
	(iv) 盧則福公式	72
	(v) 盧則福的結論	77
	(vi) 盧則福原子模型的缺點	77
3.17	原子光譜	80
3.18	波爾的理論	83
	(i) 波爾理論的基本觀念	83
	(ii) 氫原子的能階	85
	(iii) 原子的大小及其磁矩	89
3.19	量子條件	92
	(i) 艾倫費斯特的絕熱假說	92
	(ii) 廣義的絕熱不變量	93
	(iii) 一因次週期運動系統的絕熱不變量	94
	(iv) 一因次週期系統的量子條件	102
	(v) 多重週期系統的情形	103
	(vi) 例	106
3.20	氫原子的定常狀態	108
3.21	方位量化	114

3.22	定常狀態的實驗證明	120
	(i) 法蘭克 - 赫茲實驗	120
	(ii) 史泰恩 - 蓋爾拉赫實驗	121
3.23	波爾的對應原理	123
	(i) 對應原理的數學基礎	126
	(ii) 遷移機率	131
	(iii) 調和振子的情形	133
	(iv) 遴選法則	134
	(v) 對應原理 - 前期量子力學的指路明燈	141
3.24	轉動與移動的量化	144
	(i) 轉動的量化	144
	(ii) 移動的量化	146
第四章	原子的殼層構造	149
4.25	光譜的理論	149
4.26	X射線譜系	154
4.27	原子的殼層構造與元素的週期律	160
4.28	光譜項的複線結構與內量子數	168
4.29	電子的自旋與本然磁矩	170
4.30	鮑利的不相容原理	177
第五章	矩陣力學的誕生	179
5.31	解決難題的一條線索	179
5.32	海森堡的發現	180
5.33	矩陣力學	198
5.34	正則運動方程式與波爾的頻率關係	209
	(i) 矩陣算法	210
	(ii) 能量不滅定律與波爾關係	214
5.35	特性值問題	218
	(i) 能量不滅定律的反演	218
	(ii) 單元變換	222
	(iii) 特性值問題	225

附 錄 I

波爾茲曼原理.....	235
(i) 動力系統的軌線.....	235
(ii) 機率密度.....	237
(iii) 劉維爾定理.....	238
(iv) 機率密度的計算.....	242
(v) 浸於熱容器中的動力系統.....	247
(vi) 溫度引論.....	250

附 錄 II

晶體模型.....	253
-----------	-----

附 錄 III

弦的橫向振動.....	257
-------------	-----

附 錄 IV

電磁振動的動力學處理.....	261
-----------------	-----

附 錄 V

由弦的橫向振動所造成的壓力.....	265
--------------------	-----

附 錄 VI

振動系統的絕熱不變量.....	268
-----------------	-----

附 錄 VII

弦的振動中的能量漲落.....	273
-----------------	-----

附 錄 VIII

$T = dJ/dW$ 的另一證法	280
-------------------------	-----