

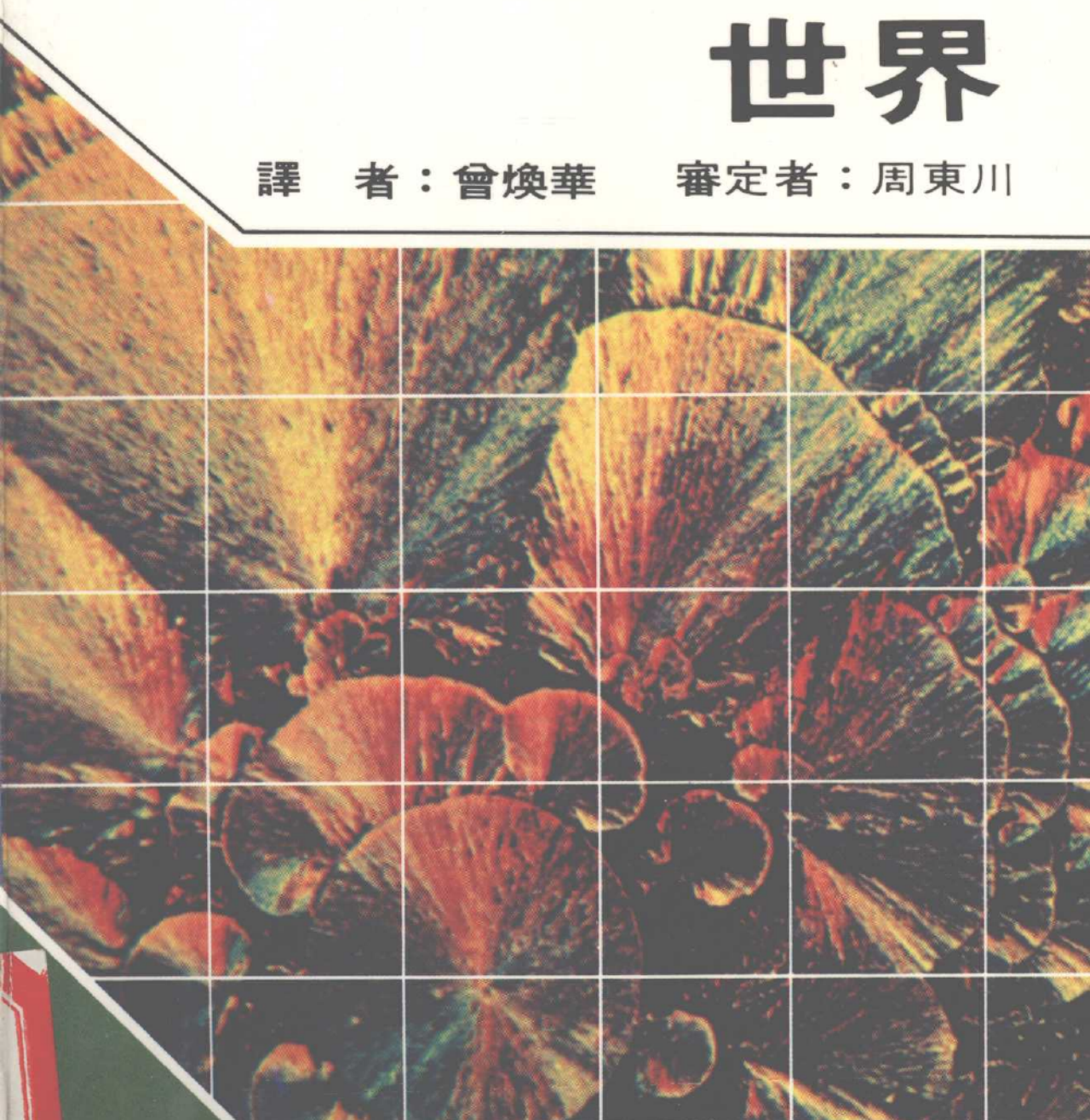
新世紀叢書

推動尖端科技的基礎

量子力學的世界

譯者：曾煥華

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



066
新世紀叢書

量子力學的世界

銀禾文化事業公司印行



066
新世紀叢書

量子力學的世界

主 編：新世紀編輯小組

審定者：周東川

譯 者：曾煥華

發行人：陳俊安

發行所：銀禾文化事業有限公司

地 址：永和市林森路88-1號1樓

電 話：9230041・9230051

傳 真：9230051

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣 100 元

印製所：大原彩色印製企業有限公司

1991 年 11 月二版

行政院新聞局局版台業字第 3292 號

●版權所有・請勿翻印●

ISBN 957-568-052-9

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！

陳俊宏

序 文

聽到量子學就說：「這種東西與自己毫無關係，我對它也沒有興趣。」而不加理睬的人似乎不少。這也不能怪他們了。以往有關量子力學的書籍，包羅了許多看起來很難的數學式。如果沒有具備多少關於高等數學的預備知識，即無法理解它。當然，也有少數的例外。例如卡莫（George Gamov）所著的『奇妙國家的湯姆金斯』，是以巧妙的比喻代替數學式，訴諸於想像力，使人了解相對論或量子力學到底是什麼的嘗試。我覺得這本書很有趣。對於不大懂物理的人，它可能是有趣的讀物。但是，它能否當做有益的量子力學入門書則有疑問。

最近聽說片山泰久正在寫不使用數學式的量子力學解說書，我最初有點不敢相信。他長期與我皆研究基本粒子論，過於習慣處理複雜的數學式。我想像過，他被附加「不得使用數學式」的條件之後，想必很煩惱。

但看了他要求我寫序文而送來的原稿之後發現，的確完全沒有數學式。因為是採取對話方式，故讀起來並不吃力。但是，所寫的內容是相當高級的。我也能充分體會他想設法讓讀者理解的苦心。只用文句表現這樣豐

II 量子力學的世界

富的內容，決不是一件容易的事。我佩服這是很少有類比的書籍。

片山一直爲依靠直覺來掌握而且似乎與人無關的基本粒子而辛勞，可能因此得以較輕鬆的說明更具象的量子力學。最近開始擔任工學院的課程，他的教育技術可能因而更加進步。

當我就讀中學時，世界上正流行相對論。諸如時間、空間、以太、萬有引力等大家都以爲了解的事却成爲討論的問題，故難怪許多人對它有興趣。但是，平時不關心物理學的一般人，雖是暫時的，却把相對論當做日常生活上的話題是一個異常好例子。從此以後沒有再發生這種事。

量子力學起源於普朗克的量子論。它在 1900 年問世，而愛因斯坦的相對論則在其五年後才問世。但是，愛因斯坦是在大約十年之間幾乎獨力的完成了相對論。量子論以量子力學的形式暫且完成，是花了二十五、六年的時間。因此，需要許多卓越物理學家不斷的努力。在這個期間，量子論或量子力學從來沒有引起像相對論一樣轟動的場面。但是，在學術界則持續了安靜的熱潮。改變了物理學的量子力學之影響，迅速的擴及於自然科學的其他部門。今日的化學，就其以量子力學爲基礎理論一點來說，與物理學站在共同的地盤上。在電子工

程學上的電晶體、MASER、雷射等劃時代的發明，若沒有量子力學即不可能實現。關於生命現象的理解，在基本水準來說，也不能不依賴量子力學。

不僅如此而已。既然在科學文明中生活，量子論或量子力學不能被視為「我根本與它無緣」的。大家都知道，紫外線對於人體或細菌的作用，不同於肉眼看得見的光線。如果不用光量子即無法說明它。若加熱不易揮發的物質塊即變成紅色，若再提高溫度則白熱化。爲了想說明這種大家熟識的現象，在普朗克辛苦研究之後產生了量子論。鐵爲什麼變成磁鐵？氫或氧等原子之間的化學結合之本質是什麼？像此種疑問不勝枚舉，而能爲它提供正確答案的正是量子力學。

相對性原理具有哲學色彩。這就是引起大家關心的最重要的理由。但是，量子力學投下了足以與相對性原理媲美的哲學上問題。尤其，一個原因所引起的結果未必是一種的所謂不確定性，不得不深刻的影響我們對於事物的想法。

如果把這種事情同時考慮，則量子力學遲早必然會成爲大家的常識之一部分。我覺得，只因爲許多人不易親近它，而未及早常識化。我期待片山君爲了打破不易親近的牆壁而辛苦完成的這本著作能普遍爲大家愛讀。

前 言

這本書是爲了對於現代科學有興趣的許多社會人士或學生，以及現在準備研究科學的年青人寫的。因此，我盡量寫的淺易，以便沒有科學或數學的預備知識也能閱讀。尤其完全沒有使用數學式。

量子力學是爲了理解肉眼看不見的原子、分子的世界所不可缺少的敘述方法。它與在我們的日常世界通用的常識大爲不同。因此，量子力學通常爲了求正確性而使用高深的數學。故不用數學式來敘述量子力學，是很冒險的事。

我之所以敢冒這種風險，是有兩個理由。第一個理由爲，在現代原子、分子的世界與我們的生活有密切的關係，了解那個世界已經變成所有現代人不可缺少的事。第二個理由爲，量子力學所發現的想法或確認事物的方法，與其說是排斥我們的常識寧可說是促使我們反省的，其想法或方法在各方面有益處。我覺得，量子力學會成爲每一個人之新常識的時代即將來臨。我認爲，因此科學家應該把自己所知道的常識設法傳播給更多的人。雖然不知道這本書能否達成著者的願望，但若讀者能

體會著者的這種願望，相信以後可能會有更優秀的書問世。

量子力學是在20世紀誕生，而在短期間之內有了驚人的進步。著者在寫這本書時，獲得了從前抱着同樣願望寫的小冊子——1935年出版的田村松平著『量子論』。我的恩師之一的田村先生最近從京都大學退休，在這本書可以領會想讓大家了解這新誕生的量子力學的，年青學生充滿活力的熱情。在其後的30年之間，量子力學擴及於廣泛的分野至令人驚異的程度。而今後也可能如此。因此，在這本書裡面所寫的內容，在不久的將來也可能被改寫。我衷心期待，在閱讀過這本書的讀者當中，會出現撰寫更擴大的未來之量子力學的人。

對於為這本書撰寫序文的湯川秀樹先生，提供寫這本書之機會的中村誠太郎先生，以及為出版這本書而協助的講談社的田澤雄三、末武親一郎兩位先生，以及辛苦的繪製了插圖的永美春雄先生表示我衷心的謝意。

片山泰久

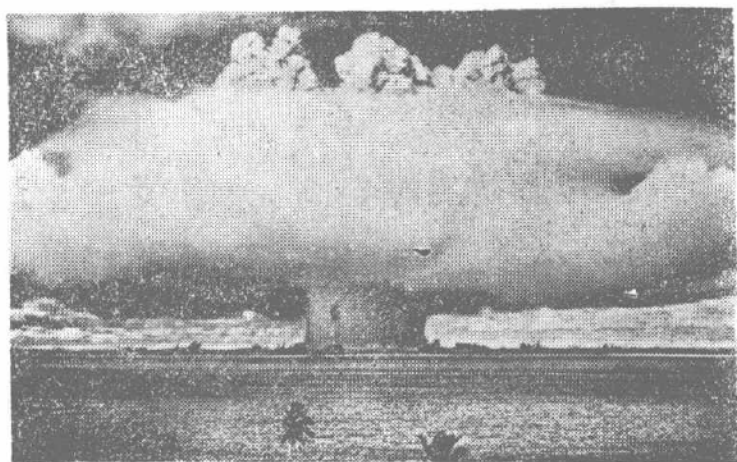
謹識於1967年春

京都下鴨

目 錄

第一章	開始與我們有切身關係的量子	1
第二章	量子是如此誕生的	25
第三章	量子力學的觀念	77
第四章	量子把科學結合	119
第五章	量子開拓可能性	165
第六章	量子對我們啓示了什麼？	205

第一章 開始與我們有切身 關係的量子



<核的分裂・融合反應

未必是人類所能獲得最後的火>

咖啡與量子力學

令人忘記季節的陽光暖和的一個下午，溜出大學內研究室進入附近茶館的A教授，在那裡意外的遇見了一位朋友。是學生時代親密來往並互相討論各種事的伙伴B君。據說，他在文學院畢業後服務於出版社。

但是，爲再碰見而高興的兩人還沒有聊上幾句，B突然說意外的話。

B：「我正想找時間拜訪你。我想向你請教，量子力學到底是什麼？」

A教授顯得有點畏縮。他剛才還站在講台講授量子力學，爲了恢復疲勞才來喝咖啡。如果還得反復說一次就吃不消了。

A：「請等一下。雖然你想知道，但這不是一、兩句話即能說明的。」

B：「不，我也沒有這種意思。如果你方便，我打算到你那邊幾次。不過，如果按照教科書記述的方式說明，我就無法接受了。你也知道我不善於了解數學式。因此即使多花一點時間也無所謂，但請絕對不用數學式，不知有沒有困難？也就是以像喝咖啡一樣的心情……」

A：「你要我以喝咖啡的心情說明量子力學？這的確有些困難……。」

A教授沉思了一下。量子力學是以高等數學爲基礎建立的。因此，在學生時代曾經想過若不懂數學即無法理解量子力學。但最近則覺得，量子力學顯然有與那些難懂的數學式不同味道的趣味性。A教授還是學生的時代與現在比較已大大地不同了。從量子力學由一部分理論物理學家開拓的時代，轉變爲由所有自然科學者使用的時代。量子力學已經成爲科學家的一種常識。它成爲每一個人必備之常識的時代，會很快的到了。那麼，大家就能以像喝咖啡的心情談論量子力學了。

A：「讓我來試試看。」

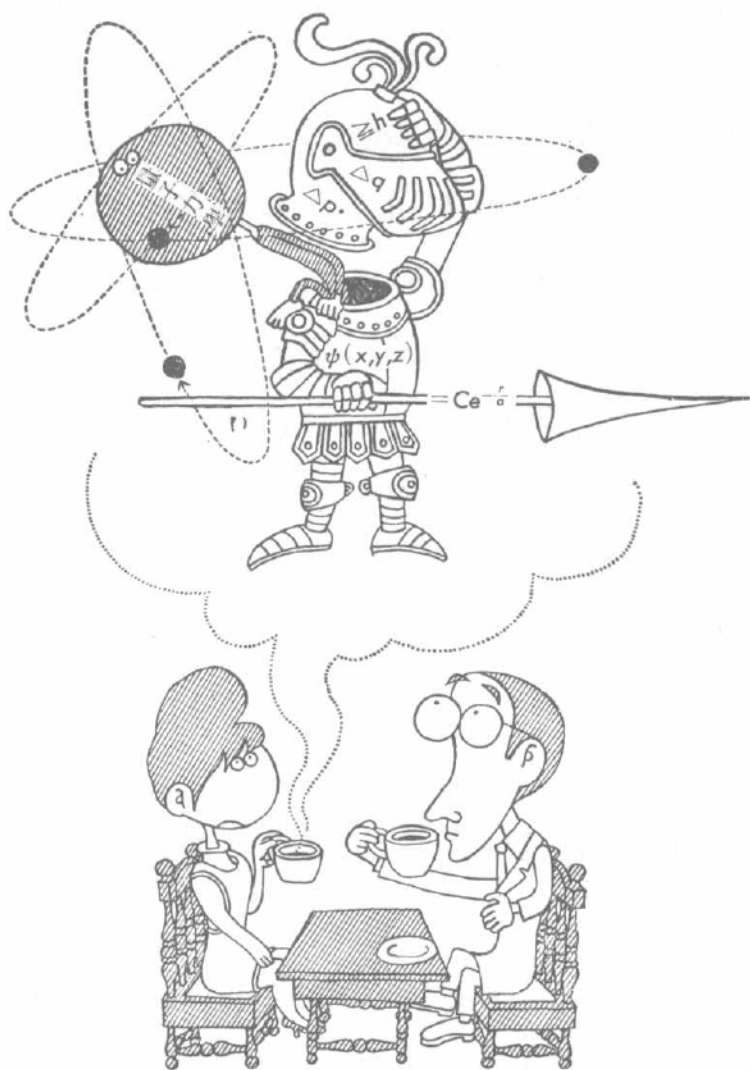
A教授這麼回答，然後喝乾了已經開始冷的咖啡。

新的常識

A：「我想請問一件事。你爲什麼現在開始關心量子力學？」

B：「或許說的不對，但我要把自己所想的說出來。我最近開始慢慢的關心各種科學，發現科學的進步快的令人驚異。原子能即是如此。過去爲了製成原子彈而驚訝，但現在則已經實現核能發電或核能船。以晶體管爲中心的電子學，相繼產生了化學調味料、塑膠、人造纖維等新產品的石油工業也是如此。這種例子不勝枚舉。總之，科技在各種部門同時以驚異的速度進步。

4 量子力學的世界



量子力學變成常識的日子可能很快就到

我想過這種進步的原因到底是什麼。的確有許多要素，但任何科學的分野若追根究底，則最後似乎可以指出電子或原子、分子。我們知道在電線中流動的是電子，製成物資的是原子或分子；卻不知道，眼睛看不見的那些物質為何以超速度推動科學。如果聽到電子或原子、分子，即會想可能是這樣的，但若仔細考慮則實際上完全不懂。

若想充分理解電子或原子而開始探討，即會碰到量子這個名詞。我想到，量子力學相當於支撐搖動現代社會的偉大科學的理論上支柱甚至是一根棟樑。我因此決心把量子力學當做現代的一種常識吸收。不知我的觀念有沒有錯？」

A：「不但沒有錯，並且很出色。好像在聽資優學生的答辯。你既然有這種決心，則我也方便說。甚至我反而樂於談這個問題。」

A 教授與 B 氏總算這樣的達成了協議。當然，兩人都遵守了約定。

敲打看不見之世界的棍子

約定見面的第一天。比約好的時間早一點出現的 B 氏，因為首次到 A 教授的研究室而有點不習慣的樣子。或許是想起了學生時代的事罷！他到處看看之後，一開口就提出奇怪的質問。

B：「聽說你研究物理學，我想順便參觀各種裝置，卻什麼都沒有。這樣可以做研究嗎？或者由於對象小，故裝置也小至我看不見的程度嗎？」

A：「我經常遇到這種質問。若對象愈小則實驗裝置反而愈大，故就我專門研究的分野來說，裝置接近於一個工廠的規模。因此這樣小的房間實在無法容納它，不過最重要的理由是，如果裝置那麼大則問題複雜化，而無法自己一個人兼顧各方面。因此，分成專門做實驗的實驗家，及僅靠紙張與鉛筆研究的理論家。雖然過去有同時從事理論的研究及實驗的人，但在內容愈深入之後，把一個人有限的才能同時用在理論及實驗上反而有害。物理學上不靠實驗也能研究的事情多的是。」

B：「我不大懂為什麼研究的對象愈小則實驗裝置反而愈大，不過我覺得這很有趣。」

A：「我們的眼睛不適於觀察很小的東西。爲了彌補這個缺點而發明了顯微鏡。因此得以發現了病原體，

但顯微鏡所能看見的範圍，大概以這種大小爲限。爲了檢查更麻煩的細菌——被稱爲濾過性病原體的Virus，則利用以電子射線代替光線的電子顯微鏡。同時需要用於操縱電子的高電壓裝置。這個裝置會占據這個房間的大約一半，不像光學顯微鏡可以放在桌子的旁邊。用電子顯微鏡能觀測至100萬分之1公分（ 10^{-6} 公分）程度，即使利用最新裝置也只能觀測至1,000萬分之1公分（ 10^{-7} 公分）左右。這樣實在不易看出原子或普通的分子。」

B：「原子的大小爲大約一億分之一公分（ 10^{-8} 公分），那就得再改良至提高能見度十倍甚至一百倍嗎？」

A：「不！只要是利用可視光線或電子射線，則這種裝置的能見度有限，無論怎樣改良也無濟於事。這樣即等於盲人識別東西，只好用棍子敲打。當然，既以原子爲對象，則這個棍子的大小應該有原子大致相同才有意義。因此，就得對大小與原子差不多一樣的東西給予足夠的力。我們所用的都是龐大數量原子的集合，故若對其中每一個原子賦予足夠的力，則就整體來說會變成驚人的力量。因此，需要大的裝置了。」

B：「所謂大的裝置，到底是什麼程度的？」

A：「代替電子顯微鏡的，首先是X射線裝置，藉