

Wissen und Wissenschaft

— 34 —

MATERIEWELLEN
UND
QUANTENMECHANIK

學藝彙刊 (34)

物質波與量子力學

A. HAAS 著

章康直譯



中華學藝社出版

商務印書館發行

MATERIEWELLEN
UND
QUANTENMECHANIK

物質波與量子力學

A. HAAS 著
章康直 譯



中華學藝社出版

商務印書館發行

中華民國二十三年十一月初版

(52784.2)

學藝
彙刊
物質波與量子力學一冊

Materiewellen und Quantenmechanik

每冊定價大洋伍角

外埠酌加運費匯費

原著者 A. H a a s

譯述者 中華學藝社章康直

發行人 王雲五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

版 翻
權 印
所 必
有 究

精

譯者弁言

從伽利略和牛頓把力學的基礎奠定之後，物理學的進步，幾有一日千里之勢，加以實驗物理的昌明，發明繁多，真有指不勝屈之概。但新現象越多，理論上的困難也越多；像光學電學原子力學等中的現象，已經不是牛頓法則所可解釋；因為範繫一切的普遍原則不能找到，於是創立了許多獨立的和不自然的假定，物理學的完整性因此失掉，所以一班目光遠大的學者，都專力向根本原則方面努力，以期解決一切困難。到了二十世紀的初期，哄動一時的相對論和量子論發生，物理學的面目一新，範圍也被推廣不少，但在原子論中總還有許多不能解釋的問題，和牽強的假設。

到了1924年物理界又起了一個革新的高潮，那就是本書要介紹的布洛利—雪里汀格爾波動力學，

和哈生保—波綸—約但量子力學。它們不但能解決許多以前不能解決的問題，並且把物質，因果律等基本概念加以變更，使自然哲學的根基也發生震動，因為它們的美滿和重要，所以數年來進展的迅速，和著述的豐富，已駕乎一切；國內雜誌中，略有介紹這種新學說的文章，但求一普通，完備而有系統的著作尚不可得，所以譯者不揣譾陋，把這小書譯出，以貢獻於國內讀者。

本書是奧國維也納大學物理教授哈斯所著，本係德文，在英法等國皆已有譯本，足見其傳讀之廣，內容清穎可讀，且無多量高等數學，足供一班讀者之用，譯者把它先譯出的原意，也就在此，因為這種新學說進展極速，所以兩年之間，已增訂三次，本書係就最近（1930年）德文本所譯，學問疏淺，錯誤自多，加以依據原文，無暇潤飾，文字扞格不入之病，尤所難免；尙祈讀者指正為幸。

一九三〇年，九月，譯者識。

第一版原序(節略)

從哈生保 (Heisenberg) 量子力學和雪里汀格爾 (Schrödinger) 波動力學的基礎組織完成以來,雖則尚不過兩年,但說明這種新物理思想的書本,卷帙已需千頁左右。著者確信除這類完備的著作外,物理學家以及一班普通的讀者們,都還有一種較短書本的需要。這種書的要點是不用高等的數學方式來講得布洛利 (De Broglie), 雪里汀格爾 和 哈生保 等思想源流的概要,其中各種思想的關係,以及由各種重要應用以表示其範圍。這小小的書本,就是試行這種計劃的,它的大綱是根據著者1927/28年冬季在維也納大學的講稿。

那是當然的事實,像這樣短而不完全的一本書,於對此有極大興趣的讀者們,固然有許多問題有讀各種原作品的必要;就是就一般敘述的立腳點講,也

有參考其它各種較佳單篇著作的必要。這一層恐就數學立足點言，比物理的更爲重要。

維也納，二月末，1928，哈斯 (A. Haas)。

第二版原序(節略)

本書雖然從第一版到第二版不過半年，但因波動力學和量子力學突前的進步，已不能不有下列四章的增加：——“光對於原子的影響，”“量子力學中的共振，”“波動力學基本方程式的相對論推廣，”以及“狄拉克 (Dirac) 的電子論，”對於波利原則一章，也已經完全改過；但第一版中的第十五章，則因節省地位而略去。

維也納，十月，1928，哈斯

第三版原序(節略)

這第三版比一年前的第二版，新添了兩章：——

“變氫的發見,”和“放射的波動力學說。”除此以外,對於“物質波的折散”與“狄拉克的電子論”兩章,也經修改。

作者對倫敦本書英文翻譯者,科特 (Codd) 先生和巴黎法文翻譯者波格魯 (A. Bogros) 與愛司克郎 (F. Esclangon) 兩先生,關於本書許多很有價值的改善建議,表示十二分的感謝;而歐根哥斯 (Eugen Guth) 博士對於新加稿件,加以校閱,尤其覺得十分的心感。

維也納,十一月,1929, 哈斯

目 錄

第 一 章	原子力學問題	1
第 二 章	<u>斐馬</u> 原則 <u>羅倫次</u> 轉換及羣速度的概 念	11
第 三 章	<u>得布洛利</u> 的波動力學	22
第 四 章	波動力學與相對論間的關係	33
第 五 章	物質波的折散	39
第 六 章	<u>雪里汀格爾</u> 的理論	46
第 七 章	特性值力學舉例	54
第 八 章	<u>哈生保</u> 的量子力學	65
第 九 章	方陣力學	81
第 十 章	<u>哈生保</u> 量子力學和 <u>雪里汀格爾</u> 理論 的關係	92
第 十 一 章	原子物理學的因果和統計觀念	100
第 十 二 章	<u>波利</u> 原則	106

第十三章	<u>部斯</u> 的量子統計學	113
第十四章	<u>勿米</u> 統計學	124
第十五章	光波和物質波對於原子的影響	132
第十六章	量子力學中的共振	145
第十七章	變氫的發見	154
第十八章	放射性的波動力學理論	172
第十九章	波動力學基本方程式的相對論推廣	180
第二十章	<u>狄拉克</u> 的電子論	184
第二十一章	量子力學與自然哲學	191
附 錄:一	I. 各章內容撮要	193
	II. 常用記號表	201
	III. 普遍常數	203
	IV. 文獻	204
	V. 人名中西對照表	206
	VI. 名詞中西對照表	209

注意:一讀者如對於第八章的第二部,以及九,十九,二十等章感覺困難,則可略而不讀。

物質波與量子力學

第一章

原子力學問題

Das Problem der Atommechanik.

在十七世紀後半期,物理學昌明的初期,物理學先進海互史 (Huygens) 曾經說過一句話,不但可表示當時的思想,實在也可以代表以後兩百年間的趨勢。他說:“在真實哲學中,我們對於一切自然現象的起源,只有用力學的方式,纔能表明,否則我們惟有把一切了解物理學的願望放棄了。”⁽¹⁾ 這種物理學中力

(1) Huygens, *Traité de la lumière* (Leyden 1690), 第一章:“Dans la vraie philosophie on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mécanique. Ce qu'il faut faire à mon avis ou bien renoncer à toute espérance de jamais rien comprendre dans la physique.”

學化的傾向，在十九世紀的後半期還有存在，其最初的失勢是在麥克斯威爾 (Maxwell) 依完全脫離力學的能媒 (Äther) 說，根據電磁學以建立新的光學理論。二十世紀的初期，原子內部現象的發見極多，以此引起了物理學家研究力學，電學，磁學，光學等現象間關係的興趣。到現在似乎可以把海互史的話反轉來說：我們若是不用他種物理學分科中的方式來說明力學現象，那麼我們必須放棄對於了解物理學的希望。在這方面最有成績的進展，是1924年以來布洛利，雪里汀格爾，哈生保，和狄拉克等的理論，那也就是本書要想把它簡單介紹於讀者的。

力學是精密物理學中最古的一科，也是理論物理學始祖伽利略 (Galilei) 所研究的一科；至於那裏基本法則的建立，乃是把全部物理學用數學的根基變到一整個系統的第一人——牛頓 (Newton) 的功績。二百年來動力學 (Dynamik) 的基礎，大家以為被牛頓發展到了極境；所以後來雖則對牛頓學說的方式有不少的改進和修補，但於他的運動法則等，大致沒有什麼新發展。

到二十世紀的初年，大家纔覺得上面的斷語還

太早。1905年至1909年間，由相對論的基礎產生了一種新力學，不但把現在看來是近似真確的古典力學運動法則推廣，它並且給我們一種範圍較廣的新結果；在一方面它使力學與光學間發生了相當的關係，譬如說光速是一切機械速度的極限，在另一方面，它發見質量的力學概念與全部物理中最重要的能力概念間的密切關係。在新的相對力學，已證明這兩種基本概念，完全相等。一物體或物質點的質量，與其能力的不同，僅在一普遍比例率。（卻巧是光速的二乘方）。

不但相對論搖動了古典力學的根本，就是與相對論同時的量子論的重要結果，也互相衝突。講到量子論，它並非一種孤立的東西，實在是近代全部物理學的基礎；它的目的是在發見力學電學和光學間的平行性。在十九世紀末世，已知道所有運動方式的最後，總須假定兩種物質微點的存在，它們的質量是兩個普遍常數，各種原子都由這兩種微點所構成，它們就是現今所分較大質量的質子(Proton)和較小質量的電子(Elektron)。到十九世紀的終了，電的原子構造又發見了，物理學家知道一切的電荷，不過是元電荷

的很大整數倍，並且所有物質，也都由這種元電荷所構成，重的質子是正，輕的電子是負。⁽¹⁾

在二十世紀的初年，又有一種發見，其重要並不減於物質的微粒和電的元電荷，那是光的（廣義）電子構造（實際上可以稱做光原子“Lichtatom”，那裏的光當然不單指可見的一部份，像紅外熱線（Ultraroten Wärmestrahlen），帶電波，無線電話波，紫外線（Ultravioletten Strahlen），鑷琴線（Röntgenstrahlen），放射物質（Radioaktiven Substanzen）的 γ 線（Gamma-Strahlen），等等，都包括在內，這種表面上看來絕不相同的線，實際不過振數的不同而已。振數普通以秒計，例如紅光是 4×10^{14} 次，最硬的鑷琴線是 10^{18} 次，至於有種無線電波則只有幾十萬次。

蒲朗克（Planck）在1900年發見，更在1905年經愛因斯坦（Einstein）確定，知道各種光線都由許多輻射元（Strahlenelement）所組成，它們的能力（Energie）和振

(1) 質子的質量是 1.66×10^{-24} 克；電子的質量是 9.00×10^{-28} 克，是前者的1847分之一。元電荷有 4.77×10^{-10} 靜電單位（Elektrostatische Einheit）；至於靜電單位，我們曉得是指一電荷量，當與一同等電荷相隔一厘米時有一達（Dyne）的互相作用力。（與一毫的重力大約相等）。

數,只有一普遍比例因子的不同.我們可以很普遍的得到放射元能力的絕對單位數,用厄 (Erg)⁽¹⁾ 計算時,等於每秒鐘的振數乘 6.55×10^{-27} ; 因為這數等於每秒振數除能力,所以它的物理度 (Physikalische Dimension) 是能力乘時間;這種乘積,在力學中稱為作用 (Wirkung). 因此這能力與振數間的普遍比例率,叫做作用量子 (Elementare Wirkungsquantum). 譬如黃光元的能力是 3.3×10^{-12} 厄.

由多數專家實驗研究,現在已能證明輻射原子 (“Strahlenatomen” 普通稱為光量子 “Lichtquantum” 或則最近稱為光子 “Photon”) 也像電子,原子一樣的實際存在.所謂光電應效 (Lichtelektrische Effekt 當一金屬片受紫外線或欒琴線照射時,有電子流 “Elektronenschwärme” 從片面射出) 很明顯的表明光量子的能,已變為電子的動能,反轉來,由陰極線 (“Kathodenstrahlen” 運動極速的電子) 發生欒琴線時,光量子乃由電子的動能 (Bewegungsenergie) 消散而生.

由上面所說能力和質量的相等性,每光子自然

(1) 在水平線上,舉一鈞 (Kg) 重的物質至一呎高,所需的功,為 9.81×10^7 厄.

也有它的質量,和振數成正比例。⁽¹⁾用克計算時,等於振數(每秒)乘 7.27×10^{-48} (這數等於光速平方除作用量子)。在可見光線光子的質量,和電子相較,自然很小,(大約小至十萬倍),但在 γ 線,則其質量,常相髣髴。光子單體的確有質量,由光量子和電子的撞擊時,很清晰的表明;像昆普吞(Arthur H. Compton)於1923年,發見在這種撞擊時,不但能力不變定律存在,就是動量(Bewegungsgrösse)不變律也能滿足;動量在電子和用光速運動的光子,都等於質量與速度的乘積。

雖然作用量子本來是用作一光學常數,(規定光的原子性的一個普遍常數,)但是後來物理學家又發見,就是在原子內部的純粹力學運動,也必取決於它,所以本來純粹的光學常數,又兼具了原子力學基本常數的第二作用了。⁽²⁾原子力學的需要,是由於

(1)但須注意,由相對論靜質量講,就必定等於零。參看以後的(43)式。

(2)本書著者自信於1910年首先發生這思想,並且把它應用於氫原子;見 Sitz.-Ber. der Wiener Akad. d. Wiss., Math. Nat. Kl., Abt. IIa, 1910, 119-144頁。在那篇文章中,初次引出景析學中基本常數(所謂勒德堡“Rydberg”常數),與電單位荷,電子質量,及作用量子間的關係。

發見各種原子都由負電子圍繞一正電核 (Kern) 而成。⁽¹⁾ 介乎核與圍繞的電子有電吸力作用其間,所以說明這種原子的永久存在,惟有假定離心力的存在,因此我們必須主張電子是繞着核很速的運動,和太陽系中的行星一樣。一個原子全體和太陽系的全體很相像。

原子力學中最簡單的問題,就是氫原子,因為由多數實驗,可證明它祇含一游行電子。這種原子模型中,電子軌道的半徑,起初尙不能決定,到了1913年,波耳 (Bohr) 纔用一假設打破這種困難;那假定由以後原子力學的研究,大致覺得十分美滿,此外他又假定電子軌道的角動量 (Drehimpuls) 由電子質量,軌道半徑,和速度的乘積而定) 等於作用量子,加以因離心力和電吸力必須平衡,所以波耳假定可以完全決定軌道半徑和軌道速度的數值。⁽²⁾

在另一方面,由景析術 (Spektroskopie) 的觀察,知

(1) 1911年刺得福德 (Rutherford) 所創核原子假說,經 α -線通過金屬箔觀察,得到重要的實驗證明。

(2) 根據波耳假設,軌道半徑是 5.30×10^{-9} cm,軌道速度是每秒 2.188×10^8 cm而每秒的繞轉數是 6.5×10^{15} 。