

物理学与 微观物理学

〔法〕德·布洛衣 著



商 务 印 书 馆

0160668

物理学与微观物理学

〔法〕德·布洛衣 著

朱津栋 译

商 务 印 书 馆

1992 • 北京

PHYSICS AND MICROPHYSICS

by

Louis De Broglie

(据纽约M.戴维森 1955 年的英译本译出)

WULIXUÉ Yǔ WĒIGUĀN WULIXUÉ

物理学与微观物理学

[法] 德·布洛衣 著

朱津栋 译

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

新华书店总店北京发行所发行

河北省香河县第二印刷厂印刷

ISBN 7-100-00848-4/B · 116

1992 年 2 月第 1 版

开本 850/1168 1/32

1992 年 2 月北京第 1 次印刷

字数 188 千

印数 0-2 000 册

印张 8

定价: 2.90 元

序 言

这是一部无与伦比的著作。

德·布洛衣是揭示存在于物质的量子态和谐振现象之间的实体的和形式的密切联系的第一人,而其时,物质的波动本质尚未现诸实验。

叙述几十年来分子物理学中惊人的实验结果和创造性的理论研究会使每一位读者的眼界开阔而深邃。

但给我印象最深的是作者对为建立物理学基础的逻辑概念所进行的斗争的公允描述;正因这种斗争,导致德·布洛衣坚信所有的基本过程都是统计性的。我发现从新接受的概念的观点来研究柏格森和芝诺的哲学是非常吸引人的。

作者倾其创造性的才能、犀利的批判的和哲理的思维于一炉。

A. 爱因斯坦

目 录

序言(A. 爱因斯坦)	1
前言	1

第一部分 科学

第一章 物质的基本粒子和原子核的新理论	4
第二章 原子物理学和核物理学	26
第三章 物理世界的光	41
第四章 波动力学和表面状态的研究	51
第五章 对物理量概念的某些考虑	58
第六章 粒子光学的成像问题	66

第二部分 科学哲学

第七章 微观物理学的启示	84
第八章 波动力学初创时期的回忆	120
第九章 近代物理学的某些概念与柏格森关于时间和运动的观念	156
第十章 量子物理学中的几率和偶然性	165
第十一章 科学的道义及尊严	175

第三部分 科学史

第十二章 物理学的未来	188
第十三章 在电学中纯科学和应用技术的互相促进	208

第十四章	无线电电子学简史·····	212
第十五章	纯科学及其应用·····	215
第十六章	原子世纪的黎明·····	219
第十七章	伟大的历险·····	225
附录	波动力学的纯粹统计学与几率干涉·····	228
中译者后记	·····	243

前 言

本书汇集了关于物理学、科学哲学和科学史等方面一系列的阐述和演讲。

选择《物理学与微观物理学》以命名本书，目的是强调这两种物理学在形式上的对立。前者是宏观现象的物理学，在那里，空一时定位的、决定论的、以及分立客体的经典观念是完全正确的。而在原子和粒子尺度下的物理学，由于作用量子必然介入的结果，这些观念就变得含糊不清而必须修正。有些问题已在以前的著作中讨论过，其中下列几个问题还是值得重视的。

前已指出，物理学和微观物理学是在多大程度上互相对立着，微观物理学用以描述直接为我们的感官所感觉的现象的图像仅仅构成一种大量的基本过程的统计表象——对这些基本过程，经典图像是无能为力的。关于这些问题，一个新的普遍的叙述见本书“微观物理学的启示”一章；某些特殊问题的重新考虑见本书其它各章。

物理学的一个分支近十五年来像闪电似地迅速发展起来，这就是核物理学。取得某些惊人的发现之后，这门新的学科使可能在一定条件下应用原子能，这已为众所周知。本书没有必要涉及这些使原子弹制造成为可能的著名研究成果——其中许多是在法国完成的。几个月以来关于这个题目已有许多文章发表；谈论其细节，某些学者比作者更有资格。我试图——特别是在本书的前两章——描绘出核物理学近数年来的发展引导科学家得到的新概念的图像。这些概念仍然在发展着，并且已经证明是有重大意义

的。在本书之末，读者还可发现一些关于获得原子能给未来的科学进步和未来的人类文明带来的后果的评论。核物理学使惊人地增长着的能力任人摆布而带来的那些问题——在精神领域和在物质领域一样——都是严重的，甚致是令人忧虑的。

作者虽然在其生活的某些时候工作于实验室，但毕竟是个理论家。在过去的年代里导致他提出波动力学最初的基础的那些研究，从根本上说是理论性质的。因此，他看到在几年之间波动力学概念竟带来了最富实践意义的技术成果，这不会不使他感到意外；诸如电子光学和用电子衍射来做细微结构的分析，这些技术在第四章有扼要叙述。波动力学中的新概念在应用方面的意料不到的反响引导我去关心存在于纯科学的发现与应用科学和技术的进步之间的密切关系。对于这种偏爱的回忆散见于本书各部分。

关于历史的本质的某些研究，在本书中也占重要地位；关于现代这一时期的历史部分地靠本人的回忆。关于科学史，照我看来，全面了解其现状是极其重要的。如果人类探索科学观念遵从了不同的途径，那么今天许多科学观念就不会是今天这个样子的。

科学史是一般历史中众多分支之一，它对伟大的历险给我们以公正的评价。这历险不断地开阔我们的思想的视野，完全改变了我们的生活条件；基于此，它带着我们以飞快的速度通向神秘的未来。

德·布洛衣

第 一 部 分

科 学

第一章 物质的基本粒子和 原子核的新理论

我试图来阐明我们关于物质基本粒子知识的当前状况，以及这一时期原子核理论的某些论点。在开始正题之前，有必要先扼要地介绍一下使物理学能走到今日水平的一系列的发现。

原子假说

我们知道，从前曾被古代的哲学家含糊使用着的原子假说，殆到 19 世纪才由化学家和物理学家重新给以较为精确的表述，并得到了愈来愈多的证明。

最早把原子这一概念系统地引入现代科学中来的是化学家。对各种化学性质完全不同的实物进行研究而知它们可分为截然不同的两类：用适当的化学反应可分解为单体的“复合物”和不为任何化学方法所分解的“单质”或“化学元素”。对元素形成化合物所遵从的那些定量规律（定比定律、倍比定律等等）的研究使化学家逐渐地接受了下述假说：“一元素是由完全相同的微粒组成，这些微粒定义为该元素的原子。而化合物是由各组成元素的原子集合按恒定比例所构成的分子组成的。”这个假说由另一个差不多是同一时期（1815 年前后）的安培和阿弗加德罗所提出的假说所补充，其表述如下：

“任何 1 克分子的纯物质（根据盖·吕萨克定律，其气体状态在标准温度、压强状况下应占体积为 22.3 立升）不论其为何物，都包含相同数目的分子。”这个数字在原子物理学中非常重要，称为“阿

弗加德罗数”或“洛喜米脱数”。

我们看到了虽几经争论但是足以令人兴奋的是原子假说终于胜利地为所有化学家所接受。在今天，它已成为我们用以说明化学反应、分子式的应用和分子在化学反应中的变化等问题的基础。

原子假说很快就进入物理学领域中来，在这里它对物质性质的解释日益丰富。气体的动力理论——它假设气体是由大量的、做快速而不规则运动的原子或分子所组成的——对压强、温度、比热等概念的解释已取得成功，并且还导致与这些量相联系的基本规律的重新发现。由于总结了气体动力理论的这些成果，统计力学才可能给予熵概念以一个普遍解释，并且阐明了物质的许多其它性质。最后，还是物理学家获得了直接的证明，肯定原子确实存在。他们得此结论是根据对流体运动、布朗运动以及其它运动现象的研究——这些现象清楚地显示出物质的不连续本质；同时也根据以各种不同方法对阿弗加德罗数的精确测定。测定这一重要常数结果的一致性，特别是J·佩林(Jean Perrin)的著名实验给原子的存在以决定性的证明。

在这里我要重提一下，在全部原子中最轻的一个是氢原子。阿弗加德罗数近似 6×10^{23} ①，则可推知氢原子的质量约为 1.66×10^{-24} 克。现在已知有九十二种元素可以有序地排列起来——门捷列夫周期表，②在这个表里，元素几乎精确地按照原子量的递增排列着。从周期表上可以看出，元素的物理和化学性质显示着周期性的变化。这些可由原子的量子理论得到解释，与此有关的问题以后要谈到。原子半径的数量级为 10^{-8} 厘米，因此，做为初步

① 文中所用诸常量数值和今天的结果都有出入，一是因为测量技术的进步，再是由于作者只着重于发展的论述，未涉及计算，故多用约数。——译者

② 在人工条件下第93~102位元素已相继发现。它们是：93Np(镎)、94Pu(钷)、95Am(镅)、96Cm(锔)、97Bk(锫)、98Cf(锎)、99Es(锿)、100Fm(镆)、101Md(镨)、102No(诺)、103Lw(铼)、104Rf(钅)、105Ha(铪)。——译者

的、很粗糙的近似，我们可以把它当做有如许多大小直径的小球来考虑。

电子

与物质的不连续结构的证明日益丰富的同时，电的不连续结构亦相应地形成了。在半个世纪以前就已发现了的电子早已为大家所熟知，这里就无须赘述。法拉第所建立的电解定律就已使人怀疑到在电结构中存在着不连续基元。逐渐地这个观念得到如下的表述：

“负电是由一些全同的、质量极微的带电质点——电子——所组成。对各种条件下由物质发射出的、并在空间各自独立运动着的电子进行研究是可能的（如阴极射线和放射性物质的 β —射线）。把它们用静电计搜集起来，首先可以证明它们都荷以负电；进而再把它们置于电场和磁场之中，就可以确定——至少是在这种特定的研究条件之下——它们永远像一个遵从经典力学规律的小的带电质点，并借此可以精确地测定它们的电荷和质量。电子的质量为 0.9×10^{-27} 克，其电荷 e 为 4×10^{-10} 静电单位。”

关于电现象的理论因考虑到电子的存在而改观。人们发现由质量很小的电子所组成的负电是电的可移动部份；而正电通常由原子的离子所携带，它具有比电子大的多的质量，当然其可移动性较电子也要差得多。这就显示出来这两种电之间，在很多方面，有其对称性，而其不对称性表现在正电比负电要更密切地联系着惯性物质。这种不对称性是极为重要的，我们将在本书中经常地提到它。

玻尔原子

自从电的微粒性发现以来，物理学家们就希望用这一性质来

阐明原子结构。事实是显然的,在现代,那些曾促进原子假说发展的,即使是著名科学家,仍蹈袭古代的原子论者而认为原子是个简单而不可再分的单位这一概念也不会被公认的。因为恰恰相反,很多事实都表明原子必然是一个复杂系统,单只是由原子发射出来的明线光谱的极端复杂性就足以说明这一点。由于人们观察到的由物质在各种条件下发射出来的电子,归根结蒂它们是来自原子,因此在原子结构中应包含着这种带电质点的观念就很自然地形成了。

如此,从1900年开始,人们就着手建造一个由带电质点构成并能说明原子的物理和化学性质的原子“模型”。几经试探,一个行星模型终于建立起来了。在门捷列夫周期表中占据第N个位置的原子(或如我们现在常说的,其原子序数为N的原子)是由一个携带着 $+Ne$ 电荷的、并几乎承担着全部原子质量的中心核,和N个各带 $-e$ 电荷、并像行星绕太阳一样绕核旋转的电子所组成的,所以整个原子结构在正常状态下是中性的。最简单的原子就是门捷列夫周期表中开头的一个, $N=1$ 的氢原子。它是由一个电子绕一个带电为 $+e=4.8\times 10^{-10}$ 静电单位的核所构成。这个核是所有原子核中最简单的一个,称为质子。

这正是卢瑟福在研究放射性物质的 α -射线通过物质发生偏折的著名实验得到的结论,即是几乎原子的全部质量集中在密聚着正电荷的中心核上。这里还显示出是正电和物质相联系这种新倾向。

若不是在1913年玻尔提出了卓越的普遍原子理论,不用说,原子的行星模型仍会存在着某些含混不清的地方。这个经受了多次定量检验的理论揭开了物理学史的新纪元。玻尔发现,要使行星模型成为有效则必须把普遍的量子理论的观念引进来。量子理论已经摧毁了一些基础极其坚实的物理学理论,这一理论的原委不

在这里追溯。只指出一点就已足够了：普朗克在 1900 年研究黑体辐射时，以其天才的直觉引入了在自然界存在着一个普适常数——普朗克常数 h ——的观念。它在力学中以一个基本作用单位而起作用。按照普朗克的理论，作用量子的存在必然导致以下的结论：经典力学所预言的运动，只有其中的一部分在自然界才能实现——运动的量子化。由于作用量子 h 的值非常之小 (6.54×10^{-27} 尔格·秒)，因其存在而对运动的约束在宏观现象中，是不易察觉的，但在原子尺度下它的干预就是非常重要了。玻尔把它引到自己的原子理论中来，经它发展了的行星模型取得了巨大的成就，用这一模型立刻就能说明非常奇特的、直到那时仍非常神秘的光谱规律性，说明门捷列夫周期表中各元素的物理和化学性质的周期性，还能说明原子的很多其它方面的特性。

直到玻尔理论完成以后，原子的中心核在整个原子结构中依然是极其神秘的（不要说更为玄奥的量子意义了）。实际上，几乎原子的全部质量都集中在核上，而其所占据空间之线度为原子所占据的十万分之一，亦即其直径之数量级为 10^{-12} 厘米。虽然原子核是如此之小，但那时人们就认为，它无疑地仍是一个复杂系统。天然放射性现象——在那时以前已由亨利·柏克勒尔、皮埃尔和玛丽·居里所发现——证明了如下事实：某些重原子核很容易自发地蜕变而成为一个较轻的核，同时有电子或 β -射线、氦核或 α -射线、以及穿透力极强的辐射或 γ -射线发射出来。种种蜕变现象都说明了核内之复杂性，但未尝给出任何关于核结构的启示，更加上这现象的发生是如此迅速，且其发生之条件亦非人力所能予以改变，所以很难置于我们的研究之下。这个局面殆到 1919 年逐渐得到扭转，卢瑟福用高速 α -粒子轰击轻的氮核而产生蜕变——释放出氢原子核（质子）从而本身蜕变为氧原子。在这里，核蜕变的可能性——中世纪炼金术士的梦想——实现了。把这种方法推

广，就使物理学家可以借助核蜕变来考察其结构。但是由这种方法产生全部预期结果还是很久以后的事。

同位素——即是物理和化学性质几乎完全相同而原子量不同的原子——的研究很快就引起物理学家注意这一事实：在那时已知的核的两种性质——电荷和质量——之间没有任何联系，这是毫无疑问的。玻尔的原子论指出，假如不涉及那些不易被观察到的现象，则原子的全部物理和化学性质都可由核的正电荷，亦即原子序数 N 确定，而与该核的质量无关。事实上，具有相同电荷而不同质量之核的原子，其物理和化学性质几乎完全相同。

我们知道，汤姆逊、阿斯顿及其继承者的杰出的实验证实了有极为丰富的同位素存在，并且指出，很多种直到那时还认为是单纯的物质其实是由数种同位素按确定的比例混合而成的混合物。这就使得区分化学元素变得复杂起来，例如，我们所知道的锡有多至 10 种质量不同的原子。当前把具有相同电荷不同质量的同位素的核和具有相同质量不同电荷的同质异位素区别开来是必要的。最近人为放射性元素发现以来，又时常见到“同质异能的”核，这是指核有相同的电荷、相同的质量、仅其放射性质不同而已（例如其平均寿命^①不同）。

核的早期概念

让我们来考察一下，在 1925 年前后关于基本粒子的和核结构的图象。我们将从一个恰当的角度来评价从那时以来的发展。当时只有两种粒子堪称基本粒子为大家所知，即是很久以来就极负盛名的做为可移动的电量基元的电子和质子——最轻的氢原子的

① 平均寿命常用 τ 来表示， $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ， λ 为衰变系数。现多用半衰期 T 来代替平均寿命 τ ， $T = \frac{0.693}{\lambda}$ ，略小于 τ 。——译者

核，其电荷与电子相等而符号相反，并很自然地充当了正电的单位。那时人们公认这是两个重要的基本粒子，由它们构成了所有原子核。质子的质量比电子要大 1840 倍（虽然在绝对单位制中其电荷相等）这一事实解释了前已指出过的正电较负电更密切地和物质相联系这种设想。我们很容易得到所有的核都是由质子和电子所构成的这一假说引起的许多结论。

让我们来考察一个在门捷列夫周期表中占据第 N 个位置的原子的核，其原子序数为 N ，其电荷为 Ne ，但其质子数量为 n_p 、电子数目为 n_e ，并且 $n_p - n_e = N$ 。由于电子的质量和质子相比是可以忽略的，因此核的质量几乎就是 n_p 个质子的质量。因此所有原子的原子量都应该是氢原子的整数倍。初看起来，这种主张似乎不能为实验所容，因为各元素相对于氢的原子量与整数相去甚远。同位素的发现或许能决此疑难。现在已众所周知，任何原子核的质量和氢原子的整数倍是非常接近的。如果说普通元素的表观原子量不是氢原子质量的整数倍，这是由于普通元素乃是同位素按一定比例混合而成的混合物，因此，其表观原子量是混合物中各同位素成份的原子量之平均值。

纵然把同位素效应适当考虑在内，各种核的质量与质子质量整数倍之间仍有微小差别。但这个差别——所谓的“质量亏损”——若考虑到相对论所告诉我们的能量惯性原理是可以得到解释的。即是：核在形成时要有能量释放出来。这样一来，质子和电子作为两个仅有的基本粒子，由之构成核并由核构成物质的原子，这一假说就不再有任何重大困难了。但是我们将看到，这一假说仍需修正，新的基本粒子被发现了，因此我们关于核结构的观念也应随之变化。

在我们说明这些问题之前，先来回顾一下我们关于基本粒子的概念是如何因波动力学的引入和自旋的发现而得到一个深刻的

改造是完全必要的。

波动力学、自旋和交换能

首先我将扼要地回顾一下,在大约四十年之前,我们关于光的认识怎么又退回到古老的微粒学说去了:放弃波动理论只用微粒说来解释物理光学现象。这就是说,诸如光电效应或康普顿效应等现象的存在——它们都能使人直接观察到(姑且如此说)光对物质微粒的基本作用——使物理学家不得不引进光子或“光微粒”这一概念。对频率为 ν 的单色波来说,光子携带的能量为 $h\nu$ 。应用光子这一概念且又保留下波动理论的基本成果,于是就形成了一种综合的理论。在这一理论中波和微粒的概念是并列且又互相制约,借助于几率关系而微妙地联系起来。这个新的对光的二重性解释终于成为一个物质粒子概念的新模型。它在1923—1929年间迅速地发展起来而成为波动力学。

在波动力学之中,波传播的观念和物质粒子传播的观念相联系,这一点与光的理论——必须把光子和光波联系起来——是一样的。这就使我们解释了在玻尔原子中电子的量子态,在这里与电子相联系的波乃是驻波,同时预言用电子束可能得到与光的干涉类似的现象。这个预言和电子的以及其它物质粒子的鲜明的微粒观念有着显然的矛盾。殆到1927年,电子经晶体而发生衍射现象的发现,这一预言就得到了完全的证实。现在则可完全肯定,最初只适用于光的波动—微粒二重性亦同样适用于物质;正像光子一样,所有的物质微粒都具有与之相联系的波,并且其全部性质只能由波动力学方法来精确地描述。每个粒子都和一个波的“场”联系着,这一点对以后来说是极为重要的。

1925年,正是我们关于物质粒子的概念发生巨大转折的时候,物理学家不得不面临由于自旋的引入而带来的新的局面。光学光