



The Series of Advanced Physics of Peking University

北京大学物理学丛书 · 理论物理专辑

原子论的历史和现状

——对物质微观构造认识的发展

关 洪 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



The Series of Advanced Physics of Peking University

北京大学物理学丛书·理论物理专辑

原子论的历史和现状

——对物质微观构造认识的发展

关 洪 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

原子论的历史和现状——对物质微观构造认识的发展/关洪
著. —北京:北京大学出版社, 2006. 11

(北京大学物理学丛书·理论物理专辑)

ISBN 7-301-10792-7

I. 原… II. 关… III. 原子论-高等学校-教材 IV. 0562

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 062034 号

书 名: 原子论的历史和现状——对物质微观构造认识的发展

著作责任者: 关 洪 著

责任编辑: 顾卫宇

标准书号: ISBN 7-301-10792-7/O · 0699

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子邮箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

出版部 62754962

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.625 印张 280 千字

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 22.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

本书纵述了从古希腊开始的原子论的历史,强调了原子论与物质构造的其他各种学说的区别,指出“物质无限可分”的命题既不合于辩证法,亦没有得到任何物理学规律的支持。书中主要部分叙述了从原子论的复兴至气体动态理论和统计物理学的发展,物理学上原子概念的确立,再进到原子核和基本粒子的发现,以及从量子论到量子力学到量子场论、规范理论以及一直到 M 理论的最新发展。全书论证的主线是人类关于物质构造的认识已经从构成论转向生成论,即从物质是由现成的各种组分组合而成的观念,转到每种物理过程都是旧粒子消逝和新粒子生成的观念。此外,不仅基本粒子都处于不断生成和消逝之中,而且整个宇宙,各种粒子、原子、分子、元素和一切宏观对象都是从无到有地创生出来的,甚至空间和时间亦有其从无到有的生成过程。

前 言

物理学是自然科学的基础,是探讨物质结构和运动基本规律的前沿学科。几十年来,在生产技术发展的要求和推动下,人们对物理现象和物理学规律的探索研究不断取得新的突破。物理学的各分支学科有着突飞猛进的发展,丰富了人们对物质世界物理运动基本规律的认识和掌握,促进了许多和物理学紧密相关的交叉学科和技术学科的进步。物理学的发展是许多新兴学科、交叉学科和新技术学科产生、成长和发展的基础和前导。

为适应现代化建设的需要,为推动国内物理学的研究、提高物理教学水平,我们决定推出《北京大学物理学丛书》,请在物理学前沿进行科学研究和教学工作的著名物理学家和教授对现代物理学各分支领域的前沿发展做系统、全面的介绍,为广大物理学工作者和物理系的学生进一步开展物理学各分支领域的探索研究和学习,开展与物理学紧密相关的交叉学科和技术学科的研究和学习提供研究参考书、教学参考书和教材。

本丛书分两个层次。第一个层次是物理系本科生的基础课教材,这一教材系列,将几十年来几代教师,特别是在北京大学教师的教学实践和教学经验积累的基础上,力求深入浅出、删繁就简,以适于全国大多数院校的

物理系使用。它既吸收以往经典的物理教材的精华,尽可能系统地、完整地、准确地讲解有关的物理学基本知识、基本概念、基本规律、基本方法;同时又注入科技发展的新观点和方法,介绍物理学的现代发展,使学生不仅能掌握物理学的基础知识,还能了解本学科的前沿课题和研究动向,提高学生的科学素质。第二个层次是研究生教材、研究生教学参考书和专题学术著作。这一系列将集中于一些发展迅速、已有开拓性进展、国际上活跃的学科方向和专题,介绍该学科方向的基本内容,力求充分反映该学科方向国内外前沿最新进展和研究成果。学术专著首先着眼于物理学的各分支学科,然后再扩展到与物理学紧密相关的交叉学科。

愿这套丛书的出版既能使国内著名物理学家和教授有机会将他们的累累硕果奉献给广大读者,又能对物理的教学和科学研究起到促进和推动作用。

《北京大学物理学丛书》编辑委员会

1997年3月

理论物理专辑前言

彭桓武先生在他的专著《理论物理基础》(彭桓武、徐锡申著,北京大学出版社,1998年)序中对理论物理作了精辟的阐述:

随着人们通过多次观察和实验等科学实践,对物质世界中在一定条件下一定现象之出现,获得大量可靠的感性认识,得到数据和经验规律。然后经过反复综合整理改造,形成概念,并用判断和推理的方法给以合乎逻辑的描述或解释,这样达到某种理性认识。如能以此为据对新现象有所预见且为而后的科学实验所证实,则表明这理性认识正确可靠。对越来越多方面的物质现象得到的越来越普遍的正确可靠的理性认识,便构成发展着的理论物理。

理论物理的发源可以从伽利略和牛顿对地面上物体坠落和天空中行星绕日等现象的统一解释算起。这奠定了牛顿力学,并从此动力学观点流行。这种观点和方法,结合对气体的物理实验和化学实验的多个经验规律,产生并逐渐澄清原子和分子的概念,阐明了热的分子运动本质,又结合电磁现象的观察和大量实验所总结的一系列经验规律,特别是法拉第的有关磁力线和电力线的形象思维,帮助麦克斯韦形成电磁场的概念和其动力学理论。不仅利用运动把电现象与磁现象联结起来,并且从理论上预见到电磁波动现象,光的现象即归结为电磁波动的现象。这预见为而后的实验证实,并为无线电通讯奠定基础。法拉第电解定律表明分子原子内部有带有一定的基本电荷的电子。有鉴于此,洛伦兹对物质中的电磁现象,提出电子论,引入带有电子运动的分子和微观电

磁场的概念,后者的局部的多分子的统计平均即是麦克斯韦的宏观电磁场,这样解释了物质对光的折射率随光波长的变化的色散现象。但对电子和其运动规律的较清楚的认识,则尚待从更多的近代物理实验和其伴随的 20 世纪才发现的相对论和量子论。在这两个理论中,对时间和空间,粒子和波,概念上比以前有所深入,有些人称之为革命,实际上不过是,随着认识到更深一层次,原来认为割裂的或对立的却是统一的或同一的,而回过头来看,原来的认识,在一定范围内仍是对的或可靠的到一定的近似程度而已。

理论物理是有用的。作为工程设计原理的早已成熟的那部分理论物理更不必谈。在开展理论、实验与工程技术相结合的工作时,理论工作先行一步常可以减少实验和工程的工作量。

为了促进我国的理论物理研究,国家自然科学基金委员会“理论物理专款”学术领导小组决定资助出版这套《北京大学物理学丛书·理论物理专辑》。希望从事理论物理研究的科学工作者介绍国际理论物理前沿和自己的研究工作,吸引更多的年轻人投入并献身于理论物理学的研究,为营造重视基础研究、安心基础研究的大环境,为发展我国理论物理学的研究及其在国际上占有一席之地做出贡献。有关申请出版资助的情况,请参阅国家自然科学基金委员会网站中有关“理论物理专款”的通告。本专辑的出版得到了北京大学出版社的大力支持,特此感谢。

国家自然科学基金委员会
“理论物理专款”学术领导小组

2005 年 10 月 20 日

自序

2002年年底,同我在北京大学物理系一起度过十载寒窗的老同学夏建白君为《现代物理前沿丛书》向我约稿,指定要我负担现代物理学史方面的一项选题。起初,我想到那年春天刚刚在武汉出版社印行了一本当代量子力学史的专著《一代神话——哥本哈根学派》,觉得一时未必能够找得到合适的题材,没有作出十分积极的响应。但是,后来编委会进一步盛情相邀,那就只得从命了。

恰好那一阵有机会同我的两位朋友董光壁君和金吾伦君对后者提出的“生成论”学说展开了广泛的讨论,并且读到了金吾伦的著作《生成哲学》和董光壁为这本书作的序言。在他们的启发下,我亦把一些初步观点写成了一篇论文《从现代物理学看构成论到生成论的转变》发表(载《自然辩证法研究》,18卷11期,2002年)。于是,我就决定将从这一角度谈论20世纪里原子论观念的演变,作为本书的话题。大家知道,在19世纪末20世纪初,原子论被物理学界普遍接受之时,原子的概念就已经不是自古以来那种“不可分,不可变”的组成物质的单元了。

本书的副标题“对物质微观构造认识的发展”,标明了我们集中讨论的是现代物理学里对于物质世界如何“构成”或者“造成”的观念上的演进。这里的“构成”,指的是物质是由各种现成的组分聚合构建而成的观念;而“造成”实际上也就是“生成”,指的是物质的各种组分都是在有关过程中产生而不是事先就存在着了的观念。书中在前面三章给出原子论前期历史的铺垫之后,后面的六章叙述的是在20世纪里微观物理学,包括从原子物理到原子核物

理再到基本粒子物理的实验和理论从创始到新近的发展,并且引申出对于其中所蕴含的深层道理的议论。结果,就写成了这本《原子论的历史和现状》。在本书最后一章和附录里,还对有关论题作了一些发挥,就现代物理学以及构成论和生成论的问题在科学、历史、哲学这几个层面展开进一步的讨论。

可能会有些读者觉得,书中的议论是否多了一点。但我以为,讲历史的著作除了“史料”的陈述之外,还应当包括作者的“史论”,即对历史人物和历史事件的评论,甚至对整个历史时期和整部历史的看法。科学史著作亦不例外。脱离史实的空头议论固然是无源之水和无本之木,简单地扣上几个什么“主义”的帽子、或者凡事都要说出“甲乙丙丁”的“开中药铺”的写法亦令人生厌,但单纯的史料辑录也只能算作资料的整理和汇编。我很欣赏英国哲学家罗素的《西方哲学史》。这部著作没有追求史料的详尽和完整,而是对各个哲学家和各种学说展开了许多精彩的议论,使我受益良多。在本书里面,亦引述了罗素关于古代原子论和其他问题的一些见解。当然,我并不奢望所有读者都会同意和支持本书中的观点,但那至少提供了思考现代物理学基本问题的一个不同的视角,为“百家争鸣,百花齐放”的园地增添一点色彩。何况,书中有多处的引证,这些观点亦是以不少国际理论物理学大师的意见为依据的。

由于篇幅的限制,也由于丛书主要面向的是修习物理科学的大学生、研究生和青年教师,书中没有细致地描述一些关键性实验,也没有详细地介绍各种新的理论方法。要了解这些方面的知识,可以参看有关的教科书和专著。由于同样的原因,也为了节省篇幅和考虑到查阅的困难,本书里很少列出有关的原始文献,所引述的多是与本书相适应的、读者比较容易找到的中等层次的科学读物。

因为出版计划的调整,《现代物理前沿丛书》后来并入了《北京大学物理学丛书》,成为其中的《理论物理专辑》。我很高兴能够有

这个机会为母校的出版事业尽一点绵薄的力量,并且感谢在物理学和哲学上都赋有高度修养的、北京大学出版社的顾卫宇小姐的真诚合作。

最后,作者对董光壁教授和金吾伦教授多次有益的讨论,以及夏建白教授和王正行教授对书稿提出的宝贵意见表示衷心的感谢。我还感谢方在庆教授和邵昕小姐在借阅资料上的帮助。

关 洪

2006年2月于广州

目 录

第一章 古代原子论思想	(1)
1.1 什么是物质的本原?	(1)
1.2 从种子论到原子论	(8)
1.3 “物质可分论”未必是原子论.....	(16)
1.4 “物质无限可分论”符合辩证法吗?	(22)
第二章 近代原子论的复兴	(29)
2.1 伽森狄和原子论的复兴.....	(29)
2.2 玻意耳和牛顿的气体静态模型.....	(35)
2.3 伯努利的气体动态模型.....	(44)
2.4 道尔顿和化学原子论的确立.....	(51)
第三章 从气体动态理论到统计物理学	(62)
3.1 两位先行者赫拉帕斯和瓦特斯顿.....	(62)
3.2 气体动态理论的发展.....	(69)
3.3 玻尔兹曼和统计物理学的建立.....	(77)
3.4 分子大小和布朗运动.....	(85)
第四章 微观物理学的诞生	(96)
4.1 电子发现的前后.....	(96)
4.2 放射性的发现和决定性的危机	(107)
4.3 量子概念的提出和连续性的突破	(117)
4.4 从卢瑟福的原子模型到玻尔的量子论	(128)

第五章 微观粒子的量子力学描述	(140)
5.1 德布罗意波及其反响	(140)
5.2 海森伯的矩阵力学和薛定谔的波动力学	(148)
5.3 从爱因斯坦论光的二象性到玻恩对波函数的 概率诠释	(158)
5.4 第一种非经典的内禀变量——自旋	(166)
第六章 从中子的发现到同位旋的建立	(179)
6.1 核物理学的发展和中子的发现	(179)
6.2 狄拉克方程和正电子的发现 ——1932 奇迹年	(185)
6.3 泡利提出中微子假说和费米建立 β 衰变的 量子场论	(191)
6.4 核力,介子和第一种内禀空间——同位旋.....	(202)
第七章 量子场论的发展和新粒子的发现	(212)
7.1 量子场论的发展	(212)
7.2 粒子“动物园”的建立和管理	(220)
7.3 中性 K 介子问题	(230)
7.4 电磁场的各种量子状态	(237)
第八章 在追求统一的道路上	(247)
8.1 从规范理论到电弱混合模型	(247)
8.2 标准模型前后	(256)
8.3 从超对称、超弦到 M 理论	(267)
8.4 量子物理学和经典物理学的统一	(274)
第九章 从物质构成论到物质生成论的演变	(287)
9.1 物质粒子是生成的而不是构成的	(287)
9.2 关于生成论和辩证法的讨论	(293)

9.3 没有任何物理学规律支持“物质无限可分”	(297)
9.4 20 世纪的微观物理学已经从构成论 演变到生成论	(302)
附录 现代物理学中的因果性和决定性	(310)
A1 经典物理学中的因果性和关联	(310)
A2 量子物理学中的因果性和关联	(317)
A3 三种类型的统计决定性	(324)
A4 规律性、决定性和因果性辨析	(332)
基本参考文献	(341)
人名索引	(342)

第一章 古代原子论思想

1.1 什么是物质的本原？

五光十色、品种繁多的物质世界摆在我们祖先的面前，自然会使得古人思考，这些不可胜数的物质形式，是否由少数的基本元素或者原料所组成。这就是物质本原的问题，即把物质的基本要素约简为少数的和(或)微小的组成成分的问题。

开始的时候，人们设想的物质本原，采取了凭视觉能直接看见，或者至少像风和气那样凭触觉能感受得到的少数物质形式。例如，我国古代最早在《周易》、即据信其主要内容成书于殷周之际的《易经》里，选取了天、地、雷、风、水、火、山、泽这八样自然物，对

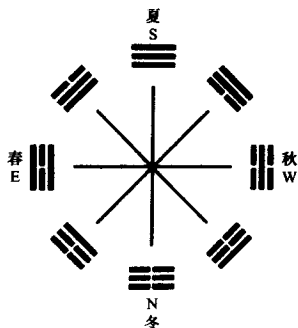


图 1.1 《易经》里所描述的一种“八卦”的图像。上方是乾，下方是坤，左下方是震，右上方是巽，右方是坎，左方是离，右下方是艮，左上方是兑。这八个卦象依次对应着天、地、雷、风、水、火、山、泽这八种自然物

应着八个基本的卦象，试图用它们作为世界万物的本原。^[1]

与《易经》时代相近的《尚书》里的《洪范》篇，据信是周武王和箕子对话的记录。《洪范》“九畴”里的第一项是“五行”，其解说是：“一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穡。润下作咸，炎上作苦，曲直作酸，从革作辛，稼穡作甘。”这种说法明显地反映着当时农业社会的特征，并且用人的几种味觉来形容它们。而在较晚些时的史伯在《国语》里就更加明确地写道：“故先王以土与金木水火杂，以成百物”，认为这五样东西是世界上各种物质的本原。

与此差不多同时，《管子》的《水地》篇里则说：“水者何也？万物之本原也，诸生之宗室也”，认为水才是组成物质的单一本原。这种观念也是同农业生产分不开的。

不过，对于物质的本原也有别样的主张。例如，稍晚些时的老子在《道德经》四十二章里说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴而抱阳，冲气以为和。”按照老子，世上万物是由“道”产生出来的。那么道又是什么呢？《道德经》二十五章里又说：“有物混成，先天地生。寂兮寥兮，独立而不改，周行而不殆，可以为天下母。吾不知其名，字之曰道。”从这段话看，道比天地还要早，似乎是一种原初状态的物质。但从《道德经》里第一章“道可道，非常道。名可名，非常名”等其他文字看，道又更像是一种非物质的东西。因此，老子的“道”被认为是一种类似于“绝对精神”的东西，而他则被戴上了“客观唯心主义”的帽子。

由于古代汉语的意义富于弹性，很难说只能有唯一的一种解释，况且一部古代文献里互相矛盾的语句亦不少见，我们在这里就不予深究了。然而，注意到上述引文的第二句话里“阴”、“阳”、“冲气”的说法，这可能是我国古人著作里第一次谈到阴阳二气的相互冲突在物质生成中的作用。

从老子开始，历代陆续有不少学者发挥“气”或者“元气”是物

质本原的思想。我们在这里不能够一一罗列,只举出两三位哲学家为代表。例如,汉代的王充(27—约100)在他的著作《论衡》里说:“天地合气,万物自生。犹夫妇合气,子自生矣。”主张万物“因气而生,种类相产”。宋代的张载(1020—1077)在《正蒙》一书中说:“太虚即气”,“太虚无形,气之本体;其聚其散,变化之客形尔。”“太虚不能无气,气不能不聚而为万物,万物不能不散而为太虚。”“气聚,则离明得施而有形;不聚,则离明不得施而无形。”明确提出了虚空中充满了无形的“气”,并且无形而不可见的气和有形而可见的物互相转化的思想。明末清初的王夫之(1619—1692)继承了张载的思想,他在《张子正蒙注》里也有类似的论述:“阴阳二气充满太虚,此外更无他物,亦无间隙。”“凡虚空皆气也,聚则显,显则人谓之有,散则隐,隐则人谓之无。”

他们说的“气”,不是我们能够在呼吸中感觉到其存在的空气,也不是可以凭触觉感受到的风。这是一种人们头脑里设想出来的抽象东西,并非像前面所讲的“五行”等几样东西那样,凭人类的感官可以感触得到的。因此,如果没有说明作为万物本原的“气”同经验怎么样联系的话,你可以把它当做是一种物质的东西,也不能够禁止别人把它当做是像老子的“道”那样的一种非物质的东西。

总之,我国古代关于物质本原的种种说法,诸如“五行说”、“元气说”等等,都只是一些处在文明初级阶段的很不具体的想法,同后来化学里的“元素”和物理学里的“场”等有确切规定的科学概念相距甚远。我们既要充分评价古人合理的思想萌芽,亦不宜过分拔高,牵强附会地说它们等同于近代科学里的基本概念。

虽然如此,当清朝末年西方的科学理论介绍到了中国之后,谭嗣同(1865—1898),孙中山(1866—1925),梁启超(1873—1929)等仁人志士纷纷从经典文献里找出一些论说,同近代科学的概念挂上钩,试图为他们改革社会的主张提供依据。例如,谭嗣同把“元气”同物理学里的“以太”联系起来,孙中山亦大谈从以太到电子到