

原子论与近现代科学

Atomic Theory and Modern Science

阎康年 著



高等教育出版社

原子论与近现代科学

阎康年 著

高等教育出版社

(京) 112号

内 容 提 要

本书比较全面而系统地阐述了古代和近现代原子论的发展史及其对各相应历史时期的自然科学的重要影响。它是作者在国内外多年深入研究后精心写成的一本学术专著，填补了这方面的空白。书中搜集和整理了极为丰富的第一手资料，史料翔实，论据严谨，旁征博引，内容精彩。书中凝聚了作者研究古希腊原子论与近代科学的起源、牛顿原子论、波斯考维奇原子论、道尔顿原子论和开尔文-泰特旋涡原子论、法拉第场论起源、经典原子论框架的突破，以及现代原子物理的发展等方面的多项成果。书中对原子论在非物质组成领域的广泛影响和关于原子论的种种争论做了介绍，提出一些创见。它对于学习和研究物理、化学、生物学及其历史、科学思想史和科学哲学等方面的大学生、研究生、教师和研究人員，是一本难得的内容广泛的案头必备读物。

原子论与近现代科学

阎康年 著

高等教育出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
河北省香河县印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 20.125 字数 520000

1993 年12月第1版 1993 年12月第1次印刷

印数 0001—690

ISBN 7-04-004302-5/O·1229

定价 16.05 元

作者简介

阎康年，1933年生于山东蓬莱，1956年毕业于北京航空学院，并留校任助教至1963年，1963~1979年任北京工程机械研究所工程师。1979~1993任中国科学院自然科学史研究所助理研究员、副研究员和研究员。

著有《卢瑟福与现代科学发展》、《热力学史》、《牛顿的科学发现与科学思想》，合著有《二十世纪科学技术发展简史》和《科学技术发展史》等。此外，还发表过《牛顿的引力思想和上帝观》、《牛顿质量定义和马赫批判之再考察》、《卡文迪什实验室今昔》、《热力学第二定律和热寂说的起源》、《法拉第的原子论思想转变和场概念的起源》、《二次技术革命和两次产业革命的历史经验》和《科学、技术与世界产业革命》等近百篇论文。目前，他正从事卡文迪什实验室、贝尔实验室和通用电气公司研究实验室的历史和经验研究，将不断有新著问世。

阎康年研究员为英国 British Academy K C Wong Fellow 和美国科学史学会国外会员，被国际传记中心和美国传记研究所收入多项世界名人录，并于1992年被国际传记中心授予“二十世纪成就奖”和1992年与1993年“国际知识分子”，并被美国传记研究所收入“世界5000人”和20世纪后25年世界“500个有影响的带头人”。他被提出为世界500个国际功勋勋章获得者之一。

前 言

多年的科学史学习和研究，愈来愈使笔者感到原子论作为一种唯物主义的学说，对近现代科学发展所产生的重大影响。这种印象由于对牛顿的物质组成思想、法拉第场概念的起源和J. J. 汤姆逊与卢瑟福突破经典原子论框架的研究，而大大加深了。随着资料的积累和去剑桥访问研究的收获，萌发了写一本关于原子论与近现代科学发展关系的著作的想法，经过近5年的努力，算是初步实现了。

这本著作不但要详细介绍和阐述原子论本身的发展史，而且要说明原子论的几个发展阶段是怎样引起自然科学家们的重视和应用、怎样推动了各有关学科的发生和发展等等，还要如实地论述各个学派之间关于原子学说论战的论点和始末及其对学术界产生的影响。将原子论与近现代科学有机地联系起来进行全面而系统阐述的书，除去偏重于化学原子论的之外，迄今在国内外极少见到。本书试图有理有据地阐明原子论唯物史观怎样一步步地把自然科学推向前进，阐明哲学上的原子论怎样逐步地科学化而形成原子理论，以填补这一重要空白。如果它们能够对广大读者确有裨益，对于笔者近20年的辛劳就是莫大的安慰了。

历来的原子理论不仅要说明万物的本原和物质组成，而且要说明原子的运动规律和相互作用，但是就其本质而言，主要是一种本体论，因而在人类的自然观和科学观中，占有十分重要的地位。古希腊的自然哲学家们最早提出了思辨性的和系统的原子论，并形成重要的自然哲学学派，从古希腊中期至古罗马时期世代相传。但是，将古希腊原子论应用到自然科学之中，并形成自然科学上唯物的原子论学派的，却是从牛顿开始。这个过程是与自然科学从自然哲学分化出来几乎同步发生，不是偶然的。

因此，本书着重论证了“牛顿原子论”及牛顿的后继者们的原子论观点对科学发展所产生的深刻影响和作用。

原子论也蕴含着重要的方法论，它随古希腊原子论同时产生。例如，事物究竟是连续的还是分立的？一直是自然哲学界和自然科学界极其关注的中心议题，原子论学派的回答是：时间和空间是连续的而物质却是分立的，以太说学派则回答说它们都是连续的。在因果链条问题上，两个学派都认为它是连续的。但是，科学研究的对象总是具体的，如数学上的点、线段和几何图形，力学上取物体做受力分析，物理学上研究物质各组成层次的模型，如质点、刚体、微粒及其运动和相互作用，天文学上的天体和星系，化学上的原子与分子，生物学上的细胞和基因，经济学中的商品，等等。具体的东西通常总是从事物的相互联系中分离出来，从因果链条中截取链环，才能形成特定的研究对象，着手具体的研究。古代的思维模式从总体上说来往往限于思辩性的探讨，属于前科学阶段。科学研究方法后来在西方由于原子论等的影响，逐步形成了先分析后综合为主导的趋势，与数学上的点与数、物理学上的质点与粒子、天文学上的天体和生物学上的细胞等基元相对应，至于科学实验也一般是以单体为起点的。这样的研究方法有人称之为原子主义，这也许是近代各学科的产生和发展都与原子论有关并与数学结合的重要原因。反之，在我国古代，形成了以整体观察为主导的研究方法，并持续地延续着，如中医学说和元气说等，它们的独特性和优缺点正在成为国内外的研究课题。

从原子论的本体论和方法论出发，可以将本书的主要内容和特点概括地说明如下：

与神创论和宗教迷信相反，自然哲学中的唯物主义以追求物为本原作宗旨。阿纳克萨哥拉(Anaxagoras, 约公元前500—428)作为米利都学派的传人，既提出了以太，又主张种子为本原，前者在后来演化出以太说，后者诱发出原子论。在突破了中世纪的

禁锢之后，这两个学派得到恢复，并且在科学从神学的奴婢和神创论中解放出来的过程中，起了很重要的作用。1674—1680年，牛顿试图将二者结合起来，以说明科学问题的终极原因，但是不久后，他放弃了以太观点而皈依原子论，使粒子说或原子论统治科学百余年。19世纪早期的光干涉和衍射实验，使光以太说从过去的哲学思辨进入科学，在短期内一度处于主导地位。

原子论并没有因为光以太说复活而黯然失色，它实际上与以太说并行却结局相反。原子论除在中世纪时的遭遇之外，发展是持续的，并且步步提高和系统化了，对于近代科学的产生和发展，对于物理学、化学、生物学历史上做出重要贡献的很多著名科学家的思想和研究，产生了十分明显的有时甚至是决定性的影响。本书强调牛顿在原子论发展上的突出作用，原因就在于他将原子论作为自然哲学上思辨的唯物的本体论，转变成科学上的光微粒说和物质组成的粒子说，并用以论证了力学定律和提出进程力思想等，也就是说所谓的牛顿粒子说不过是原子论在科学上的具体体现，因而将原子论由哲学思辨转变成科学假说，使原子论进入科学化 and 正统化的发展时期。

牛顿之后，正统化了的原子论由于科学理论和科学实验的发展，沿两条路线分化，一条路线是抽象的和数学与力学上的，出现了波斯考维奇原子论，其标志是质点原子模型。另一条路线是具体的和化学上的，出现了道尔顿原子论，这是从气象观测和物理实验出发产生的化学原子论，其标志是将德谟克利特的原子和牛顿的终极粒子确定为化学原子，从而使原子概念局限化。前者对19世纪的力学和理论物理发展产生了重要的影响，后者大大推动了化学的发展，却在某种意义上又束缚了原子论的发展。本书各辟一章，对它们的产生、形成和影响做了介绍。

在原子论史和物质嬗变思想史上，法拉第的作用不能忽视，特别对于他从原子论学派转变为场概念的提出者，必须给予特殊的对待，为此本书专辟《法拉第的原子论思想转变与场概念的起

源》一章，详细地予以论证。法拉第在1832年前本来相信传统的原子论，但是他通过对电磁感应、电化实验和离子概念的进一步研究，使他对传统的原子论的信仰发生动摇。后来，为了说明材料的导电性和绝缘性，他终于放弃了牛顿原子论和道尔顿原子论，转而相信波斯考维奇原子论，并且进而提出力心和力线构成原子的模型。他认为力是物质，力线作为物质的一种形式可以在空间中存在和分布，从而导致场概念的出现。在将力线或场与以太的性质及作用进行仔细的比较和分析之后，法拉第放弃了以太存在的想法，而崇尚场的存在，因而实质上成为爱因斯坦后来主张这种观点的先导。为此，笔者在第七章中提出这样的看法：对于一个主张原子论的物理学家而言，不改变或变革传统的原子观念，不可能提出场的概念。

麦克斯韦在建立他的电磁场方程组时，实际上已经感到他在不久前主张光由以太传播的观点，在运用到电磁波的传播时不是必需的，而用电磁场取代以太作为电磁波的载体。就在这一年，他对光由以太传播的观点产生怀疑，例如他在《论确定地球运动是否影响光折射的一个实验》的信中说，实验结果肯定得出地球运动不会影响光的折射，这说明他认为以太不随地球运动而漂移。1879年，他一方面在为大英百科全书写的《以太》条目中说，除去行星的卫食之外观测不到以太漂移现象，另一方面他又在给天文学家托德（D. P. Todd）的信中，问托德是否做过木卫食受木星中心位置的影响的观测，正是这封信的影响，终于导致迈克耳孙——莫雷实验及其对以太漂移观测的负结果，有资料表明它实际上促进了爱因斯坦在1905年否定以太的存在。

法拉第、麦克斯韦和爱因斯坦相继否定以太的存在，给予以太说以致命的打击。于是，原子论取得了更广泛的信任，量子论和场的量子化相继出现，电子、原子和分子的存在得到实验的确认，原子物理和核物理出现，原子论与场论的含义更加广义化和深刻化。这一切很自然地引起科学界的极大兴趣和重视。

一般说来，人们常常将波动说和以太说联系在一起，有的甚至将二者混为一谈，其实这是误解。法拉第研究磁力线的一个重要推论是他否定了以太，并且把辐射和光看作由两个力心外周力线相互干扰引起的振动传播（实际上是场的波动）。这是一个极其重要而大胆的科学设想，却往往被忽视了。爱因斯坦在否定以太之后，也主张光和辐射不过是由场波动传递的，与法拉第的上述看法不谋而合，而玻恩提出的几率波概念更与以太无关。所以，波动说和以太说在某些情况下彼此相依，而在另外的一些情况下则是两回事。以太说必需波动说辅助，而对于波动说来说以太并非其必要的条件，这种看法在波粒二象性问题上尤为明显。

本书将古希腊原子论与近代的几种原子论统称为古典原子论或经典原子论，其原因在于它们都是以原子和虚空为万物本原，并以原子不可分和不可变作为原子的特征或基本假设。基于这样的理解，我们可以将发现原子有内部组成并可分和可变看作对经典原子论框架的突破和变革，有些物理学家则称之为新原子论或现代原子论。

在第一章中，笔者提出伊壁鸠鲁用自发的辩证法发展了德谟克利特的朴素原子论的看法，并且从几个方面予以论证，特别阐述了伊壁鸠鲁提出原子有内部组成却不可分，原子偏斜运动和惯性运动，以及原子为质量的度量单位思想。本书在介绍了伽桑狄恢复伊壁鸠鲁原子论和F·培根试图恢复德谟克利特原子论之后，就古希腊罗马原子论对近代自然科学中几个主要学科的产生起的启迪和作用，做了重点探讨。根据笔者在《牛顿的科学发现和科学思想》一书中提出的牛顿科学思想核心是他的物质观和物质组成思想，在第二章中笔者不但分析了牛顿的原子论思想的来源、发展和对后来产生的深刻影响，而且就所提出的一种原子论得以成立的9个判据，逐个地将历史上出现的各种原子论加以比较，并汇集成表，从中可以看出牛顿原子论不但全部满足这些判据并独具某些特点，而且对后来的几种原子论和粒子说产生了十分

重要的影响，从而把牛顿的原子论思想或粒子说作为“牛顿原子论”提出来，赋予它与德谟克利特原子论、伊壁鸠鲁原子论、波斯考维奇原子论和道尔顿原子论平权的地位。从这种观点出发，在以后几章中展开它对后来的物质观、物质组成思想、粒子间的近程力和原子运动，以及它对后来科学发展所起的重要作用的系统考察。

关于近代原子论学派与以太说学派、现象论、实证论学派和唯能论学派之间几度论战这些普遍关心的问题，本书做了比较系统的介绍和阐述，从中可以看出原子论在近代是经过一次次争论才发展、充实和茁壮成长起来的。本书专辟《原子和分子存在的证实》一章，详细阐述了原子和分子的存在是怎样经过漫长的设想、假设、间接论证和推论，才终于通过实验得到证实的，借以表明在以太遭到否定时，原子论作为人类智慧的伟大结晶经过近2400年的信仰、应用和发展，终于以化学原子的确实存在而得到确认的，它雄辩地证明人类的智慧、假说和预言在神秘的自然万象面前决不是无能为力的，而是发挥了重要的积极作用。

原子论作为一种物质观，不但在哲学史上影响深远，而且对于科学唯物主义的正确性和近现代科学的蓬勃发展产生过其他学说难以比拟的作用。它不但在物质组成理论上被证明是一种主导性的学说，而且在各个领域即使作为一种认识论和方法论，影响也是很大的。在《原子论在其他领域中的扩展和影响》一章中，本书探讨了它对能的量子化、光量子说、场的量子化、波粒二象性和几率波理论等方面的概念和理论的产生与发展所产生的重要影响，并进而对卢瑟福、普朗克、爱因斯坦和玻尔等的原子论观点的形成过程与运用原子论取得的成就，做了一定的探讨。此外，笔者还探讨了生物学中的细胞和基因等的发现和形成理论的过程中，原子论观点所产生的具体启示和方法论上的作用，介绍了国外有些物理学家对于马克思怎样把商品看作社会经济中的原子，以及马克思怎样剖析这种“原子”概念中的矛盾而建立他的经

济理论的看法。

本书设有《原子论对物质嬗变和元素演化思想的影响》一章，试图从炼金术士的物质嬗变臆想开始，比较系统地阐述牛顿、法拉第、克鲁克斯、洛奇耶、J. J. 汤姆逊和卢瑟福等是怎样从原子论出发，逐步展开他们对原子和元素嬗变的研究，从而导致放射性原子衰变的发现和人工使元素嬗变的实现，从而彻底变革了传统的原子论框架和实现物质观的革命。电子的发现和原子模型的栉比出现对于原子物理学的产生与发展起过周知的重要作用，它们在经典原子论向现代原子论转变过程中产生过关键的作用，为此各有一章详细说明它们被发现或提出的过程，以及它们怎样导致原子核的发现和核物理的出现。此外，在第十四章中，对现代原子论和基本粒子理论做了简短的说明，在这些领域中如何理解原子论的影响，情况比较复杂，有待进一步研究。

本书后面设有《原子论与机械论和决定论》一章，这是针对现代科学史和哲学史上出现过将因果论、机械论和决定论的出现归之于原子论的看法而写的。该章从历史上原子论系独立产生并与后三种理论基本上无关的事实出发，具体地说明它们本来是各自独立产生的，只是在某些情况下才结合起来。经典原子论在近代史上确实在某些时候分别与这三种理论结合过，甚至有时成为它们立论的工具，但是我们应该将它们在现代微观领域中的失效完全归咎于原子论。经典原子论具有众所周知的机械唯物论性质，但是原子论本身的内涵是发展的，现代的新原子论就是摆脱这种机械性质的产物，而粒子物理学的发展则展示出很多新的粒子是有生灭和转变的性质，质子是否有内部组成并可分，至今仍然是科学前缘研究的重大课题，很多物理学家还在探讨“夸克禁闭”问题。在这些方面，哲学家和科学家有很多说法，看来关键在于实验。

原子论思想很可能是人类思维发展的必然产物，它不仅出现于古希腊和腓尼基，而且在古代中国也出现过类似的思想。为此，本书专辟一章特别阐述我国《墨经》中的“端说”的原子论性

质，以及它对我国后来的影响。笔者认为要确切了解这些问题应该将“端说”和“端”分别与西方的原子论和原子相对比，这就必须首先确切理解西方原子论和原子概念得以确立的根据。为此，笔者先从对西方各种原子论和原子概念研究中分别提炼出几个有关的判据，然后探讨《墨经》中的“端”和“端说”是否符合这些判据，从而得出相应的结论。笔者经过这样的提炼和比较后，初步得出中国古代产生过初步的原子观念，但是却没有形成原子论，而且它们在后来基本上未得到继承和发展，实际上被元气说取代了。如果把这个初步结论与近代科学产生的三个科学内在条件（古代科学思想的启迪、系统的科学实验和严密的数学分析）联系起来，对普遍关心的“为什么近代科学未在中国发端？”进行探讨，可以看出古代科学思想中具有重要地位的原子论未在我国形成和发展，很可能是症结所在的因素之一。

不论原子论的产生和发展及其对近现代科学产生的深远影响问题，还是近代科学的产生与发展问题，都是涉及面广和难度很大的课题，本书只能就笔者学习的心得做些抛砖引玉的工作，还望新的看法和著作不尽长江滚滚来。

总之，原子论发展史是一部不断修改和完善原子观念、粒子的相互作用和运动规律及物质组成观点的历史，物质组成的每一个层次的新发现，往往牵动或推动各门学科出现新的局面，这种发展又经常具有开创性和革命性，体现了本体论研究的核心作用。它们对人类的自然观和科学观，对于科学思想和科学方法的变革，已经并将继续产生极其深远的重大影响。

这本书是一本综合性的学术著作，在内容上力求系统化、自成体系，在选取史料上尽可能使用第一手资料，论证问题时力求依靠实据和推理得当，资料到哪里，看法也就到哪里，不做妄断和空论。凡是涉及重要的论点和关键性的依据之处，基本上都是与国内外的有关专家学者讨论后才定下来的。有些看不准而一时又难以解决的问题，笔者往往直接了当地将它们摆出来，将史料

摊开，供有志趣的读者进一步探讨或研究。对于不少看法上的问题，尽可能引证原提出者的说法，以便使读者了解其原貌和本意，如实地予以考察。由于笔者的水平和知识领域方面的局限性，只是在重点问题上较多地进行论述，而在自认为偏离主线的问题上，篇幅相对地减缩，因而可能存在章节安排不平衡和厚此薄彼的现象，甚至挂一漏万和出现不当之弊可能在所难免。但是，凡耐心读下去的读者，定会体谅笔者用心之良苦和近20年准备工作之艰辛，望广大读者诚恳地指正和提出改进意见，相互切磋，以提高学术水平和增进知识为宗旨。

在这里，谨向英国科学院和英国王宽诚基金会提供基金使笔者能够赴剑桥大学访问研究，为本书搜集了大量珍贵的史料并授与笔者以“British Academy K. C. Wong Fellow”表示深切的谢意。剑桥大学科学史和科学哲学系主任莱德亥德(M. L. G. Redhead)教授在笔者访问研究期间提供了各种帮助和条件；前卡文迪什实验室主任和卡文迪什教授皮帕德(A. B. Pippard)爵士、教授给予笔者以难得的鼓励，并为笔者能够在该大学图书馆查阅各种手稿和档案特地给予关照；该大学国王学院前研究中心主任和现任达尔文学院院长劳埃德(G. E. G. Lloyd)教授对笔者的的工作极其关怀并多次阐释疑难问题，热情相助；前美国科学史学会主席、马里兰大学科学与技术研究所所长布拉什(S. G. Brush)教授通过他的一系列著作和提供了很多论文与书籍片断的复印件，给笔者以帮助。这些友人的帮助，为本书的完成起了重要作用，特此一并致以谢意。

笔者还要向高教出版社及其编审邹延肃同志、编辑张立同志在编辑过程中付出的辛勤劳动，向本书审稿人柳树兹和赵匡华两位先生给予的充分支持、提供的宝贵意见和书籍资料，表示真挚的谢意。

阎康年

1992年9月

VIV

目 录

前言	XVII—XXV
第一章 古希腊、罗马时期的原子论与近代科学的起源	1
一、德谟克利特原子论	2
二、伊壁鸠鲁原子论	6
三、伊壁鸠鲁原子论与德谟克利特原子论的差异	14
四、古罗马时期的原子论	15
五、古希腊原子论在近代的恢复	25
六、近代科学的起源	31
(一) 物理学	32
(二) 化学	38
(三) 宇宙论和天文学	48
(四) 其他学科	53
第二章 以太说的复活和牛顿原子论的崛起	56
一、古希腊的以太说及其在近代的复活	56
1. 古希腊的以太说	56
2. 以太说在近代的复活和发展	58
二、牛顿原子论的来源和牛顿的原子观念	64
1. 牛顿原子论的来源	64
2. 牛顿的原子观念	68
三、牛顿对原子论做出的重要发展	77
1. 在原子的特质和属性方面	77
2. 在粒子之间的相互作用方面	77
3. 在物质组成的多层次粒子结构方面	79
4. 将原子论系统地应用于自然科学之中	81
四、将原子论看作全部自然哲学的基础	89
五、“牛顿原子论”提法的根据	91
1. 牛顿的粒子说是原子论在科学上的一种表现形式	91
2. 牛顿原子论满足了原子论应具备的所有判据	95

六、牛顿在原子论的科学化和正统化中的重要作用	102
七、牛顿在原子论与以太说争论中的作用	103
第三章 波斯考维奇原子论及其在科学上的影响	106
一、来源和原子观念	108
1. 对万物本原的看法	110
2. 原子的特征	111
3. 原子的特质	112
4. 原子的属性	113
二、关于相互作用的看法	115
三、关于物质组成的看法	119
四、关于各种自然现象的说明	121
五、关于时间、空间和运动的看法	123
六、在科学上的应用和评价	124
第四章 道尔顿原子论与近代化学的发展	129
一、道尔顿原子论的起源	129
1. 道尔顿原子论产生于对气象的物理研究	130
2. 化学原子论的产生	134
3. 修订和发表过程	140
4. 关于道尔顿原子论来源和形成的看法	142
二、道尔顿原子论与牛顿原子论的关系	145
三、先有道尔顿原子论还是先有倍比定律?	151
四、道尔顿原子论的原子观念和原子属性	155
1. 关于万物本原的看法	155
2. 关于原子特征的看法	155
3. 关于原子特质的看法	155
4. 关于原子属性的看法	157
5. 关于物质组成的看法	157
五、道尔顿对原子论做出的重要发展	158
六、关于道尔顿原子论的争论问题	158
1. 关于化学原子论发明权的争论问题	160
2. 道尔顿与盖一吕萨克在说明气体化合比例上的分歧	144
3. 阿佛加德罗的原子-分子假说和原子量测定中的困惑	166

4. 康尼乍罗论证原子—分子说和道尔顿原子论取得确认	169
七、为什么说道尔顿原子论是科学的原子论?	172
1. 将原子论从哲学上的思辨彻底转变成科学的理论	172
2. 产生和形成于科学观测、实验和科学论证之中	172
3. 简便的元素符号和形象化的化合物表示法	173
4. 道尔顿原子论是化学的基础理论	173
5. 为后来的化学发展所基本确认	173
第五章 亲和力和价键理论的发展	176
一、牛顿的亲和力思想	176
1. 牛顿的亲和力思想	177
2. 牛顿的金属置换次序	178
二、亲和力表的出现	180
三、亲和力理论的发展	183
1. 英国的亲和力理论	183
2. 法国的亲和力理论	185
3. 瑞典等国的亲和力理论	192
4. 贝采里乌斯的电化二元论和法拉第与麦克斯韦对亲和力的理解	195
四、价键理论的形成	197
1. 弗朗克兰的原子价理论	198
2. 凯库勒的碳链和价键理论	200
3. 库珀的价键理论	203
4. 现代价键理论发展概况	204
第六章 19世纪波、粒说争论和原子论在物理学上 的发展	208
一、波动说的复兴与发展和波、粒说的新争论	208
二、拉普拉斯和麦克斯韦的原子论观点及其差异	218
1. 拉普拉斯的原子论观点	218
2. 麦克斯韦的原子论观点	220
三、旋涡原子理论及其历史意义	225
1. 旋涡原子理论是怎样提出来的?	225
2. 旋涡原子的性质和旋涡原子理论的基础	228
3. 旋涡原子理论的作用问题	229
四、以原子论为基础的气体分子运动理论	131

1. 克劳修斯的平均自由程理论	232
2. 麦克斯韦在分子运动理论和统计物理上的重要贡献	234
3. 玻耳兹曼在熵的几率诠释和统计物理上的重要贡献	240
第七章 法拉第的原子论思想的转变和场概念的起源	247
一、势概念与场概念起源的关系	247
二、关于法拉第的场概念起源的几种看法和争论的实质	250
1. 场概念起源于电磁感应的发现	250
2. 场概念起源于对磁力线在空间中的分布和变化的认识	251
3. 场概念起源于磁力可以脱离物质而独立存在	252
4. 场概念起源于对物质导磁性和导电性机理的认识	253
5. 分析和看法	254
三、场概念产生的必要条件	256
1. 力场概念产生的必要条件	256
2. 实体场概念产生的必要条件	257
四、力场概念的起源	258
五、实体场概念的起源	261
1. 相信传统原子论阶段	262
2. 对传统原子论信仰的动摇阶段	264
3. 反对传统的原子论阶段	265
六、关于力是物质观点的争论和场概念是怎样提出的	270
1. 关于力心原子模型和力是物质的争论	271
2. 场概念是怎样提出来的?	273
七、场取代以太并成为辐射传递的载体	277
1. 以场取代以太的根据	277
2. 辐射和光是怎样通过场传播的?	282
第八章 19世纪科学界关于原子论的争论	285
一、以马赫为代表的现象论学派对原子论的看法问题	285
二、关于原子和以太关系的争论	293
三、原子论学派与唯能论学派的争论	295
1. “energetics”的含义和唯能论的来源	296
2. 争论的情况、过程和结局	299
第九章 原子论对物质嬗变和元素演化思想的影响	309