

自然辩证法讲义 (初稿)

专题资料之八
物理学辩证
内容概述

高等教育出版社

物理学辩证内容概述

沈小峰 陈浩元 张瑞琨 编
张锡鑫 申先甲

高等教育出版社

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日，
上级同意恢复“高等教育出版社”。本书今后改用高等教
育出版社名义继续印行。

2050/67

自然辩证法讲义(初稿)

专题资料之八:

物理学辩证内容概述

沈小峰 陈浩元 张瑞琨 编
张锡鑫 申先甲

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

二二〇七印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 4 字数 82,000

1980年3月第1版 1984年2月第4次印刷

印数 25,701—35,700

书号 2010·016 定价 0.29元

说 明

自然界是检验辩证法的试金石。自然科学的蓬勃发展，日益揭示了自然界的辩证法，为辩证唯物主义的自然观提供了有力的论据。恩格斯在写作《自然辩证法》的过程中，准备具体分析各门自然科学所揭示的自然界各种运动形式的辩证性质。他在“总计划草案”中曾经将“关于各门自然科学及其辩证内容的简要叙述”列为《自然辩证法》一书的第五部分。其中有的写了论文，有的写了札记，有的只列了题目。

在这份资料中，我们试图运用恩格斯的基本观点，根据二十世纪物理学的新材料，对物理学的辩证发展和它所研究的几种运动形式的矛盾运动，作一个简要的分析，供同志们在学习自然辩证法的时候参考。至于物理学中其它一些哲学问题，这里没有一一论述。

参加编写工作的同志有：北京师范学院张锡鑫、申先甲（第二节），上海师范大学张瑞珉（第七节），北京师范大学沈小峰、陈浩元（其余各节），并由沈小峰、陈浩元统稿。

在编写过程中，中国科学院理论物理研究所、北京师范大学、中国人民大学、吉林师范大学、武汉大学、广西大学以及高等教育出版社等单位的同志对初稿提了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，错误和缺点在所难免，恳切希望同志们批评指正。

一九七九年十一月

目 录

引 言	1
第一节 物理学的辩证发展	2
一、物理学的萌芽时期	2
二、经典物理学时期	3
三、物理学的革命和现代物理学的诞生	12
四、现代物理学的新发展	21
第二节 机械运动的矛盾	27
一、机械位移过程中物体“在同一个地方”与“不在同一个地方”的矛盾	27
二、相互作用的物体之间的作用和反作用的对立统一	33
三、机械运动的辩证性	37
第三节 分子运动的矛盾	40
一、分子的引力和斥力之间的矛盾	41
二、分子力和热运动的矛盾	43
三、物体聚集状态的相互转化	49
第四节 热运动的矛盾	53
一、热力学第一定律	54
二、热力学第二定律	60
三、热力学第三定律	69
第五节 电磁运动的矛盾	73
一、电运动的矛盾	73
二、电运动和磁运动的相互联系与转化	77
三、电场和磁场的对立统一	81

四、电磁场的物质性	86
第六节 原子和原子核运动的矛盾	91
一、原子内部的矛盾	91
二、原子核内部的矛盾	96
第七节 “基本”粒子运动的矛盾	107
一、“基本”粒子的多样性和统一性	108
二、相互作用的差异性和同一性	110
三、微观粒子的波粒二象性	113
四、“基本”粒子不基本	116
参考文献	122

引言

物理学是研究物质不同层次的结构、相互作用和运动的基本规律的科学。它目前的研究内容，包括了天体、地面上的物体、分子、原子、原子核、基本粒子和各种场的结构；万有引力、电磁、强和弱作用等自然界基本的相互作用；机械、热、光、声、电、磁等一系列互相关联和互相转化的运动形式的规律。在物理学领域中，存在着各种复杂的矛盾运动，例如：吸引和排斥、连续和间断、运动和静止、有序和无序、必然和偶然、有限和无限、对称和反对称等等。

下面试就物理学的辩证发展和它所研究的几种运动形式中的矛盾运动作一简要的分析。

第一节 物理学的辩证发展

科学来自实践。在生产发展和科学实验的推动下，通过实践、理论、实践的辩证运动，物理学不断地分化和综合，经历了从萌芽时期、经典物理学时期到现代物理学时期等不同的发展阶段，逐步形成了严密的理论体系，并在科学技术和生产的各个部门得到广泛的应用，成为现代自然科学体系中一门重要的基础学科。

一、物理学的萌芽时期

人类的生产劳动是从创造工具开始的。从开始制作第一把石刀的时候起，人们就逐渐从经验中发现，锐利的刃部可以集中较大的力（压力）。工具的进一步发展和改进，导致简单机械的出现。由于运输、举重的需要，逐步出现了杠杆、滑轮、斜面等装置，我国战国出土的文物中已有权衡（天平），《庄子》一书中有桔槔打水的记载，在《墨经》中甚至形成了力的概念（“力：刑之所以奋也”）。由此可见，人类在运用工具进行劳动的长期实践过程中，同时也就逐渐孕育了力学的萌芽。

由于古代生产水平的低下，人们对自然规律的认识，除了直接的生产经验积累外，就是靠对自然界的观察和在这些

观察、经验的基础上进行的直觉的、思辨的猜测。在这个时期，静力学包括简单机械、杠杆原理、浮力定律等首先有所发展。在光学方面，积累了光的直进、折射、反射、小孔成象、凹凸面镜等方面的知识，例如《墨经》上有八条关于光学知识的记载，古希腊的欧几里德（公元前450—380）等的著作中也已经认识到光的直线传播和反射定律，并且研究了光的折射现象。关于静电和静磁现象，发现了摩擦起电、磁石召铁，发明了司南，以后又制成了指南针。声学由于音乐的发展和乐器的制造，积累了不少乐律、共鸣方面的知识，等等。

关于物质世界的结构和相互作用，人们提出了诸如原子论、元气论、阴阳五行说、以太等具有一定历史意义的假说，这对后来物理思想的发展产生了深远的影响。

总之，这个时期的物理学处于萌芽时期，还没有从自然哲学中分化出来。观察和思辨是这个时期科学研究的主要方法。与这种状况相适应，在自然科学家中占统治地位的自然观，是原始的唯物论和素朴的辩证法。

二、经典物理学时期

经过了漫长的中世纪黑暗时代，由于生产的推动，物理学开始以神奇的速度发展起来。刚刚在封建社会内部诞生的资产阶级，为了促进生产力的发展，在文艺复兴的旗帜下，向封建专制制度和宗教神权的统治发动了一场历史上空前规模的政治、经济革命和思想解放运动。自然科学就在这场伟

大的进步的变革中得到突飞猛进的发展。在中世纪，物理学和其他科学一样，是神学的侍女和奴婢。哥白尼（1473—1543）临去世前，用他的《天体运行论》向宗教神权打响了第一枪。物理学也起来造反了。“资产阶级为了发展它的工业生产，需要有探索自然物体的物理特性和自然力的活动方式的科学”，“所以也不得不参加这一反叛”^①。

在这一时期，由于工业生产的进步，给自然科学提供了新的实验工具和手段，“真正有系统的实验科学，这时候才第一次成为可能”^②；同时也因为数学的进步，对数、解析几何、微积分的相继诞生，使当时的物理学家有可能采用科学实验仪器和精确的数学计算作为认识大自然的锐利武器。从此以后，物理学才完全从自然哲学中分化出来，成为一门独立的科学。从十六世纪到十九世纪末，经典力学、热力学和统计物理学、电磁学和电动力学一个个建立起来，逐步形成了完整的经典物理学理论体系。这是物理学发展的第二个阶段。

1. 经典力学的建立

在力学中，与中世纪遗留下来的传统观念决裂，是从著名的落体实验开始的。比利时的工程师和力学家斯台文（Stevin, 1548——1620）作了用两个轻重相差十倍的铅球从

① 恩格斯，《马克思恩格斯选集》第三卷，人民出版社，1972年版，第390页。

② 恩格斯，《自然辩证法》，人民出版社，1971年版（以后凡引此书，皆为此一版本），第163页。

三十英尺的高度同时落地的实验，第一个向亚里士多德以来形成的重物比轻物落得快的陈腐观点提出了挑战。在1586年出版的一本力学著作中，斯台文详细记述了这一实验。^①1589年，伽利略(1564—1642)也研究了落体问题，作了著名的斜面实验，并进行了定量的计算。通过实验和理论分析，他区分了速度和加速度的概念，总结出落体定律和惯性原理，从而彻底纠正了重物先落地和力产生速度这两个流传了近二千年的错误观念。他还用自制的望远镜观察了太阳的黑子、月面的凹凸、金星的盈亏、木星的卫星，证明了天上和地上现象的统一性。伽利略重视实验，在实践的基础上敢于否定一直被人们视为绝对真理的陈腐结论，在实验和理论方面取得了杰出的成就，成为科学实验的鼻祖和经典物理学的奠基人。后来，惠更斯(1629—1695)进一步推进了伽利略的工作，他研究了单摆，制造了摆钟，测定了重力加速度的精确数值，并通过对碰撞问题的分析，加深了对物体相互作用的具体规律的了解。这就为作用与反作用定律、万有引力定律等的建立准备了条件。

由于航海需要精确测定船只的坐标，推动了天体力学的发展。第谷·布拉赫(1546—1601)用毕生精力系统地观测了行星的运动。他的弟子开普勒(1571—1630)分析了他的观测资料，得到了行星运动三定律。他们一个长于观察，一个精于思考和计算，两人珠联璧合，相得益彰，历来被传为佳话。

① 参见S. F. Mason, A History of the Sciences, Collier Books, New York, 1962.

牛顿(1642—1727)是经典力学的集大成者。他总结了伽利略、开普勒等人的工作,得到了万有引力定律和牛顿运动三定律。在牛顿的这些基本定律的基础上,由于微积分这一新的数学工具的运用和发展,经典力学的完整体系建立了起来,统一了天体力学和地面上物体的力学,完成了物理学史上第一次大的综合。恩格斯指出:“新兴自然科学的第一个时期——在无机界的领域内——是以牛顿告结束的。”^①

牛顿继承了英国唯物主义的真正始祖培根(1561—1626)重视归纳法的传统,主张科学研究要通过实验发现现象,然后运用归纳法总结为定律,再用数学推演建立理论体系。他的《自然哲学的数学原理》一书就是这样写成的。这无疑是一种重要的科学研究方法,对后来科学的发展起了很大的促进作用。但他不重视理论思维,反对采用假设,否定哲学的指导作用,结果却由于他虔诚地相信上帝,又无法解释行星切向的运动,竟提出了“神的第一次推动”这一荒谬的假设。恩格斯指出:“哥白尼在这一时期的开端给神学写了挑战书;牛顿却以关于神的第一次推动的假设结束了这个时期。”^②牛顿轻视哲学,却作了最坏的哲学——神学的奴隶,这是一个值得重视的历史教训。

经典力学是关于宏观低速的机械运动规律的科学,是自然科学中最早完成的一个部门。力学应用于生产,取得了惊人的成就,成为大工业真正的科学基础。同时,在经典力学

①, ② 恩格斯,《自然辩证法》,第173页,第11页。

取得成就的基础上，加上人们对牛顿的崇拜和迷信，逐步形成了一套机械论的自然观。

2. 热力学和统计物理学的形成

十八世纪末、十九世纪初，由于产业革命的推动，蒸汽机的发明和推广使用，迫切要求提高热机效率，这就促进了对热的本质和热与机械运动相互联系及转化规律的研究。

在遥远的古代，人们就知道摩擦生火，认识到机械运动可以转化为热运动。我国古代就有燧人氏钻木取火的传说。至于实现热运动向机械运动的转化，则经历了从古希腊的希罗(Hero, 约公元前100年)到瓦特(1736—1819)改进蒸汽机的漫长岁月。那时，由于受机械论的影响，人们往往去寻找不同的“素”或“力”来解释不同的自然现象。十八世纪时，把热当作一种特殊物质的“热质说”占了统治地位。在热质说的基础上，量热学发展起来了，并发现了一些热传导的规律。

十八世纪末，伦福德(Rumford, 1753—1814)、戴维(1778—1829)等人通过大炮钻孔、冰块摩擦等实验，暴露了热质说存在的问题。热质说无法解释摩擦生热等现象，所以必须采用热的唯动说。热的唯动说认为，热不是一种特殊的物质，而是物质内部大量粒子的一种无规则运动。但是在热质说时期发现的一系列非常重要的热学定律依然成立，正如恩格斯指出的：“在任何一门科学中，不正确的观念，如果抛开观察的错误不讲，归根到底都是对于正确事实的不正确的观念。事实终归是事实，尽管关于它的现有的观念是错误

的。”^①热的唯动说对于热质说，就是这样一种批判继承的关系。

由于不同运动形式之间的相互联系和转化的事实日益被揭示，到十九世纪四十年代，有不同国籍的十几个科学家几乎同时提出了能量守恒定律即热力学第一定律。其中著名的有德国医生迈尔(1814—1878)，他观察了一些生理现象，从中得到启发，并根据“无中生有，有不变无”的哲学观念去研究各种自然现象，第一个提出了能量守恒定律。另一位是英国的焦耳(1818—1889)，他通过大量严格的定量实验，相当精确地测定了热功当量。这一事实告诉我们，在科学研究的过程中，正确的哲学思维和高超的实验技巧，起着极其重要的作用。

法国人卡诺(1796—1832)在十九世纪二十年代运用分析的方法，研究了热机的内部矛盾，提出了著名的卡诺循环，找到了提高热机效率的根本途径。1851年前后，英国的W·汤姆生(1829—1907)、德国的克劳修斯(1822—1888)总结了卡诺等人的工作，分别提出了热力学第二定律。热力学第一定律和第二定律的发现，奠定了经典热力学的理论基础，特别是能量定律的建立，找到了自然界不同运动形式之间相互联系和相互转化的基本规律，从而把自然界中各种运动统一了起来，实现了物理学史上第二次大的综合。

在热的唯动说理论指导下，人们进一步具体研究宏观热现象和物体内部分子运动之间的联系，分子运动论得到了迅

^① 恩格斯，《自然辩证法》，第139页。

速的发展。英国麦克斯韦(1831—1879)、奥地利波尔兹曼(1844—1906)、美国吉布斯(1839—1903)等人将数学中的统计和概率的方法引入分子物理学,得到了分子运动速度分布和能量分布等一系列的规律,建立了经典统计物理学。统计物理学把热运动的宏观现象和微观机制联系起来,从大量的偶然性中发现必然性,给热力学的唯象理论提供了数学证明,在力学规律的基础上又揭示了新的统计性的规律,这是物理学的又一次重大突破。

3. 经典电磁理论的建立

在十九世纪以前,人类对于电和磁是当作两种彼此没有联系的现象来分别认识的。1752年,美国富兰克林(1706—1790)作了著名的风筝实验,认识到天空的闪电和地面上的莱顿瓶放电性质是相同的,从而又一次把天上和人间的自然现象统一起来。1785年,法国库仑(1736—1806)通过扭秤实验测定了静电荷之间相互作用力,得到了电学中第一个定量的规律。十八世纪末,意大利人伽伐尼(1737—1798)发现了动电。1800年,伏打(1745—1827)在伽伐尼发现的基础上制成伏打电池,使人的认识由静电进入了动电,由瞬间电流发展到恒定电流,为进一步研究电流运动的规律和电运动与其他运动形式的联系和转化创造了条件。

十九世纪初,人们已经发现了电流的化学效应、电流的热效应,于是很自然地提出这样的问题:电流能否产生磁效应呢?德国的自然哲学家谢林(Schilling, 1775—1854)主张世界上各种运动形式之间具有同一性,他认为光、电、磁、

化学力等都是相互联系的，是同一事物的不同侧面。谢林的这种关于自然力的统一的思想，对他的挚友、丹麦哥本哈根大学的奥斯忒(1777—1851)产生了深刻的影响。奥斯忒在1803年就主张，“我们的物理学将不再是关于运动、热、空气、光、电、磁以及我们所知道的任何其他现象的零散的汇总，而我们将把整个宇宙容纳在一个体系中。”1812年，他又进一步明确提出，“我们应该检验电是否以其最隐蔽的方式对磁体有所影响。”正是在这种正确思想指导下，经过长期的研究，他终于在1820年通过大量实验发现了电流的磁效应。他的成果一公布，法国安培(1775—1836)等人立即在这个方向继续工作，很快就得到了电流磁效应的定量规律——安培定律以及确定电流磁效应方向的安培定则。为了解释物体的磁性，安培还提出了分子电流的假说。

自然界是辩证发展的。电可以转化为磁，那么磁是否也可以转化为电呢？安培、法拉第(1791—1867)等人都在思考这个问题。1822年，法拉第在日记中就给自己提出了研究“转磁为电”的课题。经过近十年的不懈努力，1831年，他终于从实验中发现变化的磁场可以产生感应电流，得到了电磁感应定律，进一步揭示了电和磁之间的辩证关系，为发电机、电动机的发明制造奠定了理论基础。

十九世纪六十年代，英国人麦克斯韦把从库仑定律到法拉第定律的电磁学理论系统地总结起来，用一套偏微分方程加以概括，建立了电动力学的基本运动方程——麦克斯韦方程组。他提出了位移电流的概念，认为不仅传导电流产生磁场，空间电场的变化也会产生磁场；反之，变化的磁场不仅在

导体中感生出电流，在空间中也会产生电场。这样就得到了变化的电场产生磁场，变化的磁场产生电场的结论，电场磁场的相互转化就产生电磁波。他还证明，光也是一种电磁波，从而把电、磁、光等过去认为互不联系的现象统一起来，实现了经典物理学第三次大的综合。

4. 机械的、形而上学的唯物论自然观的形成

在经典物理学理论的基础上，在大多数物理学家中，形成了一种机械的、形而上学同时又是唯物论的自然观。在他们看来，物质世界是由不可分的、不可入的、绝对不变的、间断的原子构成。不同元素的原子不同，不能互相转化。原子的质量是固定不变的，遵循质量守恒定律。原子之间则充满着一种机械的弹性介质——绝对连续的以太。以太非常稀薄，以致没有阻力，却又有很高的强度和弹性，经受得起电磁波这样激烈的振动。物理学相应也分为两大部分，研究由原子构成的实物的运动规律的是力学、热力学和统计物理学，研究以太的运动规律的是电动力学。经典物理学的各个部门，基本上都是以力学为样板建立起来的。在某些自然科学家当中，存在着一种把一切运动归结为机械运动的狂热，甚至把人也当作一架复杂的机器。时间、空间和物质、运动没有关系。时间在均匀地流动着，空间是均匀的和不动的，与外界任何对象没有关系，它们只不过是物质运动的框架。物质运动遵循牛顿运动方程和麦克斯韦方程。自然界的运动服从机械决定论，知道了物质系统某一时刻全部粒子的位置和动量，就可以准确地确定它们过去、现在和将来的运动情况。总之，