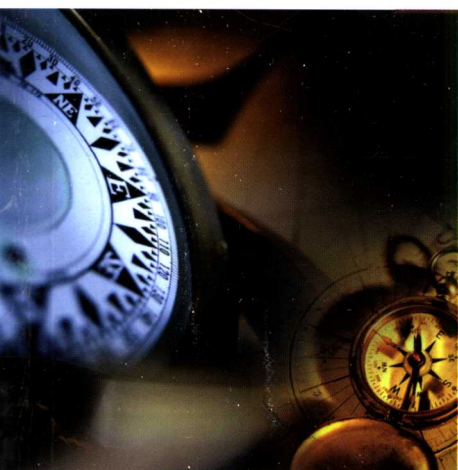


物理科学 与认识论

李浙生 著



WULI KEXUE YU
RENSHI BULUN

冶金工业出版社

物理科学与认识论

北京市社会科学院 李浙生 著

北 京

冶金工业出版社

2004

图书在版编目(CIP)数据

物理科学与认识论/李浙生著. —北京:冶金工业出版社, 2004. 1

ISBN 7-5024-3394-5

I. 物… II. 李… III. 物理学史 IV. 04-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121004 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 杨盈园 美术编辑 李心 责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

北京铁成印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2004 年 1 月第 1 版, 2004 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 10.375 印张; 277 千字; 322 页; 1—2000 册

26.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

20 世纪,由于相对论、量子力学以及其他物理理论的出现,物理科学较之过去发生了革命性的变革,科学方法也发生了根本性的变化。物理学家德布罗意说:“现代物理学无可置疑地为哲学思考带来了新的营养,并且它还会不停地这样做,由于每天都为我们带来大量关于物理世界的信息,它就必然不怕为创造新的体系,也不怕为那些向形而

上学挑战的大胆见解提供新的起点。”那么,20世纪物理学的发展到底给了我们什么样的启示呢?

首先,我想讲讲主体与客体的关系。17世纪,牛顿建立了自己的力学理论,经过一番努力,牛顿力学终于站稳了脚跟,并深深地影响着人们的思想。牛顿理论把客观世界的变化发展看成一连串因果联系,主观因素被完全排除在事物的运动变化的过程之外,能看到的只有物与物的相互作用。在这样的自然科学基础上建立起来的哲学,也就把客体和主体完全割裂开来了,并形成了两种对立的哲学派别,唯心主义和唯物主义,它们或者强调主体的作用,或者强调客体的作用。20世纪问世的相对论和量子力学揭示一种新的真理:要想真正认识客体,主体就必须参加到认识客体的过程中去,只有这样才能得到关于客体的科学认识。这表明,在认识物理现象、揭示自然规律的时候,主体和客体、思维 and 存在、精神和物质是相互作用、紧密相连的,它们在哲学上的地位是同等重要的。

关于时空的有限和无限的问题,这是康德没能解决的问题。然而这个问题在19世纪中期似乎出现了转机。1854年,德国数学家黎曼提出了有限无界的观点,从数学上给出宇宙的有限模型;1917年,爱因斯坦从广义相对论出发,又从物理学上给出宇宙的有限模型。但是现代宇宙学却表明,宇宙是有限的还是无限的,还无法判定。那么说空间是无限的有什么科学根据呢?

空间的有限和无限问题还没有定论,但关于时间,我们已经可以断言时间是有开端的。根据大爆炸理论,我们知道宇宙始于一次大爆炸,时间也就是从那个时刻开

始的。说时间是无始的、是无开端的,这种说法也是没有科学根据的。

关于科学真理的多元性问题。物理真理的多元性是一个不可否认的事实。对于同一个自然事物或现象,由于物理学家从不同的角度出发,运用不同的数学方法来描述,就会产生关于同一个事物或现象的完全不同的两种理论、两种真理。热力学和统计物理是关于热现象的两种不同理论,矩阵力学和波动力学是关于微观粒子的两种不同理论。真理多元性是科学家自由创造的结果。如果只允许科学从某个角度出发,只能持某种观点,只能运用某种方法,那么真理多元性就没有了,科学也就没法发展了。法国数学家庞加莱说:“强求一律就是死亡,因为它对一切进步都是一扇紧闭着的大门。”

最后讲讲真理的判定。物理科学作为一种科学理论,首先就有一个相容不相容的问题。如果一种理论是不相容的,在逻辑上是自相矛盾的,谁还会承认这种理论呢?可见,理论的相容性是判定物理理论真理性的一个非常重要的标准。物理学家在发现了理论的不相容性之后,加以改进和完善,从而使理论得到发展,这也是物理科学发展的重要途径,是物理科学前进的重要动力。同时,人们应该知道,物理真理的判定是很复杂的。

在这本书里,作者根据物理学史,特别是现代物理科学的精神提出了一些新的观点和新的想法。如果对读者有所启示,我将感到十分欣慰。

这本书的出版,要感谢北京市社会科学院的领导,他们对本书的出版给予了有力的支持。

最后,还要感谢妻子金惠仙。这是我发表的第四本

专著,如果没有她的支持,这一切都是不可能的。我的每一本书不仅包括我的也包括她的劳动。

李浙生

2003 年 11 月于北京

目 录

第一章 物质	1
第一节 物质	1
第二节 反物质	15
第三节 统一场论	22
第二章 空间和时间	41
第一节 空间和时间的相对绝对问题	41
第二节 真空概念	82
第三节 空间和时间的有限无限问题	86
第三章 物理学中主体与客体的关系	101
第一节 古希腊物理学中的主体与客体的 关系	101
第二节 近代物理学中主体与客体的 关系	106
第三节 现代物理学中主体与客体的 关系	113
第四节 结论	123
第四章 物理学与经验	126
第一节 经验是易谬的	126
第二节 观察依赖于理论	138
第三节 物理理论的抽象化	150

第四节 结论	171
第五章 物理理论的创立	174
第一节 创立物理理论的第一种方式	176
第二节 创立物理理论的第二种方式	209
第三节 结论	232
第六章 物理学中逻辑与历史的复杂关系	234
第一节 物理理论的逻辑顺序	234
第二节 宇宙的演化	238
第三节 物理学中逻辑与历史的不一致	251
第四节 结论	258
第七章 物理真理的多元性	259
第一节 热学中的真理多元性表现	259
第二节 量子理论中的真理多元性表现	261
第三节 牛顿力学和相对论	271
第四节 结论	274
第八章 物理真理的判定	277
第一节 实践标准	277
第二节 逻辑标准	298
第三节 发展物理理论的两条途径	305
第四节 结论	317
参考文献	321

我们知道,由于物理学的进展,已经创造了新的实在。

——爱因斯坦——

第一章 物 质

“物质”一词是源于拉丁文 *materia*, 含义是母亲, 表示“本原”、“创造者”。万事万物的本原是什么, 纷繁复杂的自然现象的统一基础是什么? 这是哲学家和科学家都非常关心的问题。当哲学家激烈地争论着第一性、第二性问题的时候, 物理学家则认真地观测物体的运动变化, 解析物质的结构, 研究物质的相互作用等等, 为人类认识物质的本性, 认识自然现象的统一基础作出了重要贡献。爱因斯坦(Einstein A)说:“物理学是从概念上掌握实在的一种努力。”物理学家的这种努力以及他们在这方面的成果, 不仅加深了人们对自然的理解, 而且满足了哲学家建立体系的需要。

第一节 物 质

显然, 我们看得见、摸得着的事物和现象, 并不就是物质。古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle)认为, 物质是产生和组成一切事物的普遍基质(物理学家常常把这种基质叫做实在或物理实在)。在物理学家看来, 在感觉世界背后还有一个实在世界。德国物理学家玻恩(Born Max)说:“我想尽可能说清楚构成科学之主题的实在的性质。这种实在不是感官知觉的实在, 不是感觉、感情、观念的实在, 一言以蔽之, 它不是主观的绝对的经验的实在。它是事物的实在, 是构成知觉基础的客观物体的实在。”玻恩还指出, 物理实在就是不断变化的现象中保持不变的东西, “实在的两个基本点。一个基本点是, 把粗糙的感官印象看作原始的材料, 这在心理

学和生理学上说都是错误的；另一点是，在科学建筑物的领域里，并非每个概念都具有实在事物的特性，而只是对有关变换为不变的那些概念才具有实在事物的特性。”

爱因斯坦更详细地叙述了从感觉经验到物理实在的形成过程，他说：“我相信，在建立‘实在的外在世界’时，第一步是形成有形物体的概念和各种不同的有形物体的概念。在我们的许多感觉经验当中，我们在头脑里任意取出某些反复出现的感觉印象的复合（部分地同那些被解释为标记别人的感觉经验的感觉印象结合在一起），并且给它们一个概念——有形物体的概念。从逻辑上来看，这概念并不等同于上述那些感觉印象的总和；它却是人类（或者动物）头脑里的一种自由创造。但另一方面，这个概念的意义和根据都惟一地归源于那个使我们联想起它的感觉印象的总和。

第二步见之于这样的事实：在我们的思维（它决定我们的期望）中，我们给有形物体这个概念以一种独立的意义，它高度独立于那个原来产生这个概念的感觉印象。这就是我们在把‘实在的存在’加给有形物体时所指的意思。这样一种处置的理由，惟一地是以下面的事实为根据，即借助于这些概念以及它们之间的心理上的关系，我们就能够在感觉印象的迷宫中找到方向。这些观念和关系，虽然都是头脑里的自由创造，但是比起单个的感觉经验本身来，我觉得它们更强有力，更不可改变，而单个感觉经验所不同于幻想或者错觉结果的那种特征，是永远无法完全保证的。另一方面，这些概念和关系，实际上，关于实在物体的假设，一般说来，关于‘实在世界’的存在这假设，确实只有在同感觉印象相联系（在这些感觉印象之间形成一种心理上的联系）时，才站得住脚。”在这里，爱因斯坦对感觉经验与物理实在的关系以及物理实在的作用都作了明确、清楚的阐述。

由于古希腊学者已经认识到，存在着一种永存的、不变的基质或实体。正是这种基质组成了世界上的万事万物，而它们的混合和分离就产生千变万化的自然现象。希腊哲学家泰利斯（Thales）断言，水是万物的本原；其他哲学家或者把火，或者把气作为万物

的本原；希腊哲学家恩培多克勒(Empedocles)用土、水、气、火来说明万物的生灭变化，并把它们称为“四根”。

古希腊哲学家德谟克利特(Democritus)认为，土、水、气、火并不是最基本的，还可以继续分割，但有一个限度，到此限度就不可再分割了。他把这不可再分割的、感觉不到的原始物质称为原子。原子是构成万物的基质。德谟克利特认识到，要合理地说明物质的可感觉性质，只有把这些性质归结为不具有这些性质的那些实在东西的运动才有可能。如果原子真能够解释可见物体的颜色和香味，那么原子本身就不应具有这些特性。古代原子论前后一贯地不给原子以这些感觉性质，但给原子保留了占据空间的性质，从而也就可以谈论原子的大小、位置和排列。原子的体积非常小，但它们不是几何学上的点，而是具有广延性的实体。德谟克利特认为，这种具有广延性的原子处于永不停止的运动之中，而虚空是原子运动的场所。如果原子充满整个空间，没有虚空，原子就运动不起来了。没有原子的运动，也就不能组合成世界上的万事万物。可见，古代原子论并不把虚空看成消极的东西，看作虚无，而把它与充实的原子同等看待。德谟克利特说：“依照习常的说法，甜总是甜，苦总是苦，冷总是冷，热总是热，颜色总是颜色。但是实际上只有原子和空位。就是说，我们通常惯于把感觉的事物当作是实在的，但是真正说起来，它们不是实在的。只有原子和空位是实在的。”

德谟克利特用原子的运动解释某些自然现象。例如，德谟克利特认为，颜色不是本身的存在。如果颜色是绝对存在，那么就需有相应的各种颜色的原子存在，就需要给原子附加多种特性。物体的颜色是由于运动所造成的原子方向的变化。他说：“颜色并不是本身存在的，物体的颜色是由于(原子)运动方向的变化。”至于磁现象，他认为：“磁石和铁是相类似的原子构成的，但磁石的原子则更精细；磁石比铁较松并有更多的空隙”。“因为运动是永远趋向相类似的东西的。”铁原子向外扩散而流向磁石，铁也就被拖向磁石了。德谟克利特的老师——希腊哲学家留基伯(Leucip-

pus)甚至根据原子论的原理说明宇宙的形成。他认为,原子进入太空以后,在太空中形成旋涡运动。在这个运动中,较精微的原子走到虚空的外层,形成太阳、月亮和其他行星,而较粗糙的原子停留在中心形成地球。

古希腊原子论学者关于自然现象的这些解释,都只是一种思辨的猜想。它没有以确定的观察事实为基础。因此,这个学说本质上并不是科学理论,它是古代人类对自然界物质结构的原始综合,是对自然界画面的粗犷描述。然而,它对后来的科学发展却产生了深远的影响,这表现在牛顿、道尔顿、麦克斯韦和玻耳兹曼的科学工作中,表现在量子理论的研究中。英国科学史家丹皮尔(Dampier W C)说:“不管它在哲学上的价值怎样,在科学上,德漠克利特的原子说要比它以前或以后的任何学说都更接近于现代观点。”

在古希腊,德漠克利特等人把原子作为万物的基质;在近代,在牛顿物理学中,实际上仍然把原子作为普遍的基质和惟一的实在,但赋予原子以力学性质,所以人们称这种物质观为机械原子论。

把原子论思想正式引入物理学中的,是法国科学家、哲学家伽森狄(Gassendi P)。伽森狄提出微粒哲学。在他看来,原子不仅是组成万物的最小微粒,而且是具有惯性质量的粒子。他根据伽利略和笛卡尔的力学原理,用这种惯性粒子的点状运动来描述均匀空间里物体的运动。据此,他解释了一些物理现象,说明了物质的固态、液态和气态之间的转变。这是物理学中第一个原子概念,它不再只是哲学家的原子。不过,伽森狄的原子在均匀的空间中运动,这个均匀空间仍是古原子论的虚空。伽森狄的原子虽然是一个可以用数学和力学描述的惯性实体,但却仍披着哲学思辨的外衣。机械原子论的诞生要归功于英国伟大的物理学家牛顿(Newton I)。

在牛顿力学中,质点这个概念是很基本的,它是实在的惟一形式和惟一代表。我们接触到的物体显然是质点概念的根源,但人们剥夺了这些物体的广延性、形状、空间方位等特征以及一切内在性质,只保留了惯性、移动和力。我们接触到的物体,被看做是由

许多质点组成的质点系。牛顿力学的主要原理可概括为：自然界的各种事件和过程可看做是质点在空间的运动，质点在它同其他质点有相当距离的时候，作匀速直线运动；如果它与其他质点的距离相距不远时，那么质点就作加速运动，它与其他质点的位置决定着加速度的大小。在讲到牛顿质点的性质时，爱因斯坦说：“人们认为，外在世界的客体，是由相互作用着的不变的质点组成的。作用在这些质点上的力是已知的，质点在这些力的作用下处于不停的运动中，所有观察到的现象最终都可以归结为质点的运动。”爱因斯坦进一步指出，在牛顿体系中：“每样东西都归结为如下几个概念：(1)具有不变质量的质点；(2)任何两个质点之间的超距作用；(3)关于质点的运动定律。”牛顿力学中的质点就相当古原子论所说的原子，是构成物体和自然现象的基质。把所有过程归结为力学的企图，必然导致原子论。它与古希腊的原子论不同，是机械的原子论。牛顿认为，粒子间除了吸引之外还有排斥，吸引使粒子结合，排斥使粒子分离。他还认为粒子分几个层次，大粒子中包含着小粒子，小粒子中包含更小的粒子。最小的粒子就是原子，它是构成物体的最小微粒、基质，是不可再分的、不可入的惯性实体。

牛顿建立的这种机械原子论，对经典物理学的发展产生了重大影响。原子论的方法影响着光、热、电磁各方面的研究。光的微粒说的建立是原子论方法的直接结果。牛顿是光的微粒说的代表。根据光的直线传播的性质，牛顿认为光是一种微粒，微粒从光源飞出来，在均匀的媒质中遵从力学定律作匀速直线运动；他用这种观点成功地解释了光的直线传播和光的反射、折射现象。在19世纪以前，光的微粒说一直占据着统治地位。

18世纪，在用原子论方法来解释热的本性时，英国化学家布莱克(Black J)提出了热质说。这个学说认为，热是一种自相排斥的、无重量的流质，叫做热质。它不生不灭，可渗入一切物体之中。一个物体是冷是热，就看它所含热质的多少。热质说在启发和解释量热学方面曾起过积极作用，它成功地说明了混合量热法的规律：两个温度不同的物体混合以后达到相同的温度时，如果没有向

周围散失热量,那么其中一物体失去的热量恰好等于另一物体所得到的热量。法国物理学家卡诺(Carnot N L S)甚至用热质说解释卡诺循环,导出卡诺定律。结论是正确的,但凭借的是错误的理论。热质说在 18 世纪占统治地位,流行一时,直到能量转换和守恒定律确立以后,热质说才被彻底否定。

机械原子论在电磁学领域同样得到广泛的应用。关于电的本性,1747 年,美国物理学家富兰克林(Franklin B)提出了电的单流质理论。他认为,电是一种没有重量的电流质,可渗透到整个空间和一切物体之中,每个物体所含的电流质都有其固有数量,摩擦可以使电流质从一个物体转移到另一个物体。电流质的转移使物体所含电流质出现不平衡,如果电流质多了,物体带正电;如果电流质少了,物体带负电。

电磁现象的早期研究是定性的描述。1875 年,法国物理学家库仑(Coulomb C A)用扭秤精确地测量了静电力和静磁力,并总结出一条著名的定律,后人称之为库仑定律:电的吸引力和斥力与两个点电荷的乘积成正比,而与它们之间的距离平方成反比。这条定律与万有引力十分相似。有了库仑定律,就必须假定电和磁的最小单位,即电荷和磁荷。带电体或磁体之间的库仑力就还原为次一层次的电荷和磁荷的相互作用来加以说明。

为了解释电流的磁效应,法国物理学家安培(Ampère A M)提出了分子的环形电流理论。他假定物质内部分子自然包含一个环形电流,从而表现为一个小磁体;导线未通电时,个别分子电磁体的取向是杂乱无章的,净结果为零;儿在导线通电后,导线内部的分子电磁体取向一致,从而表现出电流的磁效应和通电导线的相互作用。在这里,每个分子电磁体的取向所产生的是量变,而宏观的效应却是一种质的变化,这与原子论方法的原则是一致的。

从原子论对近代物理学发展影响的粗略回顾中,我们看到,物理学家把微粒、质点看做基质,看做惟一实在。这种情况直到法拉第和麦克斯韦时代才发生根本的变革。

19 世纪,英国物理学家法拉第(Faraday M)通过对电解过程、

电介质对静电过程的影响以及物体抗磁性的研究,发现电作用和磁作用跟带电体、磁体或电流之间的介质有关,介质不同,作用力就不一样。他设想带电体、磁体或电流周围空间存在着由电或磁产生的物质,它无所不在,是像以太那样的连续介质,起到传递电力、磁力的媒介作用;他把这种物质称为电场、磁场。电作用或磁作用通过电场或磁场来传递,并作用到别的带电体、磁体上。法拉第凭着惊人的想像力,对场的物理图像作了直观的描述。他把电场与流体场类比,提出场是由力线所组成的,它们将相反的电荷或磁极连结起来。法拉第认为,力线并非只是几何性的,而且是物理实在。他还用力线的几何图形形象地表示电场和磁场的状况。力线上任一点的切线方向是场强的方向;力线密的地方,场强就强;力线疏的地方,场强就弱;场强不变时,力线图不变;场源运动和变化时,力线也发生变化。因此,法拉第是从带电体和磁体周围的媒质作用,也就是从场的角度出发,来考察一切电磁作用过程的。1832年3月12日,法拉第在给英国皇家学会的信中写道:“磁作用的传播需要时间,即当一个磁铁作用于另一个远处的磁铁或者一块铁时,产生作用的原因(我以为可以称之为磁)是逐渐地从磁体传播开去的;这种传播需要一定的时间,而这个时间显然是非常短的。我还认为,电感应也是这样传播的。我以为,磁力从磁极出发的传播类似于起波纹的水面的振动或者空气粒子的声振动,也就是说,我打算把振动理论应用于磁现象,就像对声作的那样,而且这也是光现象最可能的解释。类比之下,我认为也可以把振动理论运用于电感应。”在法拉第那里,甚至孕育着电磁波以及光可能是电磁振动的深刻思想。

法拉第关于力线和场的思想对电磁学以至整个物理学的发展都有很大影响。他的空间有场,场中充满力线,力的作用以场为中心,以有限速度传递的观点,与19世纪占统治地位的牛顿派观点是针锋相对的。场概念的提出为经典电磁理论的建立奠定了基础。

英国物理学家麦克斯韦(Maxwell J C)系统地表述了法拉第

的基本思想和实验规律,对它们进行了创造性的诠释、推广和补充。他从场的观点出发,对法拉第的电磁感应规律进行了理性的说明,并且为保证理论的自洽性而引入了位移电流概念。在此基础上,他终于建立了电磁场理论。1864年,麦克斯韦在《电磁场的动力学理论》一文中,提出了联系着电荷、电流和电场、磁场的基本微分方程组。这组方程是电磁场规律的定量数学描述。我们知道,在力学中,只要知道了质点在某一时刻的位置和速度,又知道作用于质点上的力,就可以预知这个质点的未来状态。在麦克斯韦的理论中,如果知道了场在某一时刻的情况,就可以根据这组方程推出整个场在空间和时间中会怎样变化。但与牛顿力学不同,场只与最邻近的、刚刚过去的场发生关系。如果我们知道了此处和现在所发生的事件,凭着这些方程便可以预测在空间上稍微远一点,在时间上稍微迟一点会发生什么。把这些小步骤加起来,才可以由此处所发生的事件推出远处所发生的事件。在这里,每一个小步骤当然都是由麦克斯韦方程确定的。

牛顿力学认为,两个质点之间的引力是瞬时的超距作用,但法拉第的场的概念,第一次认真地向力的超距作用概念提出了挑战,麦克斯韦用数学更进一步排斥了超距作用力。爱因斯坦说:“被认为是整个理论物理学纲领的牛顿运动学说,从麦克斯韦的电学理论那里受到了第一次打击。人们已经明白,物体之间的电的和磁的相互作用,并不是即时传递的超距作用,而是一种以有限速度通过空间传播的过程引起。”

不过,起初,物理学家并没有完全看清场的理论的革命意义,连麦克斯韦自己也是通过具有力学特征的媒质状态的变化来理解电磁作用的。

尽管麦克斯韦仍力图用机械的以太模型,从力学上来解释他的场,但这个不同于超距作用的场,终究是物理学中一个全新的概念。法拉第提出了场的概念,而麦克斯韦则描述了电磁场的结构,给出了电磁场的变化规律。这就在物理学基础中引起了一场革命,这场革命正是从法拉第和麦克斯韦开始的。爱因斯坦说:“法