

光本性的认识

刘义保 辛向东
(华东地质学院 上海 200062)

光学是物理学中较古老的一门基础学科,又是当前物理学领域最活跃的前沿之一。然而光学也是经过一场场磨难和斗争才发展起来的,其历史被当作自然科学发展史的典范,对光本性认识的争论是光学发展主要动力之一。

光的本性是什么?对这个问题人们自古就有不同的认识,到17世纪,形成了一场关于光的本性的激烈的争论,即微粒说和波动说之争,其中微粒说的代表人物是牛顿,而波动说则以胡克和惠更斯为代表。

1672年,牛顿在向皇家学会提交的一封信

没有能继续研究下去,即没有从理论上弄清楚:振荡电流作为振源,是怎样把电磁振荡传播出去的!这样,开尔文又错过了发现电磁波的契机!

开尔文曾两次走到电磁理论的大门,但都因其少年早慧带来的弱点徘徊而去,错失发现电磁理论的良机,使其与电磁理论的发现者这一称号无缘。不过,这并不影响开尔文在电磁理论发展中起的作用。这种作用就是,开尔文在这一领域作了开拓性的研究,为后来麦克斯韦、赫兹在这方面的工作奠定了基础。

对麦克斯韦的影响可从两方面来看,一是开尔文对麦克斯韦的直接帮助。如开尔文在1853年发表《瞬间电流》一文,麦克斯韦写信给开尔文,“请求他告诉一些读电学的门径”,开尔文便把自己所知道的这方面的知识毫无保留地告诉了麦克斯韦。对此,麦克斯韦在给父亲的信中曾欣喜地谈到开尔文很乐意指教他。二是开尔文创立的类比方法对麦克斯韦影响极大,开尔文在1842年和1847年发表的《论热在均匀固体中的均匀运动及其与电的数学理论》以及《论电力、磁力和伽伐尼的力学表征》两篇论

中,首次提出了自己对光的物质见解,指出“光线可能是球形的物体”(即光的微粒说),并用这种观点解释了光的直线传播,光的反射和折射。这个论点遭到胡克等人反对并引起争论。胡克主张光是一种振动,而且是短促的。他举出金刚石受摩擦或打击时在暗中会发光来说明他的论点,同时认为在均匀媒质中,振动在各个方向以相等的速度因此发光体的每次振动都将形成一个球面,球面在不断扩大,就象石块落水激起的环波越来越大一样。这就是较早提出的光的波动性的概念。惠更斯则在其基础上

文,不但使麦克斯韦认识到类比方法的重要性,而且体验到法拉第的思想与传统的静电理论是协调的。1856年,麦克斯韦发表《论法拉第力线》一文,利用并进一步发展了开尔文的类比方法,用不可压缩的流体的流线类比于法拉第的力线,把流线的数学表达式进一步用到静电理论中,最终创立了电磁理论。

赫兹发现电磁波则是“利用开尔文勋爵在研究电容器放电时所推导出来的数学方程式作为他实验的理论基础,这方程式给出了一振荡回路的振荡周期与电容量和自感量的关系:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

(式中 T 为振荡周期, L 为自感量, C 为电容量)。这样,我们就可以求得波长,并可使之足够小,以便在实验中进行测量。”通过一系列的实验,赫兹终于在1888年发现并证实了电磁波的存在。至此,麦克斯韦总结出的电磁理论,才算最终成型。

可见:开尔文在电磁理论方面的工作是电磁理论发展史上相当重要的一环,起着承上启下的作用。

提出了光的波动性理论,从纵运动的假设入手,他用包迹作图法推导出光的直线传播,反射和折射定律,可用于各向同性介质,也可用于冰州石.惠更斯把光设想为一种冲量,类似球与球间的传递,光是一种冲击波,这种波以非常大但又有限的速度在以太中传播,这种以太由不均匀的,微小的,弹性的,压缩非常紧密的颗粒组成,光就是以太颗粒“运动趋势”的传递,在此基础上,惠更斯提出了次波概念.

这个时期光的微粒说和波动说相争执的焦点主要在光速和光色上.微粒说的代表认为光速是微粒通过真空的空间速度,而波动说则认为光速是光波的速度,考虑到波的传播媒质,就引进了一种传播光波的媒质“以太”.微粒说者指责引进了一种虚假和神秘的物质,同时在解释光色的问题上,微粒说认为不同的色由不同的微粒构成,波动说则认为引进这么多种物质假设不如引进一种物质更方便,各自的色有各自的波长.另外,微粒说者认为按照光的波动理论,把一张纸放在灯的前面,结果在墙上应会产生一个模糊的影子,而实际情况不是这样,当然,波动说一下子就反驳了这个责难,指出当入射波的波长比障碍物及实验所用的小孔小得多时可能会出现光线弯曲的现象,并期待着实验加以验证.实际上当时没有仪器能提供检验,人们还是接受了光的微粒说.

光的波动说被排斥,微粒说被接受主要有以下几方面的因素:微粒说能够用牛顿力学去解释,牛顿思想当时占统治地位;受当时实验条件的限制,人们更愿意直观的,简单的光的微粒说;波动说的以太人们也难以想象;另外,波动说的纵波错误假设,解释不了光的偏振现象,也为排斥波动说找到了一个理由.

自然科学的发展受人类认识水平和物质生产条件的限制,光学发展亦如此.十七、十八世纪,人们只能对光的现象进行收集和经验性的总结,进一步提出光本性的假说,但检验假说的实验条件还不具备,而且,不论是以牛顿为代表的微粒说,还是以惠更斯等为代表的波动说,都是建立在机械认识论基础上的.到了19世纪,

人们开始摆脱机械性的认识思维,随着生产力、生产技术的提高,实验条件也得到了较大的改善,对光本性的认识就进入了一个新时期.

19世纪,托马斯·杨发现通过双缝的光会在光屏上出现明暗相间的条纹(即著名的杨氏双缝干涉实验),提出了干涉理论,且成功地解释了牛顿环.当时人们没有接受杨氏的观点.十多年后,菲涅耳发现了光的衍射现象,提出了衍射理论,与杨氏不同的是菲涅耳采用了波振的概念,发展了次波的概念,形成了新的波动理论.与此同时,杨氏在研究光的偏振现象时对纵波说进行了反思,最后提出了横波说,成功地解释了一直卡在波动说脖子上的偏振疑难,后来菲涅耳等人为光的横向振动理论提供了证明,这样,19世纪光的波动理论就基本确立了.但确立了的波动理论认为光波是一种机械弹性波,机械波传播需要媒质,光波是靠一种“以太”的物质传播,至于以太是什么物质谁也说不清楚.随着真空的获得,人们发现光在真空的传播与声波的传播正好相反,这就使得刚建立的光的机械弹性波动理论又面临挑战.19世纪电磁学发展很快,物理实验大师法拉第在实验中发现光的振动在强磁场中会旋转,从而揭示了光和电磁的联系.这个时期人们对光速的测定也越来越精确,麦克斯韦从理论上指出电磁波以光速传播,赫兹证实了理论的预言.光的电磁波理论也解释了包括光波是横波及光色在内的当时已发现了的光现象.

19世纪末,人们发现用经典理论无法解释黑体辐射能量的分布和光电效应等现象.世纪之初,普朗克提出能量量子化,之后,爱因斯坦在能量量子化的基础上提出了光量子的假说,解释了光电效应,似乎光本性的认识又回到了微粒说,但光量子假说不能解释光的偏振等电磁波理论已经圆满解释了的现象.爱因斯坦对光本性的两种认识作了辩证的思考,大胆提出了光的波粒二象性,认为光同时具有波动性和粒子性,“波”不是惠更斯的波,“粒”不是牛顿所描述的粒,波粒二象性是两个概念的统一,也是对光本性认识的统一,光是一种物质,具有波粒

德布罗意与物质波理论

王较过

(陕西师范大学物理系 西安 710062)

路易斯-维克多·德布罗意(Louis-Victor de Broglie 1892—1987)是法国著名理论物理学家,物质波理论的创立者。德布罗意主要从事理论物理、尤其是关于量子问题的研究,他在该领域取得的重大研究成果为现代物理的发展做出了杰出的贡献。1924年11月,德布罗意在博士论文中阐述了著名的物质波理论,并指出电子的波动性。这一理论为建立波动力学奠定了坚实基础。由于这一划时代的研究成果,使他获得1929年的诺贝尔物理学奖,同时也使他成为第一个以学位论文获得诺贝尔奖金的学者。本文就德布罗意的科学生涯以及他关于物质波的理论作一探讨。

一、德布罗意的科学生涯

德布罗意1892年8月15日出生于法国塞纳河畔的蒂厄浦,是法国一贵族家庭的次子。德布罗意家族自17世纪以来在法国军队、政治、外交方面颇具盛名。祖父J.V.A德布罗意(1821—1901)是法国著名政治家和国务活动家,1871年当选为法国国民议会下院议员,同年担任法国驻英国大使,后来还担任过法国总理和外交部长等职务。

德布罗意从18岁开始在巴黎大学学习理论物理,但是因为打算沿其家族传统,以后从事外交活动,他也学习历史,并且于1909年获得历史学位。由于他哥哥(M.德布罗意)是一位实验物理学家,拥有设备精良的私人实验室,从事物理实验研究。因而德布罗意在学习历史的

同时,受到他哥哥的影响,参与一些物理研究工作。从他哥哥那里德布罗意了解到普朗克和爱因斯坦关于量子方面的工作,这些引起了他对物理学的极大兴趣。经过一番思想斗争之后,德布罗意终于放弃了已决定的研究法国历史的计划,选择了物理学的研究道路,并且希望通过物理学研究获得博士学位。

第一次世界大战期间,德布罗意在军队服役,被分配到无线电台工作,中断了他的理论物理研究。1919年,德布罗意重新回到他哥哥的实验室研究X射线,在这里,他不但获得了许多原子结构的知识,而且接触到X射线时而象波、时而象粒子的奇特性质。德布罗意曾经与其兄就X射线的性质进行了长时间的讨论,他对其兄及其同事们的实验工作发生了浓厚的兴趣。为了对这些现象做出理论解释,1920年,德布罗意重新开始研究理论物理,特别是关于量子问题,他的研究终于取得了可喜成果。1923年9月和10月,德布罗意发表了三篇关于物质波的论文,创立了物质波理论。之后,他投入博士论文的写作,1924年11月他以题为《量子理论的研究》的论文通过博士论文答辩,获得博士学位。在这篇论文中,包括了德布罗意近两年取得的一系列重要研究成果,全面论述了物质波理论及其应用。

德布罗意获得博士学位后,继续留在巴黎大学,他又发表了有关波动力学的有创造性的研究成果,同时担任教学任务。德布罗意在神

二象性。

人类对自然的认识由浅入深、由片面到全面、由现象到本质不断深化。对光本性的认识

也是沿着这个认识规律发展的。在认识发展中,物质生产水平、实验条件起了决定性的作用,同时促进人类认识水平的不断提高。