

[物理故事]

光是波还是粒子

文_赵 峥

赵峥，1967年毕业于中国科技大学物理系，1981年于北京师范大学天文系获硕士学位，1987年于布鲁塞尔自由大学获博士学位。曾任北京师范大学研究生院副院长、物理系主任、中国引力与相对论天体物理学会理事长、中国物理学会理事。现为北京师范大学物理系教授，理论物理博士生导师、教育学博士生导师。



最早对光的本质发表科学见解的人是笛卡尔、胡克和惠更斯。他们认为光是一种波动，是以太的弹性振动。惠更斯把这一认识发展成比较系统的科学理论——波动说。用波动说可以解释光的直线传播、折射、反射和双折射等许多光学现象，但不能说明为什么没有看到光有干涉现象发生。干涉是所有波（例如水波，图1）的共同特点，为何唯独光看不到这种现象？另外，惠更斯认为光波是纵波，因此他的理论也不能解释光学中的偏振现象。

牛顿在研究力学的同时，也对光的本质进行了思考。他认为光不是波动，而是微粒，提出光的微粒说。他把自己的理论写成文章，投给《英国皇家学会会报》。学会的干事长胡克赞同光的波动说，他看了牛顿的文章后，认为牛顿在胡说八道。光怎么可能是微粒呢！光是波动，这个问题已经清楚了。于是他拒绝刊登牛顿的文章。牛顿一气之下，从此再也不给皇家学会会报投稿。所以，牛顿一生发表的论文很少，他的主要研究成果都刊登在他的2本巨著《自然哲学之数学原理》（45岁时发表）和《光学》（65岁时发表）中。当然，还有一些牛顿的短文流传于世，例如《论运动》等。不过这些文章实际上都取自牛顿与友人或同行的通信，而不是专门的科学论文。牛顿常常在信中长篇大论，议论自己的科学观点和成果，后人便把这些内容一段段截取下来，作为短文刊登出来。

刚开始，光的波动说稳如泰山。因为当时的牛顿毕竟还是个小人物，比不上已经名闻学术界的笛卡尔、惠更斯和胡克。所以牛顿的微粒说影响不大。知道牛顿观点的人不多，而且知道的人也不大相信。

有趣的是，牛顿在光学实验中观察到的“牛顿环”现象，实际上就是光的干涉现象，但牛顿没有认识到这一点，仍然用光的微粒说解释这一现象。波动说的拥护者也没有抓住这一点来反击微粒说。

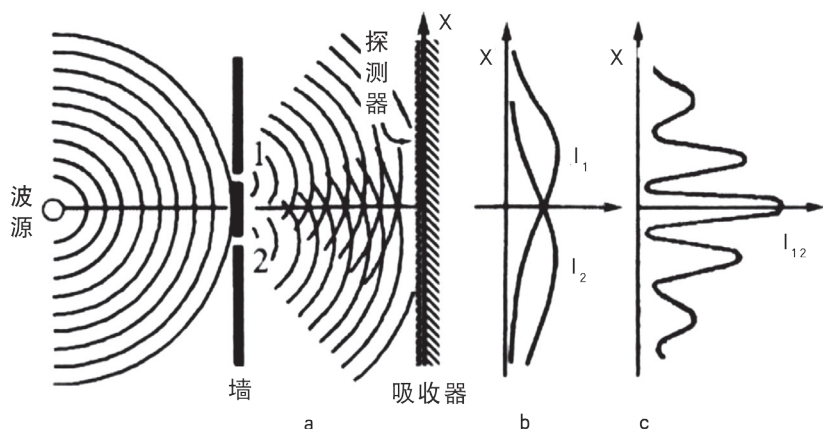


图1 水波的双缝干涉

后来,随着牛顿在力学研究上的巨大成功,他光学方面的观点也越来越被大家重视。大家想,牛顿这么伟大,他的力学理论这么完美,光学理论也肯定有道理。何况光的波动说无法说明为何看不到光的干涉现象,而微粒说没有这个困难,微粒流当然不会有干涉现象。

这样,光的微粒说就战胜了波动说。在光究竟是波还是粒子的争论中,微粒说赢得了第1个回合。

牛顿的微粒说统治了光学100多年,直到1801年情况发生了逆转。那一年英国青年科学家托马斯·杨完成了双缝干涉实验,证实了光不是微粒而是波。他发展了惠更斯的波动理论,进一步指出,光波与声波不同,声波是纵波,而光波是横波,从而解释了光波的偏振现象。

英国人托马斯·杨(Thomas Young)是历史上有名的神童、才子,2岁就能读书,4岁时将《圣经》通读了2遍。他14岁时已通晓拉丁语、希腊语、法语、意大利语、希伯来语、波斯语和阿拉伯语等多种语言,还会演奏多种乐器。他在物理、化学、生物、医学、天文、哲学、语言、考古等领域都有贡献。托马斯·杨先当医生,研究视觉,发现了眼睛散光的原因,转而研究光学,完成了光的双缝干涉实验。他认识到光是横波,并提出了颜色的三色原理。此

后他又破译了埃及的拉希德石碑上的一些文字,对考古学作出了重大贡献。

考虑到牛顿在学术界和英国人民心中的神圣地位,托马斯·杨在阐述自己的光学工作时小心翼翼,他说:“尽管我仰慕牛顿的大名,但我并不因此非得认为他是百无一失的,我……遗憾地看到他也会弄错,而他的权威也许有时会阻碍科学的进步。”

尽管托马斯·杨是个有名的神童,而且他在挑战光的微粒说时小心谨慎,一再声明他对伟大牛顿的敬仰,但还是遭到了抨击。有人指责他的文章没有任何价值,他的实验根本称不上是实验,他的干涉理论“荒唐”而且“不合逻辑”。在一二十年间,托马斯·杨的工作没有人支持,他的论文很难发表。他不得不自费印了一些小册子来传播自己的成果,但仍几乎无人理睬。

但是物理学是一门实验的科学、测量的科学,事实胜于雄辩,经过十几年的努力,学术界终于承认了光的波动说,摒弃了伟大牛顿提出的微粒说。这样,在波动说与微粒说的斗争中,波动说赢得了第2个回合。

麦克斯韦从小就好奇心很强,问题多得不得了,而且经常坚持自己的看法,很难说服他。麦克斯韦的父亲对此很高兴,他知道,强烈的兴趣和求知欲,是孩子成才的最好动力。正如一位学者所

说:“毅力,勤奋,入迷和忘我的出发点,实际上在于兴趣。有了强烈的兴趣,自然会入迷,入了迷自然会勤奋,有毅力,最终达到忘我。”

麦克斯韦19岁进入剑桥大学学习,这是一所不断涌现科学明星的大学,牛顿和达尔文都毕业于此。他在学校里显现出很高的数学、物理才华,毕业后留校工作,致力于电磁学的研究。

29岁时,麦克斯韦拿着自己的论文贸然登门拜访了年近七旬的法拉第,虚心向他求教。法拉第肯定了他真是理解自己电磁学说的人。法拉第鼓励他说:“你的论文是一篇出色的文章,但你不应局限于用数学来解释我的见解,而应该突破他。”麦克斯韦大受鼓舞和启发,决心自己也要像牛顿那样,“站在巨人的肩上”去摘取新成果。不久之后,他就总结前人的众多成果,如库仑定律、安培定律、比奥-萨伐定律、电磁感应定律等,进一步把法拉第的电力线、磁力线思想,用严密的数学发展成一套完备的电磁方程组,即今天的麦克斯韦电磁理论。这一成果,使麦克斯韦成为当时继牛顿之后最伟大的物理学家。

麦克斯韦的理论是正确而伟大的。除去总结归纳了前人的成果外,麦克斯韦还提出了“电势”和“磁势”的概念。长期以来,人们认为只要用电场强度和磁场强度这2个概念,就足以描述电磁理论,电势和磁势可有可无,最多也就是在某些场合下用起来方便一些。不过,近年来规范场论的研究表明,电势和磁势还藏有电磁场强没有包含的重要信息。

另外,麦克斯韦发现电磁场变化的波动,即电磁波,是以光速传播的。他正确地认识到了光波就是电磁波,大大推动了光学研究。

现在,人们看到了光波的本质。光不仅是“波动”,而且本质是一种电磁现象,是电磁波,从而进一步推进了光的波动说。■