

托马斯·杨与杨氏干涉实验*

刁述妍 鲁运庚

(山东省临沂教育学院, 山东临沂 276001)

摘要 文章介绍了托马斯·杨在物理学史上的贡献,以及作为一名多才多艺的科学家在其他科学领域中取得的成就,同时介绍了杨作为一名科学家具有的高尚道德品质。

关键词 杨氏干涉实验,波动说

1 前言

牛顿《光学》出版后的近百年间,人们对光学的认识几乎是停滞不前的,没有取得什么实质性的进展。直到19世纪,光学研究才获得飞跃性发展,推动这一发展的正是英国物理学家托马斯·杨对光的波动说的复兴。1999年5月10日,是托马斯·杨逝世170周年,写此短文以表纪念。

2 生平简介

托马斯·杨(Thomas Young, 1773—1829), 1773年6月13日出生在英国萨默塞特郡米菲尔顿城的一个富裕的教友派家庭。在少儿时期,托马斯·杨就表现出惊人的才华。2岁时能流畅地读书,4岁时已连续读了两遍《圣经》,并能背诵许多英国诗人的作品。八九岁时掌握了车工手艺,能制作多种物理仪器。14岁时已熟悉微分学。在语言学方面,托马斯·杨学会了希腊语、拉丁语、法语、意大利语及阿拉伯语等文字。19岁时,杨到伦敦学习医学,但对医学的兴趣不大。后来转到爱丁堡、哥廷根、剑桥大学继续学习。学习期间主要的兴趣放在物理学尤其是光学和声学上面。在剑桥求学时人们送给他一个绰号“怪才托马斯·杨”。1796年获哥廷根大学

博士学位。1797年,托马斯·杨的叔父去世后给他留下一大笔遗产,这为其日后安心从事物理学研究提供了条件。1799年,托马斯·杨从萨默塞特郡移居伦敦,开设了一家诊所,以行医为职业。作为医生,托马斯·杨并不成功,也不大受人欢迎,但也取得了一定的成绩。如,他曾研究过动脉中脉搏波的传播,第一个用力学方法导出脉搏波的传播速度公式。1802年,托马斯·杨应邀担任英国皇家学会的外事秘书。1807年任皇家学院自然哲学(在当时自然哲学是物理学的别称)教授,曾三次主持该院的贝克莱讲座。1818年兼任经度局秘书,领导《海事历书》的编辑出版工作,1829年5月10日去世^[1]。

托马斯·杨兴趣广泛,涉猎多种学科。在生理学、光学、声学、考古学以及文学艺术等许多学科领域中都有所建树。例如:杨测量过分子的大小和液体的表面张力;研究过物质的弹性变形,首先引入物体的“能量”一词来代替“活力”;1807年引入表征弹性的量,用以表示弹性的数学方程式中的常数,即杨氏模量。英国力学家A. E. H. 乐甫认为,杨氏模量的引入是科学史上的一个新纪元^[2]。

在生理学上,托马斯·杨发现眼球是以调节晶状体曲率的变化来调节不同距离物体的焦点。1801年发现散光的原因。在研究色感时发

* 1998-05-15收到初稿,1998-10-12修回

现,眼球不需要对每种颜色都有一个机构,因为视网膜中有三种光谱敏感峰分别在红色、绿色、蓝色区域的感觉细胞,这三种细胞发出信号经过神经系统的分析处理引起不同的颜色感觉^[3].就是说,只要有三原色(红色、绿色、蓝色)就可以构成全部彩色.这一理论后来被德国物理学家冯·亥姆霍兹(Herman-Ludwig Ferdinand von Helmholtz,1821—1894)加以发展,创立了杨-亥姆霍兹三色理论,这一理论是现代绘画、印刷、电视、照像等技术的基本原理.

杨在物理学史上影响最大的就是杨氏干涉实验.

3 杨氏干涉实验

杨氏干涉实验,又称为杨氏双缝干涉实验,是著名的双光束干涉实验之一.杨在研究光学时发现,声音和光有类似之处.1800年,杨在发表的“关于声和光的实验与研究提纲”论文中指出,光的微粒说存在着两个缺点:一是既然发射出光微粒的力量是多种多样的,那么,为什么又认为所有发光体发出的光都具有同样的速度?二是透明物体表面产生部分反射时,为什么同一类光线有的被反射,有的却透过去了呢?^[4]杨认为,如果把光看成类似于声音那样的波动,上述两个缺点就会避免.

1801年,杨在英国皇家学院贝克莱讲座上,作了名为“光和色的理论”的讲演.1802年,该文在《皇家学会哲学会刊》上发表.在论文中,杨提出了声波的叠加原理,即由于叠加的结果,声音可能加强,也可能减弱.杨在观察两组水波交叠处发生的现象时发现,“...一组波的波峰与另一组波的波峰相重合,将形成一组波峰更高的波.如果一组波的波峰与另一组波的波谷相重合,那么波峰恰好填满波谷...”^[5].在此基础上,托马斯·杨以假说的形式论述了光的波动理论,即:(1)密度极低、具有很大弹性的以太充满整个宇宙;(2)以太渗透到一切物体中去,在物体周围,以太的密度增大;(3)发光体在以太中激发起波动,光的颜色取决于光波动的频率.托

马斯·杨提出的光“以太”假说,与惠更斯提出的、欧勒发展的光“以太”假说相比要更完善一些.欧勒的光“以太”假说因为缺乏实验依据,没有能动摇当时占统治地位的、牛顿倡导的光微粒说.

为了证明光是波动的,杨在论文中把“干涉”一词引入光学领域,提出光的“干涉原理”,即“同一光源的部分光线当从不同的渠道,恰好由同一个方向或者大致相同的方向进入眼睛时,光程差是固定长度的整数倍时最亮,相干涉的两个部分处于均衡状态时最暗,这个长度因颜色而异”^[6].杨氏对此进行的实验,称为“杨氏干涉实验”或“双缝干涉实验”.该实验可表述如下:

用日光照明,从点光源S发射出的窄的日光呈球面波形状,通过不透明屏B上的两个针孔 S_1 和 S_2 (目前用单缝代替点光源S处的针孔,用双缝代替小孔 S_1 和 S_2 ,单缝和双缝相互平行),再把一个不透明屏C放在屏B后面.当穿过针孔的光线在屏C上互相重叠时,就有一种颜色鲜亮的光带出现,这些光带是由于从两个针孔光源处出来的同类光波互相叠加(即干涉)而形成的.在两个波峰相遇的地方,我们看到的是光亮;而在一个波峰和一个波谷相遇的地方,我们见到的则是黑暗.用数学语言表达就是:凡是从两条狭缝出来的光路程的差是一个波长或一个波长的整数倍的地方,我们就得到光亮;而在这个差为半波长的奇数倍的地方,我们得到的则是黑暗.如图1所示.

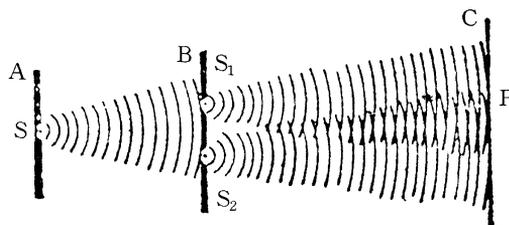


图1 杨氏干涉实验

理论计算表明,从光源 S_1 和 S_2 发出的光波在观察屏C上某点产生的光强为

$$I = 4 I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2},$$

式中 S_1 和 S_2 发出的光波在观察点的位相差. 两光波在观察屏 C 上的不同点有不同的位相差, 因而屏上各点的光强不同. 在 $\delta = 2m$ ($m = 0, \pm 1, \dots$) 处, 光强最大; 而在 $\delta = (2m + 1)$ ($m = 0, \pm 1, \dots$) 处, 光强为零^[7,8].

1803 年 11 月 24 日, 托马斯·杨在《哲学学报》上发表了“关于物理光学的实验和计算”一文, 对“干涉原理”作了进一步的论述. 指出, 光的条纹的出现并不像牛顿所说的那样, 是由物质和光的相互作用或光的“激化”产生的, 而是完全由于自由光线的叠加(干涉)所致. 杨用干涉原理成功地解释了牛顿环现象. 在对牛顿环的测定中, 杨计算了各种颜色对应的波长和频率. 红色光的波长为 $0.7\mu\text{m}$, 对应的频率是 $4.82 \times 10^{14} \text{ Hz}$. 紫色光的波长为 $0.42\mu\text{m}$, 对应的频率为 $7.07 \times 10^{14} \text{ Hz}$. 在该文中, 杨还指出, 把光看成是纵波不能说明偏振光现象. 但自己又不能给出满意的解释, 结果受到当时一部分人的嘲笑. 直到 1817 年, 杨才提出光波是横波的思想, 用横波可以说明偏振光现象.

在“关于物理光学的实验和计算”一文中, 杨还提出一个假说, 即光的传播速度从一种介质到另一种更稠密的介质是更大还是更小的问题, 这是区分光的波动说与光的微粒说哪一个正确的关键. 杨没有能以实验来证实. 1849 年, 法国物理学家斐索 (A. H. L. Fizeau, 1819—1896) 提出了进行这一决定性实验的方法. 1850 年, 由傅科 (J. B. L. Foucault, 1819—1868) 进行了决定性的实验, 使光的波动说有了实验依据, 并最终证实光的波动说是正确的.

杨的光波动学说对后世影响极大. 但在当时并没有得到人们的重视, 反而遭到种种粗暴的攻击, 认为杨“是一个口出狂言的梦呓者”^[9], 他的文章“没有值得称之为是实验或是发现的东西”, “没有任何价值!”所以, “暂时不能接受这个作者无能的学究气的作品”^[10]. 当时刚创刊的、极受欢迎的评论杂志《爱丁堡评论》的主编、进步评论家布罗安 (H. P. Brougham, 1778—1868) 竟然也在攻击杨的人群之中. 他抓住杨的观点中的缺点进行粗暴的

攻击, 把杨氏观点说成是一种梦想^[11]. 更有甚者认为, 杨的光波动说“除了阻碍科学的进展以外不会有别的效果”, 干涉理论是“荒唐”的, “不合逻辑的”^[10]. 以上种种攻击的出现, 除牛顿的光微粒说占绝对统治地位, 人们的思想保守并屈从于权威外, 杨的光波动理论本身也存在着缺陷. 如, 光波动说的推论经常依赖于类比, 没有能以大量的数字计算来证明自己的解释, 也没有能给出波动理论以最后的数学形式. 杨氏理论的缺陷后来被菲涅耳 (Augustin Jean Fresnel, 1788—1827) 弥补, 才使光的波动说得以确立.

4 谦逊助人

托马斯·杨有着科学家那种谦逊助人的高尚品质, 试举几例如下:

库仑 (Charles - Augustein de Coulomb, 1736—1806) 曾写过一篇“论极大极小法则对建筑有关的静力学问题的应用”, 1773 年递交法国科学院, 由于库仑不是科学院的院士, 该文没有引起人们的重视. 杨见到这篇文章后给予很高的评价, 指出: 库仑论内粘学的那篇论文“所阐发的观点准确而又有独创性, 论证清晰而又简洁, 而且结果可以实际利用”, 杨称赞库仑独创地引入极大极小作为静力学问题的判据, 这个方法很快就得到广泛应用, 而且在今天的价值仍不减当年^[12]. 可以说, 库仑的著作仅仅是通过杨才引起英国工程师们的注意, 而杨却不是一位工程师. 也许只是由于托马斯·杨的作用, 库仑的著作才取得其在建筑技术历史上应有的地位^[12].

1789 年, 朗福德伯爵 (原名 Benjamin Thomson, 1753—1814) 在其实验报告中说, “我们在对这个问题下结论时, 决不能忘记在该实验中由摩擦而产生的热的源泉是取之不尽的. 被绝缘了的物体能够无限地给予某种热能, 毫无疑问这是来自实体本身. 对于这个实验中所产生和传导的热能, 要绘制出一定的表象是不可能的. 这一热能的产生必然是运动.”^[13]强

调热是一种运动,在当时遭到许多人的攻击.因为热的运动学说与光的波动说有关,所以,托马斯·杨在当时公开支持朗福德伯爵的热运动学说.

在光波动说被菲涅耳证实后,杨与菲涅耳之间没有发生优先权的争论.菲涅耳在写给杨的信中表示了对杨的尊敬.杨在1819年10月16日写给菲涅耳的信中也表示出对菲涅耳的敬意,“先生,我为您赠送我令人敬羨的论文表示万分感谢,在对光学进展最有贡献的许多论文中,您的论文确实也是有很高的地位的”^[14].

5 结束语

有人说过,托马斯·杨给人的印象是才华出众,有些设想也很有见地,却没有能把这些设想变为现实,他应该也有能力做到的,却没有去做.即使在光学领域中,杨也应该做得更好一些,却因为流言蜚语而中断了光学的研究.难怪有人说:杨是一位辛勤的播种者,而菲涅耳则是一个坐享其成的收获者^[15].

但不管怎么说,杨对物理学的贡献是相当重要的.正如爱因斯坦(Albert Einstein, 1879—1955)所说:光的波动说的成功,在牛顿物理学体系上打开了第一道缺口^[16],揭开了现今所谓的场物理学的第一章^[17].仅此一点,托马斯·杨在物理学史上也应占有一席之地,并永远值得人们纪念.

(上接第191页)

熟练掌握必需的数学工具,培养自己解决实际问题的能力.

限于篇幅和原讲稿写作的年代,本书未涉及一些问题的讨论.例如,威耳逊关于临界现象的重正化群理论,由非线性效应引起的力学系统和热力学系统的稳定性理论.然而,有志于钻研这些问题的人将会发现,学习本书,在物理思

参 考 文 献

- [1] (苏) A. 赫拉莫夫编著,梁宝洪编译,世界物理学家词典,湖南教育出版社,(1988),385.
- [2] 中国大百科全书,力学卷,中国大百科全书出版社,(1985),1808.
- [3] 中国大百科全书,物理学,中国大百科全书出版社,(1987),918.
- [4] (日) 重 著,祁关泉等译,物理学史,上海教育出版社,(1985),156.
- [5] 钟霄修编著,物理学史,浙江教育出版社,(1985),174.
- [6] (日)大森实著,林子元译,物理学史话,河北人民出版社,(1985),169.
- [7] 科学出版社名词室编,物理学词典(上册),科学出版社,(1988),4-77.
- [8] Sybil P. Parker, McGraw - Hill Encyclopedia of Physics, New York, (1985),478,473—474.
- [9] 潘永祥、王锦光主编,物理学简史,湖北教育出版社,(1990),331.
- [10] 张瑞琨主编,近代自然科学史概论(中册),华东师范大学出版社,(1988),40.
- [11] (日) 重 著,祁关泉等译,物理学史,上海教育出版社,(1985),158.
- [12] (英)沃尔夫著,周昌忠等译,十八世纪科学、技术和哲学史,商务印书馆,(1991),611.
- [13] (日)大森实著,林子元译,物理学史话,河北人民出版社,(1985),110.
- [14] 张瑞琨主编,近代自然科学史概论(中册),华东师范大学出版社,(1988),43.
- [15] Justin Wintle, Makers of Nineteenth Century Culture 1800—1914, London, (1982),683.
- [16] (英)W. C. 丹皮尔著,李珩译,科学史,商务印书馆,(1989),307.
- [17] (英)W. C. 丹皮尔著,李珩译,科学史,商务印书馆,(1989),308.

维和数学能力方面得到的训练将为他们提供一个极好的基础.

最后,应当赞美的是本书印刷出版质量的精美.这对于一本包括许多复杂数学公式的著作尤其难以做到.当然,仍然可以发现少量刊误或笔误之处.不过,细心的读者当不难从上下文看出,并自行加以改正.