

科学素养文库·科学元典丛书



挑战牛顿光学

光论

Treatise on Light

[荷兰] 惠更斯 著



科学元典是科学史和人类文明史上划时代的丰碑，是人类文化的优秀遗产，是历经时间考验的不朽之作。它们不仅是伟大的科学创造的结晶，而且是科学精神、科学思想和科学方法的载体，具有永恒的意义和价值。



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

科学素养文库·科学元典

043/48

2007

光论

Treatise on Light

[荷兰] 惠更斯 著 蔡勖 译



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

光论/(荷兰)惠更斯著;蔡勛译. —北京:北京大学出版社,2007.10

(科学素养文库·科学元典丛书)

ISBN 978-7-301-09553-9

I. 光… II. ①惠…②蔡… III. 光学 IV. 043

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 096670 号

书 名: 光论

著作责任者: [荷兰]惠更斯 著 蔡 勛 译

丛书策划: 周雁翎

丛书主持: 陈斌惠

责任编辑: 陈斌惠

标准书号: ISBN 978-7-301-09553-9/K·0403

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: zyl@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62767346 出版部 62754962

印 刷 者: 北京中科印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 16 插页 210 千字

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

《光论》导读

蔡 勖

• *Chinese Version Introduction* •



光是粒子还是波？17 世纪以来，以惠更斯和牛顿为代表，发生了一场关于光的本性问题的旷日持久的争论。这场争论奠定了近代物理学的基础。

2004年4月,在惠更斯的家乡荷兰海牙附近的航天城,欧洲航天技术研究中心召开纪念惠更斯诞生375周年的“泰坦—从发现到相遇”国际会议,研究当年到达土卫六(泰坦)的“惠更斯”号探测器价值非凡的发现。这是惠更斯1655年用光学望远镜发现土卫六最具深远意义的贡献。

2004年4月13至17日,在克里斯蒂安·惠更斯的家乡荷兰海牙附近的航天城(诺德魏克),召开了一次非同寻常的国际会议。诺德魏克是欧洲航天技术研究中心(ESTEC),即欧洲航天局的航天器和航天技术研发和测试基地。ESTEC举办的这次国际会议被命名为“泰坦(Titan)—从发现到相遇”,以纪念惠更斯(1629—1695)诞生375周年。惠更斯一生从事科学研究,其中最重要的贡献之一是在光学领域。他改进了望远镜,并于1655年用新望远镜发现了土卫六,从此闻名于世。泰坦是惠更斯当时给土卫六所取的名字。

2004年对于生活在地球上的人类来讲,是人类太空探索中具有里程碑意义的一年。经过长达7年跨越35亿千米的遥远太空飞行后,由美国国家航空航天局、欧洲航天局和意大利航天局合作建造的行星探测器“卡西尼-惠更斯(Cassini-Huygens)”号进入了土星轨道。“卡西尼-惠更斯”号土星探测器是人类迄今发射的规模最大、复杂程度最高的行星探测器。“卡西尼”号探测器以意大利出生的法国天文学家、土星光环环缝的发现者卡西尼的名字命名,其任务是环绕土星飞行。“惠更斯”号探测器是“卡西尼”号飞船携带的子探测器,它以荷兰物理学家、天文学家、数学家、土卫六的发现者惠更斯的名字命名,其任务是深入土星最大的卫星土卫六的大气层,对土卫六进行实地考察。

环绕着美丽的光环和数十颗卫星的土星是一个迷人的世界。在2006年8月24日国际天文学联合会大会表决的5号决议确定的金星、土星、木星、水星、地球、火星、天王星、海王星等八大经典行星中,土星略小于木星,形成于40亿年以前,主要由气体组成。它是目前所知密度唯一小于水的行星。土星有强大的磁场和狂风肆虐的大气层。在环绕土星运行的47颗卫星中间,土卫六是最大的一颗,也是太阳系中的第二大卫星。土卫六比水星和月球都大,是太阳系中唯一拥有浓厚大气层的卫星。土星一向以美丽而壮观的光环而闻名,尽管它不是太阳系中唯一拥有光环的行星,但唯有土星的光环能在地球上用小型望远镜观测。土星的周围有数百条光环,可能是彗星、小行星或卫星在接近土星时被撕碎的碎片。光环由数以亿计小如灰尘大如磐石的冰块和石块组成,各自以不同的速度环绕土星运行。这些光环如此巨大,以至于它们几乎可以填满从地球到月球那样辽阔的空间。几个世纪以来,土星及其光环困惑着也吸引着观测它的地球上的人类。

“惠更斯”号于1997年10月15日,由“卡西尼”号飞船携带从美国肯尼迪航天中心发射升空。“卡西尼”号轨道器将环绕土星及其卫星运行4年之久,而“惠更斯”号探测器将会深入土卫六浓雾包围的大气层并在其表面着陆。“卡西尼-惠更斯”号已于2004年7月1日到达土星,已开始使用雷达测量土卫六表面地形的工作。“卡西尼”探测器在2004年

◀卡西尼-惠更斯号发射升空。

11月26日飞跃到土卫六上方,拍摄了很多高分辨率的土卫六表面图像,展现了人眼从来没有见过的明暗斑块。“惠更斯”号于2004年12月25日同卡西尼号飞船分离,并于2005年1月14日进入土卫六大气层进行详细探测。欧洲航天局于2005年1月14日操控“惠更斯”号探测器,成功地登陆了土卫六。

欧洲航天局的科学家们对“惠更斯”号发回的价值非凡的数据处理后发现,土卫六的大气条件与38亿年前的地球大气相似,而且土卫六表面有甲烷河流、湖泊以及冰块存在的痕迹。这些说明,在遥远的未来,土卫六上很可能会出现生命。倘真如此,那才是惠更斯1655年用光学望远镜发现土卫六的深远意义!

一、惠更斯之前的时代:文艺复兴

惠更斯出生于17世纪初的荷兰海牙。他作为著名的物理学家、天文学家和数学家的出现,乃是一个伟大时代的产物,具有极其深刻的历史背景。在惠更斯之前的14世纪至16世纪,正是欧洲从中古代到近代的划时代的分界。

14世纪至16世纪这个时期,被西方史学界称为古希腊和古罗马帝国文化艺术的复兴,即所谓的文艺复兴时期。文艺复兴发端于14世纪的意大利,以后扩展到欧洲各国,由此兴起的思想文化运动,引发了科学与艺术的革命,于16世纪达到鼎盛。

14世纪起,随着手工业和商品经济的发展,资本主义生产关系已在欧洲的封建制度内部逐渐形成。又随着在政治上民族意识的觉醒,封建割据引起普遍不满,欧洲各国民众表现了要求民族统一的强烈愿望。于是在文化艺术上,也开始出现了反映新兴资本主义势力利益的新需求。新兴资产阶级将希腊和罗马的古典文化抬举为光明发达的典范,而把中世纪文化叱责为倒退。他们口头上宣称复兴古典文化,其实是力图对知识和精神来一次空前的解放与创造。当时意大利城市林立,分裂成许多独立或半独立的国家,各国统治者耽于享乐,信奉新柏拉图主义,崇尚艺术家描绘的世俗生活,希望摆脱宗教禁欲主义的束缚。与此同时,罗马教廷走向腐败,教皇的享乐程度远胜于世俗统治者,客观上允许艺术偏离正统的宗教教条。而宗教激进主义,正力图摒弃正统宗教的经院哲学,开始歌颂自然的美和人的精神价值,酝酿了宗教改革的前奏。文艺复兴时期的艺术歌颂人体美。即使仍以宗教故事为题材的一些绘画和雕塑,也开始表现世俗人的场景,将神拉到了地上。人文主义者开始用研究古典文学的方法来研究圣经,将圣经翻译成本民族的语言,导致了宗教改革运动的兴起。人文主义歌颂世俗、蔑视天堂,标榜理性、取代神启,提倡个性、追逐自由,企求把“人”的思想、感情和智慧从神学的束缚中解放出来,坦承“人”是现世生活的创造者和享受者。

文艺复兴的另一个重要的直接原因是,1453年,东罗马帝国首府君士坦丁堡被奥斯曼土耳其人攻陷,大批受到东方文化影响并保留古罗马帝国精神的人,逃往意大利,带来许多新思想和新艺术。在意大利,文艺复兴运动的第一个代表人物是但丁,其代表作为《神曲》。他的作品以地方方言,而不是采用作为中世纪欧洲正式文学语言的拉丁文进行创作,批判了中世纪宗教统治的腐败和愚蠢,揭露了违背自然压制人性的中世纪宗教统

治。但丁的《神曲》、意大利民族文学的奠基者薄伽丘的《十日谈》、意大利政治家马基雅维利的《君主论》、法国文艺复兴民主派的代表拉伯雷的《巨人传》等,还有英国的代表人物托马斯·莫尔和莎士比亚。托马斯·莫尔是著名的人文主义思想家,是空想社会主义的奠基人,1516年用拉丁文写成的《乌托邦》,成为空想社会主义的第一部作品。在西班牙,最杰出的代表人物是塞万提斯和维加。塞万提斯是现实主义作家、戏剧家和诗人,他的长篇讽刺小说《堂·吉珂德》最著名。维加是西班牙民族戏剧的奠基人,被誉为“西班牙戏剧之父”,是世界上罕见的多产作家,最杰出的代表作是《羊泉村》。这些代表作品集中体现了人文主义思想:主张个性解放,反对中世纪的禁欲主义和宗教观;提倡科学文化,反对蒙昧主义;肯定人权,反对神权;拥护中央集权,反对封建割据。

由于东罗马帝国灭亡,整个中东及近东地区全部成了穆斯林的天下,因而欧洲人从此不能再向他们的前辈那样,利用君士坦丁堡的特殊地理位置,通过波斯湾前往中国、印度和香料群岛(即印度尼西亚的马鲁古群岛、班达群岛),也不能再直接通过这个位于博斯普鲁斯海峡的巨大港口来获得他们日益依赖,特别是需求量巨大的丝绸、香料等。欧洲人必须找到一条新的贸易路线。那时的欧洲人的地理知识的相当匮乏。他们对世界的认识,仍然建立在圣经的基础之上。他们所知道的世界并不比上千年前的古罗马人或古希腊人多。他们不知道美洲、大洋洲和南极洲。抢在最前面的可能是葡萄牙殖民者。1498年,葡萄牙探险家达·伽马完成了绕道南非好望角进入了印度洋的航行。葡萄牙于1511年,控制了沟通太平洋与印度洋的马六甲海峡,在班达群岛建立了香料贸易基地;于1512年,霸占马鲁古群岛。对于葡萄牙来说,发现通往东方的新航路,既是东西交通史上的创举,又是其后100年辉煌的霸权之开端。之后,西班牙人和荷兰人接踵而来。经过激烈争夺,到17世纪时,马鲁古群岛落入荷兰的东印度公司手中。西班牙航海家哥伦布的航行,目的也是寻找通往东方新航路,寻找出产香料的东印度群岛。但他没有达到这个目的,1492年10月12日却“发现”了新大陆。这一天后来被北美洲、南美洲和加勒比海地区的国家确定为发现美洲的纪念日。为西班牙政府效力探险的葡萄牙人麦哲伦于1519—1521年率领船队,进行了首次环球旅行。

需要指出的是,以上那些所谓“地理大发现”,只是欧洲人当时的眼光,而不是人类历史上真正的第一次发现。历经14年的潜心研究,英国皇家海军退役军官孟席斯于2002年11月出版578页的专著《1421年:中国发现了世界》。他于2003年在英国伦敦皇家地理学会上做出了“中国明朝航海家郑和率领的舰队首次完成了环球航行”、“郑和是环球航行的第一伟人”的结论。1421年,即明成祖永乐十九年,中国人发现美洲大陆,早于哥伦布70年;中国人发现澳洲,先于库克船长350年;中国人到达麦哲伦海峡,比麦哲伦的出生还早60年。

今天的许多历史学家认为,文艺复兴代表了理性思考和思想的巨大变化一个新时代,一个与中世纪“黑暗时代”彻底决裂的时代。正因为如此,在文艺复兴时期,欧洲的天文学、数学、物理学、生理学和医学才能取得了重大突破。波兰天文学家哥白尼1543年出版《天体运行论》,提出了与托勒密的地心说体系不同的日心说体系。意大利思想家布鲁诺在《论无限性、宇宙和诸世界》、《论原因、本原和统一》等书中宣称,宇宙在空间与时间上都是无限的,太阳只是太阳系而非宇宙的中心。意大利物理学家伽利略1609年发

明了天文望远镜,1610年出版了《星际使者》,1632年出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》。德国天文学家开普勒通过对其导师丹麦天文学家第谷的观测数据的研究,在1609年的《新天文学》和1619年的《世界的和谐》提出了行星运动的三大定律,判定行星绕太阳运转是沿着椭圆形轨道不等速运动的。意大利人卡尔达诺在他的著作《大术》中发表了三次方程的求根公式;四次方程的解法由卡尔达诺的学生费拉里发现;邦贝利在他的著作中阐述了三次方程不可约的情形,并使用了虚数。法国数学家韦达确立了符号代数学,1591年出版的《分析方法入门》第一次使用字母来表示未知数和已知数。韦达还建立了现代称谓的韦达定律,给出了二次和三次方程的根与系数的关系。德国数学家雷格蒙塔努斯的《论各种三角形》作为欧洲第一部独立于天文学的三角学著作,给出了三角函数表。哥白尼的学生雷蒂库斯在重新定义三角函数的基础上,制作了更精密的三角函数表。伽利略通过多次实验发现了落体、抛物体和振摆三大定律。他的学生托里拆利经过实验证明了空气压力,发明了水银柱气压计。法国科学家帕斯卡尔发现液体和气体中压力的传播定律。英国科学家波义耳发现气体压力定律。比利时医生维萨留斯发表《人体结构》一书,对盖伦的“三位一体”学说提出挑战。西班牙医生塞尔维特发现血液的小循环系统,证明血液从右心室流向肺部,通过曲折路线到达左心室。英国解剖学家哈维通过大量的动物解剖实验,发表《心血运动论》等著作,系统阐释了血液运动的规律和心脏的工作原理,成为近代生理学的鼻祖。

古时候,建筑堰渠、宫殿和寺庙的人们,其实已掌握一些今天被称为物理学的知识。然而工艺技术的应用,并不是有意识的物理学。即使像古埃及、古希腊已发展出并应用了某些较高级度的数学,例如阿基米德的静力学,用现代标准差不多可以称作物理学,但古人并没有建立起相应的科学学说。科学和技术密切相关,它们是人类认识自然和改造自然的统一过程。科学是关于自然规律性的知识体系,是人类对自然的理解和认识。技术是关于工具、设备、经验和工艺的应用体系,是人类为特定的生产目而采用的各种手段的总称。近代以前,科学和技术的水平都很低,科学不能直接地影响生产,而生产也没有迫切地需要科学成果。当时的技术直接来源于工匠们在长期生产实践中积累起来的经验和手艺。回顾一下14世纪到16世纪历史,尽管从中找不出多少按现代意义称做科学的东西,却也能感受到真正重大的科学精神和科学方法的进步。这是由惠更斯之前的科学大师伽利略,在认识到实验观测与数学模型相结合才取得的。

到伽利略之后,由于技术不断地趋向复杂、精密和综合,又由于新工具和新设备的使用,人类拓宽了前所未有的眼界,揭示出了前所未有的宏观世界和微观世界的奥秘。随之而来的,则是以惠更斯、牛顿为代表的经典物理学家们,在自然界探索上的前所未有的追求,以及对自然界认识上的前所未有的飞跃。

二、处于大师们之间的惠更斯

历史上第一次成功举行的资产阶级革命是16世纪荷兰的尼德兰革命。这场革命导致了荷兰共和国的独立,对当时普遍还处于封建专制制度统治下的欧洲,具有重要的历

史意义。荷兰人通过英勇顽强的斗争获得胜利,使他们认识到自身的能力与价值,因此,荷兰许多思想家和艺术家越来越关心,如何表现人的自尊心和自信心,如何反映人的现实生活和情感愿望。到17世纪前期,荷兰不仅经济繁荣、文化昌盛,而且有较为广泛的言论自由与信仰自由,致使其他国家受迫害的异教徒纷纷逃到荷兰避难,许多学者到荷兰著书立说。至1645年,荷兰已建有6所著名的大学,包括惠更斯求学的莱顿大学。惠更斯在莱顿大学时的数学教授休顿(1615—1660)是一位重要的数学家,微积分的发明者牛顿就因阅读他的著作而受其影响。在荷兰还出现了最早的定期学术刊物,更促进了科学和技术的迅速发展。在这样一种全新的文化和科学气氛中,产生了许多杰出的思想家、艺术家和科学家。

惠更斯恰好是在这样的时代背景下,于1629年出生在荷兰的海牙。与他同时代而且只有若干英里的范围内,就生活着笛卡儿(René Descartes, 1596—1650)、斯宾诺莎(Baruch Spinoza, 1632—1677)、伦勃朗(Rembrandt, 1606—1669)、哈尔斯(Frans Hals, 约1580—1666)这样的大师。他们与惠更斯本人和他的父亲康斯坦丁·惠更斯都有过交往。因为惠更斯家族的门第优越,惠更斯从他高贵父亲的这些朋友们那里得到教诲。

笛卡儿虽然于1596年出生在法国一个地位较低的贵族家庭,但他一生却大部分时间在荷兰度过。他22岁时在荷兰入伍,并于1628年定居荷兰,在那里住了二十多年。在此期间,笛卡儿专心致力于哲学研究,逐渐形成自己的思想。他的《方法论》、《形而上学的沉思》、《哲学原理》等重要著作在巴黎和罗马被列入禁书,却能在荷兰发表。笛卡儿的智慧在哲学、逻辑和数学中给人类留下了永恒的成果。笛卡儿对数学最重要的贡献,是将当时完全分开的代数和几何学联系起来,创立了解析几何。他的成就为牛顿和莱布尼兹创造微积分提供了坚实的基础,而微积分则是现代科学技术的基石。笛卡儿首次论证了折射定律,强调了惯性运动的直线性,发现了动量守恒原理,发展了宇宙演化论和漩涡说,对惠更斯和以后的自然科学家产生了深远的影响。在莱顿时,笛卡儿就是惠更斯和他父亲的朋友和常客。笛卡儿55岁时病逝于肺病。

斯宾诺莎1632年出生于荷兰阿姆斯特丹的一个犹太商人家庭。24岁那年,因为斯宾诺莎公开质疑《圣经》,被认为发布异端学说,阿姆斯特丹的犹太人公会永久性地革除了他的教籍。随后,富庶的斯宾诺莎家族也因此宣布剥夺了斯宾诺莎的继承权,他被迫搬到莱顿附近的莱茵斯堡。这样的遭遇使斯宾诺莎反而可以潜心思考哲学问题,在莱茵斯堡期间,他用近15年的时间,完成了他的《伦理学》和《神学政治论》、《政治论》等代表性的著作,使他在欧洲声名远扬。惠更斯、波义耳等都与他有交往和哲学通信。1670年,他搬到了海牙,以磨制光学镜片维持生计,从事光学研究,同时继续他的《伦理学》写作。和笛卡儿一样,斯宾诺莎45岁就因肺病过早地离开了人世。

斯宾诺莎是第一个对《圣经》进行历史性批判的人物,从许多方面来看,他都称得上是笛卡儿的学生。笛卡儿在荷兰居住了近20年,并在那里发表了自己的大部分著作,因此在荷兰具有广泛的影响。年轻的斯宾诺莎仔细研究了笛卡儿的理论,结合自己的心得重新建立了自己的思想体系。斯宾诺莎与笛卡儿的观点的最大区别就是对上帝的态度截然相反。对笛卡儿而言,上帝的存在是显而易见的事实;而在斯宾诺莎那里,上帝被整个自然所取代。这就是斯宾诺莎著名的自然神论,又叫泛神论。斯宾诺莎认为,神已经

不会自身创造超自然的奇迹,而是只能遵从自然规律,像数学推理论证一样发生演变。所以一切结果都是必然的,世界没有偶然性。

斯宾诺莎的哲学体系对 17 世纪科学运动的意义,在于其决定论的解释,为此后的科学一体化提供了蓝图。斯宾诺莎对后来的哲学家,如谢林、费尔巴哈、马克思等都有过重大影响。

在那期间,惠更斯也和斯宾诺莎一样,学习磨制光学镜片。他制作的望远镜在留存下来那个时代的望远镜中属于上乘。惠更斯用其中一具望远镜发现了土卫六,认定以前所知道的土卫六的臂是环。在 1655 年写的论文中,把这个发现藏在一句话的字谜中:“它被一个无处接触并偏向黄道的薄扁环包围着。”

17 世纪的荷兰,影响惠更斯的人物,除了像斯宾诺莎、笛卡儿这样的思想家外,还有伦勃朗、哈尔斯和维尔米那样声名卓著的艺术大师。

伦勃朗 1606 年诞生在莱登城的一个面粉厂主之家。他正好生活在荷兰为首的尼德兰北方七省宣布脱离西班牙独立,开始荷兰资本主义迅速发展的新时期。伦勃朗在荷兰甚至全欧绘画史上所占的地位,与意大利文艺复兴的巨匠不相上下。他所代表的是北欧的民族性与民族天才。造成伦勃朗的伟大的面目的,是表现他特殊心魂的一种特殊技术:光暗。伦勃朗的成名作《蒂尔普教授的解剖课》。卢浮宫中收藏有两幅被认为代表作的画《木匠家庭》和《以马忤斯的晚餐》,可以用来了解伦勃朗“光暗”的真谛。

哈尔斯嗜酒如命,却是 17 世纪荷兰画派首屈一指的肖像大师。他于 1583 年出生在一个毛纺工人家庭,幼年时随父迁居荷兰时,荷兰已摆脱西班牙统治而独立,成立了世界上第一个资产阶级共和国。他曾参加过反对西班牙统治的独立战争,战争造就了倔强孤傲、好酒恃才的性格。哈尔斯终身都生活在社会下层,最具代表性的肖像杰作是 1628—1630 年作的《吉卜赛女郎》。同伦勃朗一样,天才的画家哈尔斯晚年也过着穷困而悲惨的生活,靠慈善机关的救济金为生。1666 年,在伦勃朗去世两年之后,他也在贫病交加中辞世。

17 世纪的欧洲,与哲学领域和艺术领域的大变革一样,科学领域接连地经历了两个最重大的历史变革:伽利略时代与牛顿时代。历史似乎有意呈现某种偶然性和象征性,在伽利略逝世的当年,牛顿诞生。伽利略于 1564 年 2 月 15 日出生在意大利的比萨,于 1642 年 1 月 8 日逝世;而牛顿于 1642 年 12 月 25 日出生在英格兰林肯郡,于 1727 年 3 月 20 日逝世。惠更斯(1629—1695)不仅正好成为伽利略时代与牛顿时代之间的桥梁和传承者,而且跟伽利略和牛顿一样,成为了整个科学进程中最伟大的物理学大师之一。只是由于他恰好生存在这两个巨人之间,加之他本人从未就教于大学,虽著作卷帙浩繁却难以找寻,才使他似乎成为了一个过渡型人物。

伟大的物理学家和天文学家伽利略是近代实验科学的奠基者与科学革命的先驱。他工作中体现出的“实验—模型”思维方法,成为科学研究的基石。他最早使用望远镜观测天体,支持了哥白尼的日心说。1633 年,伽利略被押到罗马宗教法庭受审,被逼得表示同哥白尼假说决裂。他还被判了宣传异端之罪,并被拘留在佛罗伦萨附近一所村舍里度过他一生中的最后九年。他的著作也被列为禁书。伽利略的重要著作《关于两门新科学的对话》于 1638 年在荷兰出版。

伽利略晚年曾为在航海中确定经度这个重要问题而努力。这个问题归结起来就是要制造能以足够的精密度计时的钟。为此他与惠更斯的父亲康斯坦丁·惠更斯通信。康斯坦丁虽是一位富人、著名诗人和重要文官,当时担任着大使和国家顾问,他却非常同情这位半囚禁的老学者。他遵循着家庭传统,因为他的父亲也是以多种方式把意大利文艺复兴的光荣继承下来,并传播到北欧去的那个繁荣富有的荷兰社会中的一名显要人物。然而康斯坦丁想不到他的五个孩子中的一个,克里斯蒂安·惠更斯,后来成为世界上第一个实际解决时钟问题的人。

1655年,惠更斯26岁,他已结束在莱顿大学的学业,同时还在那里读了一些法律课,由于父亲差遣,去了巴黎。他父亲在文化界的关系帮助了他,使他开始以一些数学论文和土星观测闻名。于是他毫无困难地遇见了一些重要的法国科学家,并知道了帕斯卡(Blaise Pascal, 1623—1662)和其他数学家的工作。他从法国回到海牙后,进一步改进他的望远镜和土星观测。1650到1666年是惠更斯一生中最出成果的时期。他改进摆构造,发明一种方法,所得振荡周期与振幅完全无关,而在寻常的摆中,这种无关性是近似的,而且限于小振幅。这项研究的理论意义大于实际重要性,由此产生出的优美而深刻的数学,对后来的工作影响很大。1652到1656年间最重要的事情是,惠更斯利用相对性研究了碰撞律,并确立了动量守恒。他研究了离心力(1659),获得了圆周运动的离心力值。光学、钟、摆、时间测定是惠更斯毕生主要的研究兴趣所在。特别是在航海的实际应用方面,他解释了纬度对摆周期的影响。

1660年,惠更斯回到巴黎进行第二次访问。这次他会见了帕斯卡,并被介绍给国王路易十四。这时他已成名,他的英国同事们请他在1661年去伦敦访问。回海牙后,他就他在国外旅行期间获得的有关各种主题例如钟、声学 and 真空性质的一些线索作了进一步的精心研究。

1664年,他再到巴黎。法国财政大臣柯尔培尔对惠更斯的工作表示出很大的兴趣,慷慨地给予资助。两年后成立皇家科学院时,给了他一大笔年金、一处私人公寓和一个实验室。在科学院赞助下,他在巴黎接着完成了许多已开展的工作。他证明了几个重要的力学定理,特别是他把力学从质点发展到刚体。他专门考察了由具有固定轴的任意形状的物体构成的摆,从而获得我们现在称为转动惯量的概念。

惠更斯在巴黎参加炫耀的社会生活并未妨碍他完成大量的研究工作。他的文集和书信竟有22卷之多。1672年前,他一直在做冰洲石(方解石)双折射实验,这现象是1669年丹麦科学家巴索林(1625—1698)发现的。惠更斯所表述的光的波动理论,这是他最主要的成就之一,解释了反射律和折射律。基本概念是:波面的每一点变成一个新波的中心,光只在所有这些子波的包络上呈现出来。惠更斯的理论是可靠的,但是它缺少关于干涉和相位关系的清晰概念。他还认为振动与声音相似,是纵向的。通过类比和直觉,他得到一个基本结果,这个结果的确很难证明,但是一旦被接受,就对很奥妙的现象提供了一把钥匙。他在1677年用它成功地解释了双折射。他在1677年8月6日写的手稿中画了一幅图来解释双折射的秘密,并作了一个希腊文“我找到了”的标记,令人想起阿基米德因发现浮力而震惊地从浴盆中跳出来的故事。牛顿在1672年写过重要的光学论文,惠更斯温和地批评了它们。这已经足以促使牛顿产生一阵特有的情感震动。他们

所讨论的问题涉及光的本性是微粒还是波动,现在已众所周知了。

惠更斯年轻时身体很好,但 40 岁后他生了几次重病。1670 年病了几个月,1676 年起几乎病了两年,1681 年又一次生病。除了每次生病他要回到海牙治疗,大多数时间就住在巴黎,甚至在法国与荷兰交战时也是如此。1683 年柯尔培尔去世,引起法国政局的变动,并于 1685 年废除了曾给予新教徒一定程度宽容的南特法令。由于国王实行镇压政策,使许多优秀人才离开法国到新教国家避难。这就是为什么德国许多诗人、思想家和数学家具有法国姓氏的原因。惠更斯离开巴黎回到他的祖国,在那里编书。其中《光论》出版于 1690 年,另一著作在他逝世后才出版。这些书在一定意义上可与牛顿的《光学》媲美。

惠更斯是微积分建立的先驱者之一,他在这领域是为牛顿作了准备的人。他对于利用笛卡儿涡旋概念的重力起源理论也有些想法。这些想法虽然并不正确,但却是与超距作用不同的传播观念的最初探索。

惠更斯在数学领域里,擅长于运用复杂的阿基米德方法。在这方面,他比伽利略高出许多。他所解决的一些问题,例如等时降落轨迹问题或圆滚线的渐屈线特性问题,都远远不是伽利略所能解决的。遗憾的是,他直到垂暮之年才具有时代精神,这使他一直没有去使用起源于那个时代并使数学发生革命性变化的那些符号和概念。

惠更斯代表了荷兰科学传统中的一个高点。这个国家的科学纪录,从研究的连续性和高层次,从学者之多和国土之小来考虑,真是不寻常。这大约缘于本节开始提到的 16 世纪荷兰的尼德兰革命。

三、惠更斯的重要科学贡献

惠更斯对近代自然科学的许多领域都有重要贡献,以下列举若干方面:

1. 关于光的波动说的惠更斯原理

光是最重要的一种自然现象,与人类的生活密切相关。在古代和中世纪的漫长岁月里,不论在东方还是在西方,光始终是人们十分关注的问题。17 世纪起,以惠更斯和牛顿为代表,发生了一场关于光的本性问题的争论,奠定了近代物理学的基础。

1678 年,惠更斯在法国科学院的一次演讲中,公开反对了牛顿的光的微粒说。他指出,如果光是微粒性的,那么光在交叉时就会因发生碰撞而改变方向,但当时并没有发现这种现象;而且利用微粒说解释折射现象,得到的结果与实验相矛盾。此后,惠更斯于 1690 年出版了他的《光论》一书,正式提出了光的波动说,建立了著名的惠更斯原理。在此原理基础上,他推导出了光的反射和折射定律,圆满地解释了光速在光密介质中减小的原因,解释了光进入冰洲石所产生的双折射现象。

惠更斯原理是近代光学中一个重要的基本理论,是对光学现象的一个近似的认识。以后,菲涅耳对惠更斯的光学理论作了补充和发展,创立了“惠更斯-菲涅耳原理”,合理地解释了衍射现象,完成了光的波动说的全部理论。

2. 惠更斯对近代计时器的发明和进步的贡献

自有人类文明以来,关于时间的测量一直是人类面临的一大难题。古代的计时装置诸如日晷、沙漏等均不能在原理上保持精确。直到伽利略发现了摆的等时性,惠更斯将摆运用于计时器,人类才进入了新的计时时代。

当时,惠更斯的兴趣集中在对天体的观察上,在实验中,他深刻体会到了精确计时的重要性,因而便致力于精确计时器的研究。当年伽利略曾经证明了单摆运动与物体在光滑斜面上的下滑运动相似,运动的状态与位置有关。惠更斯进一步确证了单摆振动的等时性并把它用于计时器上,制成了世界上第一架计时摆钟。这架摆钟由大小、形状不同的一些齿轮组成,利用重锤作单摆的摆锤,由于摆锤可以调节,计时就比较准确。在他随后出版的《摆钟论》一书中,惠更斯详细地介绍了制作有摆自鸣钟的工艺,还分析了钟摆的摆动过程及特性,首次引进了“摆动中心”的概念。他指出,任一形状的物体在重力作用下绕一水平轴摆动时,可以将它的质量看成集中在悬挂点到重心之连线上的某一点,以将复杂形体的摆动简化为较简单的单摆运动来研究。

惠更斯在他的《摆钟论》中还给出了他关于所谓的“离心力”的基本命题。他提出:一个做圆周运动的物体具有飞离中心的倾向,它向中心施加的离心力与速度的平方成正比,与运动半径成反比。这也是他对有关的伽利略摆动学说的扩充。

在研制摆钟时,惠更斯还进一步研究了单摆运动,他制作了一个秒摆(周期为2秒的单摆),导出了单摆的运动公式。在精确地取摆长为3.0565英尺^①时,他算出了重力加速度为9.8米/秒²。这一数值与现在我们使用的数值是完全一致的。

后来,惠更斯和胡克还各自发现了螺旋式弹簧丝的振荡等时性,这为近代游丝怀表和手表的发明创造了条件。

3. 惠更斯对天文学的贡献

惠更斯在天文学方面有着很大的贡献。他把大量的精力放在了研制和改进光学仪器上。当惠更斯还在荷兰的时候,就曾和他的哥哥一起以前所未有的精度成功地设计和磨制出了望远镜的透镜,进而改良了开普勒的望远镜。惠更斯利用自己研制的望远镜进行了大量的天文观测。因此,他得到的报酬是解开了一个由来已久的天文学之谜。伽利略曾通过望远镜观察过土星,他发现了“土星有耳朵”,后来又发现了土星的“耳朵”消失了。伽利略以后的科学家对此问题也进行过研究,但都未得要领。“土星怪现象”成为了天文学上的一个谜。当惠更斯将自己改良的望远镜对准这颗行星时,他发现了在土星的旁边有一个薄而平的圆环,而且它很倾向地球公转的轨道平面。伽利略发现的“土星耳朵”消失,是由于土星的环有时候看上去呈现线状。以后惠更斯又发现了土星的卫星——土卫六,并且还观测到了猎户座星云、火星极冠等。

4. 惠更斯对数学的贡献

惠更斯在数学上有出众的天才,早在22岁时就发表过关于计算圆周长、椭圆弧及双曲线的著作。他对各种平面曲线,如悬链线、曳物线、对数螺线等都进行过研究,还在概率论和微积分方面有所成就。1657年发表的《论赌博中的计算》,就是一篇关于概率论的

① 1英尺约合0.3048米。——编著

科学论文,显示了他在数学上的造诣。从 1651 年起,对于圆、二次曲线、复杂曲线、悬链线、概率问题等发表了一些论著,他还研究了浮体和求各种形状物体的重心等问题。

5. 惠更斯对力学的贡献

在力学方面的研究,惠更斯是以伽利略所创建的基础为出发点的。在《论摆钟》一书中还论述了关于碰撞的问题。大约在 1669 年,惠更斯就已经提出解决了碰撞问题的一个法则——“活力”守恒原理,它成为能量守恒的先驱。惠更斯继承了伽利略的单摆振动理论,并在此基础上进一步研究。他把几何学带进了力学领域,用令人钦佩的方法处理力学问题,得到了人们的充分肯定。

四、人类关于光的早期认识

人类对于客观世界的认识,首先依赖于人类身体的触觉、味觉、嗅觉、听觉和视觉等器官对客观世界的感知。借助触觉和味觉,只能感知与身体可以直接或者很近接触的东西。借助嗅觉和听觉,虽然可以感知稍远一些的事物,但距离也非常有限。人类获取关于外部世界的知识,特别是远距离的事物,主要来自视觉器官。我们用眼睛看到了物体的位置、大小、形状和颜色。可以说,人类感知到的外部世界的整个知识中,绝大多数来自于视觉器官。

现在我们都知,视觉的感知,是靠光来实现的。但远古时期的人类,例如,古希腊人起初却天真地以为,眼睛看见东西是从眼睛发出某种触须去触及物体,有点类似用手去抚摸物体一样;又如,我们的汉语中也还存有“目光”、“视线”之类的用语。

当然,同时在我国古代和古希腊,也逐渐形成了到现在仍然正确的一些概念,诸如光是从某些物体发出或被某些物体反射,从而被我们的眼睛看见的。早在我国的夏、商时期,就有“洗”一类的照镜用具。到殷代,甲骨文中已出现了“光”字。差不多到公元前 1000 年,我们的祖先就已知道利用烽火台的火光和浓烟来传递信息。人类文明史上最早对光学现象进行系统记载,可能是在我国战国时期(公元前 475—前 221 年)墨翟和他的弟子们所著的《墨经》中。《墨经》中论及影的定义与生成;光和影的关系;光的直线传播;光的反射现象;物体阴影大小与光源距离的关系;平面、凹面和凸面反射镜的成像等。这完全称得上二千多年前世界上最早的几何光学著作,比其后由希腊人欧几里得(Euclid, 公元前 330—前 275 年)写出的光学著作早一百多年。可惜的是,《墨经》的文辞晦奥艰深,体例颠倒独特,造成世人研究上的极大困难,没能够普及并对光学的发展起到应有的历史作用。

大约公元前 6 世纪,泰勒斯(Thales)、毕达哥拉斯(Pythagoras)、赫拉克利特(Heraclitus)、留基伯(Leucippus)和德谟克利特(Democritus)等开始一种新的理性探求,我们现在称之为“哲学”。这些古希腊的哲学家们大概都探讨过光的性质和光的传播。阿那克西曼德(Anaximander, 约生活于公元前 550 年前后)和阿那克西米尼(Anaximenes, 约生活于公元前 540 年前后)认为月亮因反射太阳的光线而发光。似乎是亚里士多德(生于公元前 384 年)首先对眼睛向物体发出视线的说法产生疑问。他还对感觉和感觉器

官,特别是视觉和眼睛,做出了全面的分析,提出了一种一直影响到17世纪的光的理论。流传下来的欧几里得的《光学》和《反射光学》从定义出发,给出的反射定律可能是人类在光学领域中发现的第一个定量的定律。

希腊哲学总体上试图把一切有待理解的东西都归结为理性。然而,随着社会环境的恶化和理性精神的淡化,基督教、犹太教、还有来自东方的神学,致使中世纪变成蒙昧主义的时代。几乎所有的原始宗教,特别是在各自创世的神话中都突出了“光”与世界共创生,以及象征世界秩序的特殊意义。光被认为是从黑暗之中喷薄而出一种原创的力量,即所谓“启蒙”和神秘信仰的标志。伴随着中世纪后期大学的出现,又受到阿拉伯世界传播过来的亚里士多德思想的影响,对“光”的理性认识才重新发生意味深长的变化。

担任过林肯郡主教的牛津大学首任校长格罗斯代特(Robert Grosseteste,约1168—1253年)写过一部《论光》(*De luce*),他把古代自然哲学、教父哲学的集大成者奥古斯丁(St. Augustinus, 354—430年)光照说以及当时的数学和光学知识,揉合成独特的“形而上光学”。他认为,上帝最初创造的形式就是光;光瞬时地充满整个世界,给一切有形的事物赋予外观;光按其本性,其扩展是无限的;光源之扩展形成了宇宙的边界;射向宇宙的光先收敛于太阳,依次生成九大天体,然后再产生出火、气、水和土,最后才是宇宙中心的地球。格罗斯代特指出,直观的东西未必可靠,它还需要观察实验的支持。格罗斯代特致力于沟通观察和理解,已初涉“物理学”的基本原则。格罗斯代特的学生罗吉尔·培根(Roger Bacon, 1214—1294年)是一位更具实验意识的开放学者。他讲的哲学就包括了透视学——光学,详尽叙述了光的折射和反射等光学性质。罗吉尔·培根首先提出了“实验科学”的概念,比他的老师走得更远,企图以实证科学的方法来改造经院哲学。13世纪后期,英国唯名论哲学家脱颖而出,邓斯·司各脱(Duns Scotus, 约1266—1308年)认为,学科研究的研究对象必须预先存在,学科本身并不证明其研究对象的存在。这强烈暗示了理性与信仰的分道扬镳。

事实上,关于光的认识,真正实现向近代科学转变的,乃是达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452—1519年)、哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473—1543年)、伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642年)、弗兰西斯·培根(Francis Bacon, 1561—1626年)、笛卡儿(René Descartes, 1596—1650年)及其后继者的工作。

笛卡儿于1596年生在法国西部的拉埃镇(今名拉埃-笛卡儿镇),1616年被授予法学硕士学位。笛卡儿研究过物理学、光学、天文学、机械学、医学、解剖学等,而以数学方面的成就最为著名,是他把代数用于几何学而发明解析几何,大凡上过学的人都知道笛卡儿坐标。

笛卡儿从1619年读了开普勒的光学著作后,就一直关注着透镜理论;并从理论和实践两方面参与了对光的本质、反射与折射率以及磨制透镜的研究。他把光的理论视为整个知识体系中最重要的一部分。笛卡儿运用他的坐标几何学从事光学研究,于1635年开始写他《方法论》的三个附录之一《折光学》,第一次对折射定律提出了理论上的推证。他认为光是压力在“以太”中的传播。他从光的发射论的观点出发,用网球打在布面上的模型来计算光在两种媒质分界面上的反射、折射和全反射,从而首次在假定平行于界面的速度分量不变的条件下导出折射定律。他还对人眼进行光学分析,解释了视力失常的原

因是晶状体变形,设计了矫正视力的透镜。关于光的本性问题,笛卡儿在《折光学》中提出了两种假说。一种假说认为,光是类似于微粒的一种物质;另一种假说认为光是一种以“以太”为媒质的压力。笛卡儿的这两种假说为后来的微粒说和波动说的大争论埋下了伏笔。

五、17 世纪以来关于光的本性的大争论

17 世纪初,光学仪器的发明和制造,不仅推动了天文学和生物解剖学的划时代发展,而且也使曾经被中世纪神秘化的光学,由一批卓越的科学探索者开拓成为近代自然科学的前沿领域。其中,几何光学的发展最为迅速,荷兰数学家斯涅尔发现的准确的折射定律对于光学仪器的改进,具有首要意义,使得通过数学计算研究光学系统成为可能。随着几何光学的发展,物理光学研究也开始起步。在人们对物理光学研究过程中,光的本性问题成为了焦点。

1. 光的波动学说与微粒学说的第一次交锋

1655 年,意大利波伦亚大学的数学教授格里马第(Francesco Maria Grimaldi, 1618—1663 年)设计了一个实验:让一束光穿过一个小孔后,照到暗室里的屏幕上,他发现光线通过小孔后的光影明显变宽。格里马第又设计了进一步的实验:让一束光穿过两个小孔后,照到暗室里的同一个屏幕上,却得到了有明暗条纹的图像。格里马第猜想,这种现象与水波十分相像,从而得出结论:光可能是一种能够做波浪式运动的流体,光的不同颜色可能是波动频率不同的结果。格里马第首先提出了“光的衍射”的概念,成为光的波动学说最早的倡导者。格里马第于 1663 年逝世,他的重要发现在他身后于 1665 年出版的书中发表。

稍晚一些时候,约于 1663 年,英国科学家波义耳(R. Boyle, 1627—1691 年)指出,物体的颜色可能不是物体本身的性质,而是光照射在物体上产生的效果。他第一次记载了肥皂泡和玻璃球中的彩色条纹。波义耳的这一发现与格里马第的说法不谋而合,成为后来研究者工作的基础。

随后,英国物理学家胡克(Robert Hooke, 1635—1703 年)重复了格里马第的试验。他进行了观察肥皂泡膜上颜色的实验,并提出了“光是‘以太’的一种纵向波”的假说。根据这一假说,胡克也认为:光的颜色是由其波动频率决定的。

跟胡克差不多同时代的牛顿(Isaac Newton, 1643—1727 年),工作领域主要在力学和天文学,他的主要研究成果是牛顿三定律和万有引力定律。在人类历史上,能够与牛顿所表现出的巨大创造力和对于科学和人类文明的巨大影响,相提并论的人不多。牛顿最大的贡献是,指出了近代科学前进的方向,并建立完整的力学体系,直到现在,他的许多概念和原理在现代科学中仍起着基础作用。

当时,牛顿也用极大的兴趣和热情对光学进行了研究。牛顿不仅擅长数学计算,而且能够自己动手制造各种设备和从事精细实验。1666 年,牛顿采用三棱镜,进行了著名的色散试验:让一束太阳光通过第一枚三棱镜,出来的光分解成几种颜色的光谱带;再用

一块带狭缝的挡板把其他颜色的光挡住,只让一种颜色的光通过第二枚三棱镜,结果出来的只是同样颜色的光。牛顿发现了白光是由各种不同颜色的光组成的。这是牛顿对光学的第一大贡献。牛顿为了验证这个发现,设法把几种不同的单色光合成白光,并且计算出不同颜色光的折射率,精确地说明了色散现象,揭开了物质的颜色之谜,原来物质的色彩是不同颜色的光在物体上有不同的反射率和折射率造成的。牛顿的研究成果于1672年发表在《皇家学会哲学杂志》上的论文《关于光和颜色的理论》,这是他第一次公开发表的论文。由于发现了白光的组成,牛顿认为无法消除折射望远镜透镜的色散现象,开始设计和制造了反射望远镜。1668年,他制成了第一架反射望远镜样机,这是牛顿对光学的第二大贡献。1671年,牛顿把经过改进的反射望远镜献给了英国皇家学会,名声大振,并被选为皇家学会会员。反射望远镜的发明奠定了现代大型光学天文望远镜的基础。牛顿还观察到著名的“牛顿环”等光学现象。在牛顿的论文《关于光和颜色的理论》中,他提出了光的“微粒学说”,认为光是由微粒形成的,并且走的是最快速的直线运动路径。他认为,光的复合和分解就像不同颜色的微粒混合在一起又被分开一样。在这篇论文里他用微粒学说阐述了光的颜色理论。

关于光的本性的波动学说与微粒学说的第一次交锋,由“光的颜色”拉开了序幕。此后,胡克与牛顿之间展开了漫长而激烈的争论。

1672年2月6日,以胡克为主席,由胡克和波义耳等组成的英国皇家学会评议委员会对牛顿提交的论文《关于光和颜色的理论》基本上持以否定的态度。

刚开始,牛顿并没有完全否定波动学说,也不偏执微粒学说。但在争论展开以后,牛顿就在很多论文中,对胡克的波动学说进行了反驳。1675年12月9日,牛顿在《说明在我的几篇论文中所谈到的光的性质的一个假说》一文中,再次反驳了胡克的波动学说,重申了他的微粒学说。

由于此时的牛顿和胡克都没有形成完整的理论,因此波动学说和微粒学说之间的论战并没有全面展开。但科学上的争论就是这样,一旦产生便要寻个水落石出。旧的问题还没有解决,新的争论已在酝酿之中了。

2. 光的波动学说与微粒学说的第二次交锋

波动学说的支持者,荷兰著名天文学家、物理学家和数学家惠更斯继承并完善了胡克的观点。1666年,惠更斯应邀来到法国皇家科学院以后,开始了对物理光学的研究。在他担任院士期间,惠更斯曾去英国旅行,并在剑桥会见了牛顿,二人彼此十分欣赏,而且交流了对光的本性的看法。但此时惠更斯的观点更倾向于波动学说,因此他和牛顿之间产生了分歧。正是这种分歧激发了惠更斯对物理光学的强烈热情。回到巴黎之后,惠更斯重复了牛顿的光学试验。他仔细地研究了牛顿的试验和格里马第的实验,认为其中有很多现象都是微粒学说所无法解释的。

惠更斯认为:光是一种机械波;光波是一种靠物质载体来传播的纵波,传播它的物质载体是“以太”;波面上的各点本身就是引起媒质振动的波源。根据这一理论,惠更斯证明了光的反射定律和折射定律,也比较好地解释了光的衍射、双折射现象和著名的“牛顿环”实验。1678年,惠更斯向法国皇家科学院提交了他的光学论著《光论》。在《光论》一书中,他系统地阐述了光的波动理论。同年,惠更斯公开发表了反对微粒学说的演说。