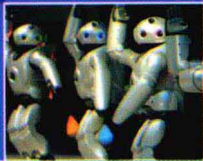


KEXUEMUJIZHE

科学目击者

光学的发展历程

北京未来新世纪教育科学研究所 编



新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

科学目击者

光学的发展历程

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学目击者/张兴主编.——喀什:喀什维吾尔文出版社;乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2005.12

ISBN 7-5373-1406-3

I.科... II.张... III.自然科学—普及读物 IV.N49

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第160577号

科学目击者

光学的发展历程

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路100号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32开

印张:600 字数:7200千

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

印数:1-3000

ISBN 7-5373-1406-3 总定价:1680.00元(共200册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

同仁们常议当年读书之难，奔波四处，往往求一书而不得，遂以为今日之憾。忆苦之余，遂萌发组编一套丛书之念，望今日学生不复有我辈之憾。

现今科教发展迅速，自非我年少时所能比。即便是个小地方的书馆，也是书籍林总，琳琅满目，所包甚广，一套小小的丛书置身其中，无异于沧海一粟。所以我等不奢望以此套丛书贪雪中送炭之功，惟愿能成锦上添花之美，此为我们奋力编辑的目的所在。

有鉴于此，我们将《科学目击者》呈献给大家。它事例新颖，文字精彩，内容上囊括了宇宙、自然、地理、人体、科技、动物、植物等科学奥秘知识，涵盖面极广。对于致力于奥秘探索的朋友们来说，这是一个生机勃勃、变幻无穷、具有无限魅力的科学世界。它将以最生动的文字，最缜密的思维，最精彩的图片，与您一起畅游瑰丽多姿的奥秘世界，一起探索种种扑朔迷离的科学疑云。

《科学目击者》所涉知识繁杂,实非少数几人所能完成,所以我们在编稿之时,于众多专家学者的著作多有借鉴,在此深表谢意。由于时间仓促,纰漏在所难免如果给读者您的阅读带来不便,敬请批评指正。

编 者

目 录

一	光学的研究内容	1
二	光学的发展简史	4
	1. 萌芽时期	4
	2. 几何光学时期	14
	3. 波动光学时期	23
	4. 量子光学时期	25
	5. 现代光学时期	28
三	对光的本质的认识历程	31
	1. 萌芽时期关于视觉的理论	31
	2. 波动说和粒子说的争论	32
	3. 波动光学的胜利	37
	4. 光速的测定	42
	5. 光的电磁说	47
	6. 光电效应	49
	7. 波粒二象性	52

四 其他光学分支	56
1. 大气光学	56
2. 海洋光学	61
3. 光谱学	67
4. 生理光学	74
5. 集成光学	80
6. 空间光学	84

一 光学的研究内容

狭义来说,光学是关于光和视见的科学,optics(光学)这个词,早期只用于跟眼睛和视见相联系的事物。而今天,常说的光学是广义的,是研究从微波、红外线、可见光、紫外线直到 X 射线的宽广波段范围内的,关于电磁辐射的发生、传播、接收和显示,以及跟物质相互作用的科学。

光学是物理学的一个重要组成部分,也是与其他应用技术紧密相关的学科。

我们通常把光学分成几何光学、物理光学和量子光学。

几何光学 几何光学是从几个由实验得来的基本原理出发,来研究光的传播问题的学科。它利用光线的概念、折射、反射定律来描述光在各种媒质中传播的途径,它得出的结果通常总是波动光学在某些条件下的近似或极限。

物理光学 物理光学是从光的波动性出发来研究光在传播过程中所发生的现象的学科,所以也称为波动光学。它可以比较方便的研究光的干涉、光的衍射、光的偏振,以及光在各向异性的媒质中传播时所表现出的现象。

波动光学的基础就是经典电动力学的麦克斯韦方程组。波动光学不详论介电常数和磁导率与物质结构的关系,而侧重于解释光波的表现规律。波动光学可以解释光在散射媒质和各向异性媒质中传播时现象,以及光在媒质界面附近的表现;也能解释色散现象和各种媒质中压力、温度、声场、电场和磁场对光的现象的影响。

量子光学 1900年普朗克在研究黑体辐射时,为了从理论上推导出得到的与实际相符甚好的经验公式,他大胆地提出了与经典概念迥然不同的假设,即“组成黑体的振子的能量不能连续变化,只能取一份份的分立值。”

1905年,爱因斯坦在研究光电效应时推广了普朗克的上述量子论,进而提出了光子的概念。他认为光能并不像电磁波理论所描述的那样分布在波阵面上,而是集中在所谓光子的微粒上。在光电效应中,当光子照射到金属表面时,一次为金属中的电子全部吸收,而无需电磁理论所预计的那种累积能量的时间,电子把这能量的一部分用于克服金属表面对它的吸力即作逸出功,余下的

就变成电子离开金属表面后的动能。

这种从光子的性质出发,来研究光与物质相互作用的学科即为量子光学。它的基础主要是量子力学和量子电动力学。

光的这种既表现出波动性又具有粒子性的现象既为光的波粒二象性。后来的研究从理论和实验上无可争辩地证明了,非但光有这种两重性,世界的所有物质,包括电子、质子、中子和原子以及所有的宏观事物,也都有与其本身质量和速度相联系的波动的特性。

应用光学 光学是由许多与物理学紧密联系的分支学科组成;由于它有广泛的应用,所以还有一系列应用背景较强的分支学科也属于光学范围。例如,有关电磁辐射的物理量的测量的光度学、辐射度学;以正常平均人眼为接收器,来研究电磁辐射所引起的彩色视觉,及其心理物理量的测量的色度学;以及众多的技术光学:光学系统设计及光学仪器理论,光学制造和光学测试,干涉量度学、薄膜光学、纤维光学和集成光学等;还有与其他学科交叉的分支,如天文光学、海洋光学、遥感光学、大气光学、生理光学及兵器光学等。

二 光学的发展简史

1. 萌芽时期

光学的发展历史大体可分为萌芽时期、几何光学时期、波动光学时期、量子光学时期、现代光学时期五个阶段。

(1) 中国古代对光的认识

我国古代对光的认识是和生产、生活实践紧密相连的。它起源于火的获得和光源的利用,以光学器具的发明、制造及应用为前提条件。根据史籍记载,我国古代对光的认识大多集中在光的直线传播、光的反射、大气光学、成像理论等多个方面。

对光的直线传播的认识早在春秋战国时《墨经》已记载了小孔成像的实验:“景,光之人,煦若射,下者之人也

高；高者之人也下，足蔽下光，故成景于上，首蔽上光，故成景于下……”指出小孔成倒像的根本原因是光的“煦若射”，以“射”来比喻光线径直向、疾速似箭远及他处的特征动而准确。

宋代，沈括在《梦溪笔谈》中描写了他做过的一个实验，在纸窗上开一个小孔，使窗外的飞鸢和塔的影子成像于室内的纸屏上，他发现：“若鸢飞空中，其影随鸢而移，或中间为窗所束，则影与鸢遂相连，鸢东则影西，鸢西则影东，又如窗隙中楼塔之影，中间为窗所束，亦皆倒垂。”进一步用物动影移说明因光线的直进“为窗所束”而形成倒像。

对视觉和颜色的认识对视觉在《墨经》中已有记载：“目以火见。”已明确表示人眼依赖光照才能看见东西。稍后的《吕氏春秋·任数篇》明确地指出：“目之见也借于昭。”《礼记·仲尼燕居》中也记载：“譬如终夜有求于幽室之中，非烛何见？”东汉《潜夫论》中更进一步明确指出：“夫目之视，非能有光也，必因乎日月火炎而后光存焉。”以上记载均明确指出人眼能看到东西的条件必须是光照，尤其值得注意的是认为：光不是从眼睛里发出来的，而是从日、月、火焰等光源产生的。这种对视觉的认识是朴素、明确、比较深刻的。

颜色问题,在我国古代很少从科学角度加以探索,而着重于文化礼节和应用。早在石器时代的彩陶就已有多种颜色工艺。《诗经》里就出现了数十种不同颜色的记载。周代把颜色分为“正色”和“间色”两类,其中“正色”是指“青、赤、黄、白、黑五色。”“间色”则由不同的“正色”以不同的比例混合而成。战国时期《孙子兵法·势篇》更指出:“色不过五,五色之变不可胜观也。”可见这“正色”和“间色”的说法,与现代光学中的“三原色”理论很类似,但缺乏实验基础。清初博明对颜色提出“五色相宣之理,以相反而相成。如白之与黑,朱之与绿,黄之与蓝,乃天地间自然之对,待深则俱深,浅则俱浅。相杂而间,色生矣”(《西斋偶得三种》)。这里孕育了互补色的初步概念,虽未形成一定的颜色理论,但从半经验半思辨的角度看也实在是难能可贵的。

光的反射和镜的利用我国古代由于金属冶炼技术的发展,铜镜在公元前 2000 年夏初的齐家文化时期已经出现。后来随着技术的发展,古镜制作技术逐渐提高,应用范围逐扩大,种类也逐渐增多,出现了各种平面镜、凹面镜和凸面镜,甚至还制造出被国外称为魔镜的“透光镜。”1956~1957 年河南陕县上村岭 1052 号虢国墓出土过春秋早期的一面阳燧(凹面镜),它直径 75 厘米,凹面呈银

白色,打磨十分光洁,背面中心还有一高鼻纽以便携带,周围是虎、鸟花纹,镜的利用为光的反射的研究创造了良好的条件,使我国古代对光的反射现象和成像规律有较早的认识。这方面的记载也较多。

关于平面镜反射成像,《墨经》中记载:“景迎日,说在转。”说明人像投在迎向太阳的一边,是因为日光经过镜子的反射而转变了方向。这是对光的反射现象的一种客观描写。关于平面镜组合成像,《庄子·天下篇》中记载:“鉴以鉴影,而鉴以有影,两鉴相鉴则重影无穷。”生动地描写了光线在两镜之间彼此往复反射,形成许许多多像的情景。《淮南万毕术》记载:“取大镜高悬,置水盆于其下,则见四邻矣。”其原理和现代的潜望镜很类似。

对凸面镜成像的规律,在《墨经》中有所叙述:“鉴团,景一,说在刑之大。”经说中进一步解释说:“鉴,鉴者近,则所鉴大,景亦大,其远,所鉴小,景亦小,而必正。”它说明了凸面镜只成一种像,物体总成一种缩小而正立的像,对凸面镜成像规律作了细致描写。

关于凹面镜,《墨经》记载:“鉴洼,景一小而易,一大而正,说在中之外、内。”说明当时已认识到凹面镜有一个“中”(指焦点和球心之间)。物在“中”之外,得到比物体小而倒立的像,物在“中”之内,得到的是比物体大而正立

的像,这种观察是细致而周密的。《淮南子·天文训》记载:“阳燧见日则燃而为火。”这说明我国古代已认识到凹面镜对光线有聚作用。《梦溪笔谈》中也有记载:“阳燧,面洼,以一指迫而照之则正,渐远则无所见,过此遂倒。”此处不仅述了凹面镜成像的规律,还提出了测凹面镜的焦距的一种粗略方法,发现成正像和倒像之间有个分界点。《梦溪笔谈》又说:“阳燧面洼,向日照之,光皆聚向内,离镜一、二寸,光聚为一点,大如麻菽,着物则火发,此则腰鼓最细处也。”作者(沈括)把聚光点形容如芝麻和豆粒那么之小,又把它称作“碍”,用“腰鼓最细处”形容地比喻光束的会聚,十分贴切。

对大气光学现象的探讨大气光学现象是我国古代光学最有成效的领域之一,早在周代由于占卜的需要,已建立了官方的观测机构,虽然他们的工作蒙上了一层神秘的色彩,但是对晕、虹、海市蜃楼、极光等大气光学现象的观测与记载是长期、系统而又深入细致的,世所罕见。

《周礼》中记载有“十辉”,指的是包括“霾”和“虹”等在内的十种大气光学现象。到唐代对它的认识更加细致、深入。《晋书·天文志》中明确指出:“日旁有气,圆而周布,内赤外青,名日晕。”此处不仅为晕下了定义,而且把晕按其形态冠以各种形象的名称,如将太阳上的一小

段晕弧叫做“冠”；太阳左右侧内向的晕弧叫做“抱”等等。另外在《魏书·天象志》中对晕也有记载。除此以外，在宋朝以后的许多地方志中也记载有大气光象，还出现了关于大气光象的专著及图谱，其中《天象灾瑞图解》一直流传至今。

殷商时期，就出现了有关虹的象形文字，对虹的形状和出现的季节、方位不少书有所记载，如《礼记·月令》指出：“季春之月……虹始见”，“孟冬之月……虹藏不见。”东汉蔡邕(132—192)在《明堂月令》中写道：“虹见有青赤之色，常依阴云而昼见于日冲。无云不见，太阳亦不见，见辄与日相互，率以日西，见于东方……”这些记载虽然是很粗浅的，经验性的，但它却是关于虹的确凿记录。魏、晋以后，对虹的本质和它的成因逐渐有所探讨，南朝江淹说自己对虹“迫而察之”，断定是因为“雨日阴阳之气”而成。唐初已认识到虹的成因，“若云薄漏日，日照雨滴则虹生”，明确指出“日照”和“雨滴”是产生虹的条件。后来，张志和在《玄真子·涛之灵》中明确指出：“背日喷乎水，成虹霓之状。”第一次用实验方法得出人工造虹，到南宋时，宋蔡卞在《毛诗名物解》中，对这一种认识有了更进一步发展：“今以水喷日，自侧视之则晕为虹。”不仅重复了《玄真子》中的实验方法，而且更进一步指出了观察

者所在的位置。在国外对虹的成因作出解释的是在 13 世纪,因此我们对虹成因的正确描述比西方早约 600 年。

关于海市蜃楼,我国古代也早有记载,如《史记·天官书》:“蜃气象楼台。”《汉书·天文志》:“海旁蜃气象楼台。”《晋书·天文志》:“凡海旁蜃气象楼台,广野气成宫阙,北夷之气如牛羊群畜穹庐,南夷之气类舟船幡旗。”这是对海市蜃楼的如实描写,但当时并不了解其成因和机理。到宋朝苏轼对它才有较正确的认识,他在《登州海市》中说:“东方云海空复空,群山出没月明中,荡摇浮进生万象,岂有贝阙藏珠宫。”此处明确地表示海市蜃楼都是幻景,蜃气并不能成宫殿的思想。到明、清之际,陈霆、方以智等人对海市蜃楼作了进一步探讨,陈霆认为海市蜃楼的成因是“为阳焰和地气蒸郁,偶尔变幻。”方以智认为“海市或以为蜃气,非也。”张瑶星认为蓬莱岛上的蜃景是附近庙岛群岛所成的幻景,后来揭暄和游艺画了一幅“山城海市蜃气楼台图。”文中记载了登州(即蓬莱)海市,并说:“昔曾见海市中城楼,外植一管,乃本府东关所植者。因语以湿气为阳蒸出水上,竖则对映,横则反映,气盛则明,气微则隐,气移则物形渐改耳,在山为山城,在海为海市,言蜃气,非也。”这一气“反映”说是对当时海市蜃楼知识的珍贵总结。