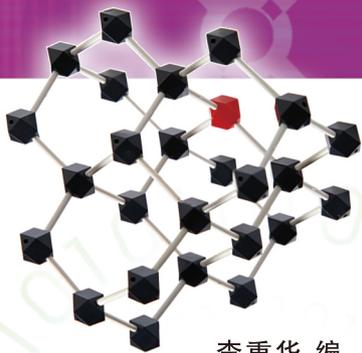


中学理科课程资源

# 解密 物理 光学



李重华 编

追溯数理化的演变历程  
对话最新颖权威的方法  
探索最成功的课程教学  
感受最前沿的科技动态  
理科教育的全程解码  
数理化的直面写真



远方出版社

中学理科课程资源

# 解密物理光学

李重华 编

远方出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

解密物理光学/李重华编. —2版. —呼和浩特:远方出版社,2007.8  
(中学理科课程资源)

ISBN 978-7-80723-068-7

I. 解… II. 李… III. 物理光学—青少年读物 IV. O436—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 116942 号

## 中学理科课程资源 解密物理光学

---

编 者	李重华
出 版 社 址	远方出版社 呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行 所	新华书店
印 刷 厂	廊坊市华北石油华星印务有限公司
版 次	2007 年 11 月第 2 版
印 次	2007 年 11 月第 1 次印刷
开 本	850×1168 1/32
印 张	306
字 数	3315 千
印 数	3000
标准书号	ISBN 978-7-80723-068-7
总 定 价	936.00 元(共 36 册)

---

远方版图书,版权所有,侵权必究。  
远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

# 前 言

随着人们对新课程观的理解,课程资源的开发和利用越来越受到重视,其开发和利用是保证新课程实施的基本条件。新课程倡导学生主动参与、探究发现、交流合作,而课程资源对学生的发展具有巨大的推动作用,因此开发利用一切课程资源,为实施新课程提供环境成为当务之急。

在执行新课程计划中,应当树立新的课程资源观,教师应该成为学生开发和利用课程资源的引导者。学生应该成为课程资源的主体和学习的主人,应当学会主动地有创造性地利用一切可用资源,为自身的学习、实践、探索性活动服务。

为此,我们开发了《中学理科课程资源》丛书。这套丛书共 36 本,分为数学、物理和化学三个方面。根据新课标改革方向,每个方面又分为教学、百科和新方位三个方向,是针对中小学教师和学生而编写的精品丛书。

《中学理科课程资源》的开发和利用说到底是为了学生的发展而展开的,让每一位理科教师在进行理科课程资源的开发和利用时能更多地关注学生自身存在的一切资源,激发和唤醒学生的多种潜能,为学生以后能主动学习、主动探索、主动发展奠定坚实的基础。

在本套丛书的编写过程中,我们得到了许多理科方面的专家及学者的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,错误、疏漏之处,希望广大读者批评、指正。

编 者

# 目 录

第一章 光的本质 .....	1
第二章 光学的发展 .....	5
第一节 光源与镜 .....	5
第二节 影与影戏 .....	20
第三节 小孔成像 .....	26
第四节 反射镜成像知识 .....	32
第五节 透镜及其成像知识 .....	49
第六节 衍射 .....	63
第七节 色散 .....	69
第八节 视觉与颜色 .....	76
第三章 几何光学 .....	85
第一节 几何光学是什么 .....	85
第二节 光线的传播 .....	86



<b>第四章 波动光学</b> .....	89
第一节 光的干涉 .....	90
第二节 光的衍射 .....	97
第三节 光的偏振 .....	103
<b>第五章 光电信息技术</b> .....	106
第一节 光学信息处理 .....	106
第二节 光学存储技术 .....	119
第三节 光纤通信技术 .....	142
第四节 光电显示技术 .....	163
第五节 光学与光电信息技术 .....	183
<b>第六章 激光的产生及其应用</b> .....	189
第一节 激光的产生 .....	189
第二节 激光与其社会应用 .....	192





## 第一章 光的本质

关于光的本质是什么,有持续了 300 年的波动和微粒之争。

光学和力学一样,是一门古老的学科,古希腊的自然哲学家们就十分关注光这种现象。那时,主要讨论的是关于光的本性的思辩和经验上光的传播方式。欧几里得论述了光的直线传播和反射定律。在公元 2 世纪,托勒密浓度依靠经验发现折射规律。不过,正确的折射定律直到 17 世纪才由荷兰的斯涅尔和法国的笛卡儿建立。也就是从那个时候起,人们开始了对光的科学研究。

光的色散现象的发现,是近代物理光学研究中第一个重要的成果。该项工作是由近代的科学巨人牛顿作出的。在牛顿之前,近代科学巨匠开普勒、伽利略、笛卡儿等人都对光学有过研究,也取得了不少成就,牛顿也从他们的著作中学到了很多关于光的知识,但是,正如牛顿后来所说:“我不准备用假说来解释光的属性,而是用理智和实验来提出和证明它们。”

关于光的颜色,早在公元前就有人做过猜测,把虹的





光色和玻璃片的边缘形成颜色联系起来。但从亚里士多德以来到笛卡儿都认为白光是纯洁的、均匀的，白色是光的本质，而色光只是光的变种。

与前人不同的是，在光的颜色问题上，牛顿做了大量的实验。1666年，他购得一块玻璃三棱镜，开始研究色散现象。

牛顿看到墙上有彩色的光带，光带之长数倍于原来的白光点，他意识到这些彩色就是组成白色太阳光的原始光色。后来，牛顿又做了大量实验，证明了这一点。牛顿得出结论：“白光本身是由折射程度不同的各种彩色光所组成的非均匀的混合体。”这就是牛顿的光色理论。组成白光的彩色光有七种：赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫。牛顿进一步得出结论，物质的色彩是由不同颜色的光在不同物体上有不同的折射率造成的。牛顿的光的色散理论，为一个半世纪后夫琅和费创立光谱学奠定了基础。

光的色散现象发现后，牛顿开始了对光的本质的研究。起初，牛顿也曾认为光是一种波，因为这样能轻易地解释两束光交叉通过时不受干扰的现象。然而，随后牛顿便对光是波的认识发生了怀疑，因为光若真的是波，那么光为什么会直线传播？牛顿看到用光是波的结论无法解释这一基本事实时，便提出了光的本质的微粒说。结果，他成功地解释了光作直线传播、光能投下清晰的影子、光的反射等现象。





然而,牛顿光的微粒说的提出却引起了一场持续300年的大论战,即科学史上著名的光的微粒说与波动说之争。波动说以笛卡儿、胡克、惠更斯为代表,微粒说以牛顿为代表。

波动说最早的倡导者是意大利物理学家格里马第。格里马第从一部分光叠加到另一部分光上,会导致照度的减弱现象出发,想象光是一种能够做波浪式动作的流体,它以极快的速度传播,不同的颜色是波动频率不同的结果。1665年,胡克更进一步明确提出了波动理论。波动说的集大成者是惠更斯。他认为,空间的以太是无所不在的,他把以太作为振动的媒质,把媒质的每一个点都看成一个中心,在中心的周围形成一个波。惠更斯成功地用这个物理图像来解释光的反射、折射,还以此来研究冰川石的双折射。

由于牛顿在科学界的威望,以及光波动说本身还不完善,在19世纪以前,牛顿的微粒说占优势。

19世纪初,由于英国科学家托马斯·杨那个著名的“双缝干涉实验”,以及其他的一系列努力,使得光的波动说得到复兴。托马斯·杨最可贵的地方在于他不因牛顿的名望和权威而迷信牛顿。他从事实出发敢于对牛顿的微粒说提出异议。

他曾说:“尽管我们仰慕牛顿的大名,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





他的权威也许有时甚至阻碍了科学的进步。”

托马斯·杨在1800年发表了题为《关于声学 and 光学方面的实验和问题》的著名论文。他指出,光如同声音一样,是一种振动,这种振动是靠充满宇宙整个空间的以太传播的。

这样,波动说在19世纪初取得了胜利。特别是到了1864年,麦克斯韦仔细研究了光波,指出光是一种波长很短的电磁波,它与其他电磁波没有本质上的区别,只是波长不一样。从而完成了一次人类对光认识的飞跃,使光作为一种波动被确定下来,并使光的微粒说在一段时间里沉寂了下来。

但光的波动和微粒之争并没就此结束。20世纪初,发物理学革命。光的微粒说以爱因斯坦提出的光粒子的形式,在沉寂一个世纪后获得新生。不过光的波动性并没失效。现代量子力学认为光是波动性和粒子性的统一,具有波粒二象性,至此人们才获得了对光本质的正确认识。





## 第二章 光学的发展

光学,在中国古代被公认为发展得比较好的学科之一。战国初期墨翟、汉淮南王刘安及其门客、西晋张华、南唐谭峭、宋代沈括、元代赵友钦、明代方以智以及清初郑复光、邹伯奇等等,都在光学上做出了自己的成就。各类反射镜、组合平面镜、各种形状透镜和复合透镜的成像知识格外丰富。惟一不足的是,定量的光反射定律和折射知识比较薄弱。

### 第一节 光源与镜

光源、镜和屏是几何光学实验必备的三器件。除了屏可以随时随地取材之外,光源和镜的进步反映了光学的进步。在光源中,除热光源外,对各种冷光的发现和应用亦是光学知识的进展之一。





## 一、热光源

太阳光是人类最重要的自然光源,也是古代人进行光学实验或光学表演的重要光源之一。人类生活离不开太阳,远古人已产生太阳崇拜的观念。在公元前 6000 年的河退缩不前渡遗址中,太阳被刻画在陶器、玉器 and 象牙上。在郑州大河村遗址女泣口文化诸地都发现有太阳纹饰的器物。在人类观念中日与月是明亮的象征。“明”字是由它们二者构成的。《易·系辞》说:“悬象著明,莫大乎日月。”

从光学意义上利用太阳光也是很早的事。且不说原始社会时期人们面水寻影的情形,至少在青铜时代铸造青铜平面镜开始,人们就已经意识到阳光的反射了。西周初期,阳燧的铸造与利用,是人类利用阳光点火的伟大发明之一。当太阳刚升起之时,从地平线射进屋宇的一缕阳光可以看作是平行光。据《韩非子·外储说左上》载,战国时期某画家在一片豆荚内膜上作精细图画,然后“筑卜板之墙,凿八尺(分)之牖,而以日出之时加之其上而观”。可见,古代人掌握了利用日光进行光学实验的方法。

在 19 世纪电灯的发明和利用之前,一切人造光源实质上几乎都是一把火。火的创造与利用对于人类文明史具有革命性的意义。距今八九十万年的陕西蓝田人,距





今约五六十万年的云南元谋人和周口店北京猿人，都会用火和保存火。先民使用火，既御寒避兽，也烧煮食物，还制造陶器，当然，最重要的是照明。在这种意义上，人类的第一堆篝火就是第一个人造光源。

天然的油松木条可能是最古老的灯源。据考古报道，六盘山余脉有几处新石器时代的窑洞。其中之一，洞壁上有 50 多处火苗状烧土。经模拟实验，证明这些烧土就是古人用灯的遗迹。其灯具很可能就是油松木条。在一个窑洞内同时点燃 50 多支油松灯，其明亮与壮观程度当可想见。甲骨文中“光”字的造型“从火，在人上”，是人高举火炬之意。可见，“光”字与早期火焰光源是一致的。西周时期，像松枝一类火炬称为“庭燎”，或“贲烛”。它们分别以松、苇、竹或麻秆等材料作芯，外束以纤维，更有甚者，再浸于油脂或在其内灌蜜蜡。这种灯烛已类似后来的蜡烛，墨家的光学实验与此灯源有关，也未可知。

真正的蜡烛起源于汉代。那时称其为“膏烛”、“蜜烛”。《淮南子·原道训》说：“膏烛之类”，“火愈燃而消愈极”；《西京杂记》说：“闽越王献高帝石蜜五斗，蜜烛二百枚。”1983 年广州象岗西汉南越王墓出土几件铜烛台，上有直筒状插座。蜡烛的产生与灯具的问世正相吻合。自魏晋起，蜡烛逐渐普及。唐代产生了许多吟咏蜡烛的诗作，温庭筠的“玉炉香、红蜡泪”，李商隐的“春蚕到死丝方尽，蜡炬成灰泪始干”等，都是传世佳句。向宫廷进贡蜡





烛也是地方政府的常事。这些蜡烛大多是植物蜡、虫蜡、蜜蜡。宋代开始使用矿物蜡，称该蜡烛为“石烛”，也就是从石油中提取的蜡制成之烛。陆游曾记述道：

宋白“石烛诗”云：“但喜明如烛，何嫌色似鬻。”烛出延安。予在南郑数见之，其坚如石，席极明。亦有泪如蜡，而烟浓，能薰污帷幕衣服，故西人亦不贵之。

宋白(1936—1012)，字太素，大名(今属河北)人。“西人”或指波斯、阿拉伯商人。玉门出石油，含蜡成分高，自然渗透而沉淀黑蜡，为当地人粗制烛所用。这种蜡烛燃烧时会产生浓烟，但光亮如他烛。陆游的记述，透露东西方关于蜡烛传播的事实：蜡烛是从中国通过阿拉伯商人而传到西方的。虽然当时“西人”不太看重“石烛”，但它也有可能和其他质料的蜡烛一起传到西方。此前，西方人所用的烛如同先秦火炬，直到 10 至 11 世纪期间，他们才有蜡烛。

中国古代灯具种类繁多。至晚从战国起，灯具日益发展、精巧和艺术。令我们感兴趣的是，西汉长安巧工丁缓发明“常满灯”，据说，它能自动添油。在河北满城二号汉墓发掘的西汉“长信宫灯”，具有可装卸的活动灯座、灯盘和灯罩。灯盘可以转动，灯罩可以开合，从而可随意调节灯光的照射角度和方向。

古代人以灯光捕鱼是常见的事。以灯烛做光学实验的记载也屡见不鲜。汉代方士齐少翁为解除武帝思念已



故李夫人之忧，“夜张灯烛，设帷帐”，以影戏形式重现李夫人容貌。元初赵友钦做小孔成像光学实验，其光源是上千支蜡烛。

光源在古代还有两种在物理学史上有意义的应用：一是古代人发明的烽燧，一是舞台灯光。

烽燧是古代边疆戍兵报警使用的信号，它利用燃烧物的发光和不完全燃烧物的烟雾作为通信手段。通常称其为“白日放烟、夜放火”。友军见烽燧烟火，即赶赴救援。西周时期，烽燧已在战争中使用。《史记·周本纪》载，周幽王(前 781—前 770 年在位)为讨其爱妾褒姒一笑，虽无寇至而举烽火。其后，真寇至，而诸侯不信，遂成祸害。烽燧通信方式，可以说是古代人发明并在历史上袭用了几千年的无光缆发光通信。

将前述各种灯烛，或者发明一些更适宜的灯具，将它们应用到舞台艺术上以为舞台增光添彩，这是光源的应用方面之一，也是人类文化生活的追求。

据明代张岱(1597—1689)《陶庵梦忆》记载，明代演出《唐明皇游月宫》的舞台灯光真令人惊叹。他写道：

场上一时黑魃(XU)地暗，手起剑落。霹雳一声，黑幔忽攸，露出一月，其圆如规。四下以羊毛染五色云气，中坐常仪(娥)，桂树吴刚，白兔捣药，轻纱幔之，内燃赛月明数株，火焰青藜，色如初曙，撒布成梁。遂摄月窟，境界神奇，忘其为戏也。其他如舞灯，十数人手携一灯，忽隐





忽现,怪幻百出。匪夷所思。

令唐明皇见之,亦必目瞪口呆,谓黻(qu)毳(shu)场中,那得如许光怪耶?

这里记述的舞台布景与灯光,在电灯发明之前是相当高超的水平。可惜,未详述其中的灯具、灯源和艺术装饰等问题。如明月、“羊毛染五色云气”都要有灯光衬托出艺术效果;“赛月明”这种可燃火焰的名称,也不知为何种光源。



郑复光曾言及演剧用的“地灯镜”。他说:

地灯镜即含光凹也。旧法:锡为烛台,高三尺余,后作凹形镜各四只,或六只、八只。演剧用之,亦颇助光。间有铜者,当较胜锡。

所谓“旧法”,或许表明,元明时期舞台演戏曾用这种“地灯镜”。郑复光还写道:“活安烛后,使(镜)可斜迪向下,则下烛如日,故当佳耳”;“于黑暗室中以烛细微,置之灯旁,可以显大灯光于帷幕之中”。实际上,地灯镜即凹面反光镜,而中国人制造凹面镜已有几千年的历史了。在凹面镜中心点烛光或灯光反射至舞台,帷幕光亮非常。凹面反光镜用于舞台上,起于何时,在明代张岱之前的历史记载尚待发掘。

## 二、冷光

冷光或称低温发光,其发光物质在发射可见光时温

