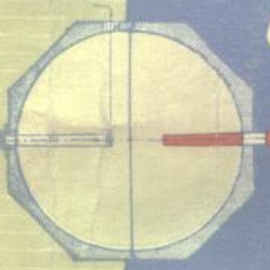
激光基础知识



王殖东 编著

科学出版社

激光基础知识

王殖东　编著

科学出版社

内 容 简 介

本书系中级科普读物。作者用简洁的语言对光的本性的认识、激光原理及其特性，激光的应用以及激光的发展等问题作了通俗的介绍。

本书主要供从事光学工业的干部、管理人员和青年工人学习，也可供知识青年阅读及大学低年级学生参考，对于中学理化教师也有一定参考价值。

激 光 基 础 知 识

王殖东 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

北京新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974年10月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1974年10月第一次印刷 印张：3 5/16 彩图：1

印数：0001—73,450 字数：64,000

统一书号：13031·267

本社书号：428·13—3

定 价：0.30元

毛主席語录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

目　录

一　引言……(1)
二　光本性认识简史……(4)
1　早期史……(4)
2　微粒说……(9)
3　波动说……(13)
4　二象性……(24)
5　小结……(29)
三　电磁波谱　微波和光的沟通……(31)
四　激光原理……(39)
1　原子的能级……(40)
2　原子数目按能级的分布……(44)
3　自发辐射和受激辐射……(46)
4　粒子数反转与激活媒质……(55)
5　谐振腔……(60)
五　激光器　激光特性及其应用……(65)
1　激光应用的物理基础……(77)
2　激光的应用……(80)
（1）　激光在机械加工方面的应用……(80)
（2）　激光在电子工业方面的应用……(83)
（3）　激光在精密测量方面的应用……(84)

31580

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（4） 激光测距与激光雷达……(86)
（5） 激光探测大气及污染……(88)
（6） 激光在军事方面的应用……(90)
（7） 激光在医学方面的应用……(92)
（8） 其他应用……(94)
六 激光的发展及展望 ……(95)

一 引 言

激光是二十世纪六十年代出现的最重大科学技术成就之一。它的出现深化了人们对光的认识，扩展了光为人类服务的天地。

激光这门尖端科学从它的问世到现在，仅仅十余年的历史。但是由于它有着几个极有价值的特点——高亮度性、高方向性、高单色性，所以虽然历史短，但却发展极快，无论在国防军事、工业生产、医学卫生和科学研究等方面都有它开辟出来的新技术生长点。目前，可以说还正处于应用研制发展期，已为世界各国所重视，看来，灿烂的成果将会接踵而至。

仅以其现有的水平来说，已足以令人惊叹不止。譬如：使用日光灯装扮节日彩门的人们非常响往高压脉冲氙灯的亮度，但是一台红宝石巨脉冲激光器的亮度竟比高压脉冲氙灯的亮度提高三十七亿倍，这是何等惊人的飞跃啊！太阳表面的亮度是人们所熟悉的，而激光器的亮度竟能比太阳表面的亮度还高10^{10}倍，这是多么新颖的高亮度光源啊！人们黑夜使用手电筒照亮的距离不过百八十米，而光环所照亮的区域的直径也有若干米，我们知道地球到月亮的距离将近四十万公里，而当人们用激光器产生的光束照射月球时，结果

光束在月球上仅照亮了一个二千七百米直径的区域，所测出来的地月距离其误差不超过一米半，这说明激光器的光束具有极强的空间相干性和时间相干性①，人们怎能不赞叹激光的高方向性呢！在生产劳动中，为了测量长度，人们创造了米尺、游标卡尺、螺旋测微计（又叫千分卡）等，其中最精密的螺旋测微计的测量误差为千分之一厘米，如果要求误差不超过一微米（一微米为万分之一厘米），那只好用同位素氪86（Kr^{86}）灯为光源的长度计，但是它的有效测量长度只有三十八点五厘米，如被测物体的长度超过这一数值，其精度就变差了。但是，用氦-氖气体激光器作光源的长度计其最大可测长度达几十公里，其单色性竟比氪灯提高十万倍，这怎能不受精密计量工作者的热烈欢迎呢！

有了激光，在机械加工方面出现了新工艺，例如：化学纤维工业中的喷丝头用激光打孔能提高效率一百多倍，在电子工业中的集成电路和晶体管芯的划片方面，用激光划片法能克服金刚刀划片法浪费材料与出废品多的缺点。有了激光，在医学方面出现了可以解除病人痛苦的新手术，例如：用激光可使脱落的视网膜重新焊接起来，其作用时间不仅短（约为几千分之一秒），而且病人不需麻醉也没有痛感。有了激光，在军事技术方面，出现了激光雷达，其测距精度、测速精度均较无线电雷达为高。有了激光，在摄影方面发展了一套新型的照相技术——全息照相，利用这种技术能够获

① 相干性一词在参阅本书干涉一节的内容后，可有初步了解。

得立体感极强的立体电影、立体电视，目前正在诱发人们积极从事研究中。总之，激光是一门先进的技术，以上所述仅只是广泛应用中的几例而已。

由于激光在许多领域中取得一系列可喜的成就，所以越来越受到人们的注目。因此，什么是激光，激光为什么有独特的优点，这些特点是怎样产生的，怎样才能获得激光，激光是怎么发展起来的，目前处在什么发展阶段，激光在光的发展史上有什么进展，激光应用前景又是怎样的，不仅从事这一领域工作的干部、工人关心，就是对于一些不从事于这方面工作的广大工农兵、干部、知识青年也都希望能有个一般的了解。为此，我们针对某些方面作个简短的介绍，从而希望能为读者学习提供点便利。

二　光本性认识简史

激光是光学的新分支，在介绍激光之前，让我们先谈谈人们对光的认识过程。这里分成四段历史来讲，在光本性认识史中，使我们再次认识到马克思主义的认识论的正确性，从而激励我们更自觉地学习辩证唯物主义，并用辩证唯物主义来指导我们的革命实践。

1　早　期　史

在古代人们生活的世界里，靠了太阳、月亮、星星的光亮而生产、劳动、生活。从观察闪电到创造出钻木取火，人们对光就有着很多的兴趣。从我国古史上得知，在公元前七百多年，我们的祖先就使用了烽火台的火光来进行通信（用现代的科学名词说，就是创造了用光频电磁波来作载波进行通信）。相类似的火光通信装置在公元前五百多年时于欧洲才出现。在我国很古时代创造的烽火台，到了汉武帝时又有了新发展，如在公元前一百零二年，汉武帝为了抵御匈奴的入侵，在所修筑的长城上每隔五公里左右设一烽火台，称之为“燧”，用以报警。这时已不仅是靠火光，而且还创造了用不同颜色的光，以表示出敌人的多少和远近。相似的装置在

国外于十六世纪时才出现。

由于有了光，我们才能看到周围世界，所以光都有些什么性质？光究竟是什么？这些都是人们长期所关心的问题。因此古代时期，人们就累积了许多关于光的知识，使得光学成为物理学中发展最早的部门之一。

在我们伟大的祖国里，古代人民对光现象的研究，有文字记载的首推《墨经》。《墨经》是墨子五十三篇中的一部分，其中有经上、经下、经说上、经说下四篇。经上、经下共一百七十九条文字，经上各条是定义的文字，经下是定律的文字，经说上和经说下是逐条解释经上和经下的文字。《墨经》把记载自然现象的定义和定律的文字编集在一起，约达二百条，实在是我们祖国光辉的自然科学遗产。

《墨经》中有关光学内容的共有八条。关于光学的这八条文字，后来有人认为应当排列在经下第18条至25条。这八条文字是连贯排列的，而且很合乎科学意义的顺序（与《墨经》中关于力学、形学等知识前后颠倒、错综复杂的情形大不相同），其中第一条叙述了影的定义与生成；第二条说明光与影的关系；第三条则描绘光有直线进行的性质，并含有匣式针孔照相机实验装置的意思；第四条说明光有反射的性能；第五条说明光和光源的关系及定影的大小。上述五条讲的是光、物和影的关系。第六条叙述平面镜中物和象的关系；第七条则说明凹面镜中物和象的关系；第八条是凸面镜中物和象的关系。虽然光学方面记载文字只有八条，但记述了影论、象论，为几何光学打下了基础，这样寥寥数百字的

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

记载，有条有理，在两千多年前的世界上是一部绝无仅有的光学著作。

我们在这里向大家介绍这八条中的两条文字，并略加解释。经下第二十条，经云："景倒，在午有端。"经说云："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。"这一段文字简单地总结了光线直进的原理。原文中虽然没有明确指出针孔成象的实验，但实际上已经包括了这一实验的内容。按经说的意思是：光照到人身上（"光之人"），人体所反射的光线好比射箭那样地直线前进（"煦若射"）。这样，人的下部在屏的高处成象；人的上部在屏的下面成象（"下者之人也高，高者之人也下"）。即所成的人象为一倒象。为什么会这样呢？这是因为在人的前方有个屏，屏上有个小孔，小孔使来自人身上的光线穿过去成影于孔后的屏幕上（参见图1）。光线相交于小孔成光束，故曰"在午有端"，"午"指纵横相交之点，我们可以当照相机上的小孔来理解。"端"是描写光线经过小孔所成的光束。因此，所形成的人象是头在下而足在上的倒象。即"足蔽下光，故成景于上，首蔽上光，故成景于下"。我们把上述的解释表示在图1上。这一

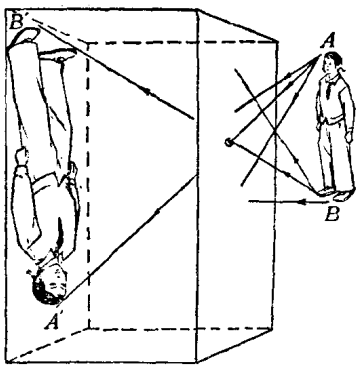


图1　针孔照相匣的倒象

条经及经说虽然记述的是一个简单的光学实验，但它说明的是光学上最基本的一条性质，实际上近代光学书就是用针孔照相匣的实验来说明光的直进这一原理的，而我们的祖先却在两千多年前已经发现了这一基本性质。此后，北宋的沈括在其所著的《梦溪笔谈》中也有类似实验的叙述："若鸢飞空中，其影随鸢而移，或中间为窗隙所束，则影与鸢遂相违，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"。

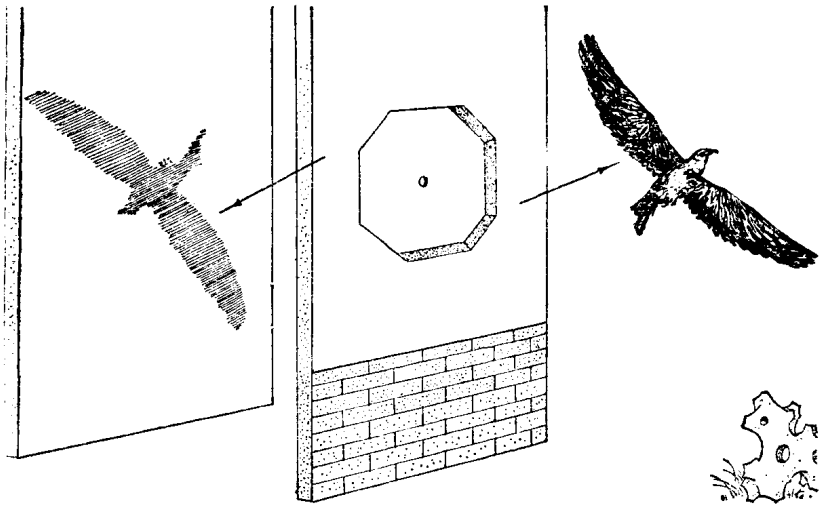


图 2　鸢东则影西，鸢西则影东

经下第二十四条云："鉴洼，景一小而易，一大而正。说在中之外内"。鉴是古代照人用的镜子，这一条记载了凹镜成象的实验。

我国古籍《淮南子》中有关于用凹镜取火的记载："阳

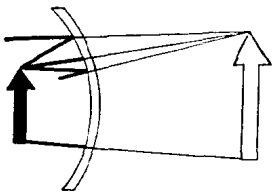


图 3　凹镜成象

燧见日则燃而为火。”注曰：“取金杯无緣者……，日中时以当日，以艾承之，则燃得火”。这里燧是取火于日的镜子，金就是铜，阳燧是用铜锡各半的合金制成的镜子。从这一古代的忠实记录可见我国古代工艺水平已有很高成就。大家知道，我们现代生活中有所谓“太阳能炊事器”（如图 4 所示），它是把锅放在凹镜的焦点，利用会聚的太阳光来加热，对野外工作人员，对高山守卫的战士是很方便的，我们现代的这种器物和古代讲的阳燧是同一个道理。

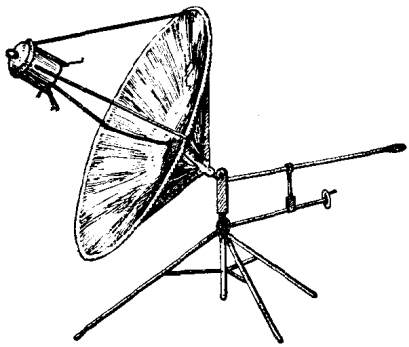


图 4　太阳能炊事器

我们现时知道，《墨经》成书于公元前五世纪到三世纪，比希腊欧几里德的光的反射定律的记载约早一百余年，英国的培根于十三世纪始用金属磨成凹镜，比中国《淮南子》时代约晚一千三百余年。更不用说那个国外的著名传说是多么荒诞了！（在传说中，公元前三世纪阿基米德曾用一个凹面镜在西洛库扎烧毁了敌人的军舰。可以肯定这个传说是后人臆造的。因为计算指出，当军舰距镜子一千米时，要达到这个目的，所用的镜子必须大得近乎荒诞——直径需 1 — 2 千米。）由此

可见，《墨经》及其它古书中有关光学的记载，在世界科学史上应占有重要的地位。

虽然我国古代有这些宝贵的科学遗产，但是由于在解放前我国长期处于封建统治时期，劳动人民在地主阶级残酷剝削和压迫下，处于极端穷困和落后，致使中国社会在经济、社会生活上停滞不前，许多科学技术得不到发展。

2 微 粒 說

除了上述反射、折射、成象等光学现象很早就引起人们的兴趣外，光的本质和它的传播又是怎样的？也很早就为人们所注意了。古希腊的哲学家们曾经提出下面的看法：太阳和其它一切发光与发热的物体都发出微小的粒子（如示意图5所示），这些粒子接触到眼睛和皮肤上，就引起光和热的感觉。由于在物理学史的史料上沒有多少记述中世纪在光学上的重大发现与发明，因此，下面我们从十七世纪时的研究谈起。

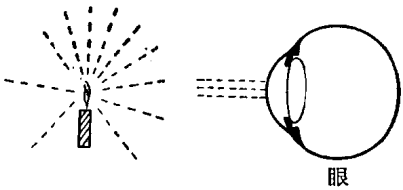


图5 光发出粒子

1648年在布拉格从事医学工作的马尔茨发现了色散现象，他在著作中提到由于光线在棱镜中的各种各样的折射，形成了各种各样的有颜色的光。十七世纪六十年代，英国人牛顿对光的色散现象作了实验上的研究。如用一平行的白色光束经过棱镜两次折射后，白色光将分解为从红到紫的许多

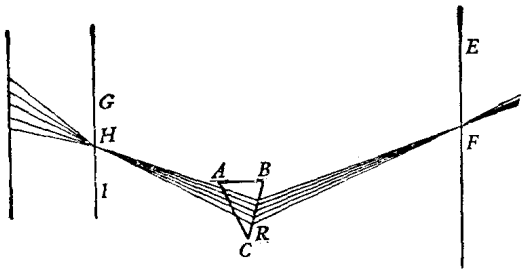


图 6　牛顿所著《光学》一书中的原图，表明光通过棱镜时是怎样被偏折的

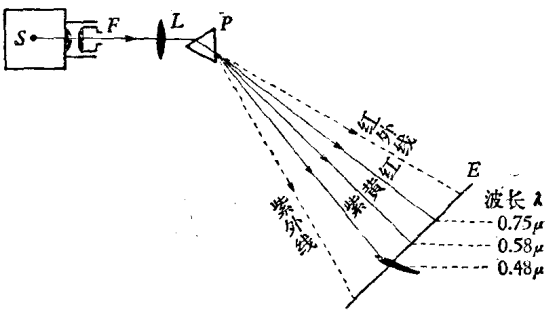


图 7　白色光通过棱镜的色散现象

带色彩的光，这种现象叫做光的色散。如果在棱镜的后面，即光线射出的一面，置一幕 E，则在幕上呈现出各种带颜色的光景叫做光谱（如图 7 所示）。由于这项研究激发牛顿作出对光的微粒说的探讨，色散研究的结果是他在 1669—1671 年的讲课中提出的，其后又在英国伦敦的皇家学会发表了“光和色的新理论”的科学讲演，他在讲演的结论中说：“……我们有充分的根据认为光是实体……”。在他后来的工作中，

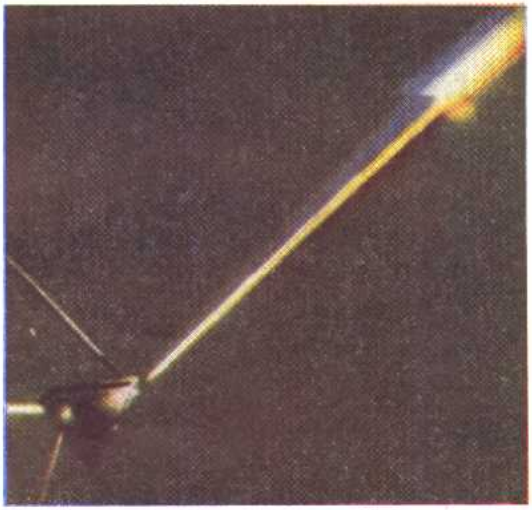


图 8　白光通过三棱镜的折射

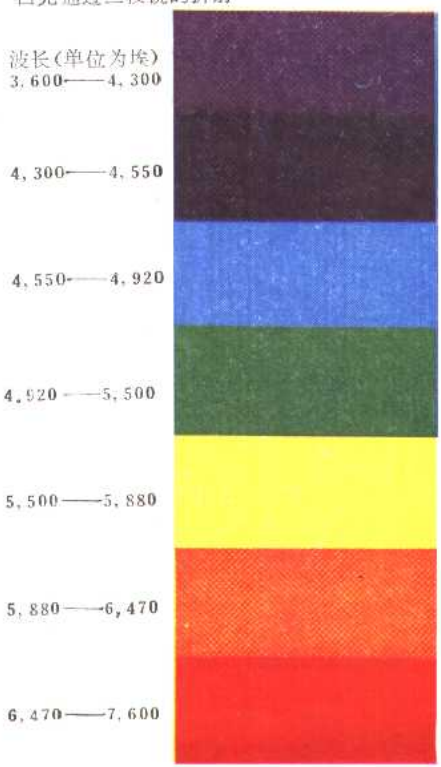


图 9　色散光谱的波长

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com