

普通物理自学丛书

光学基础

山东教育出版社

普通物理自学丛书

光 学 基 础

房 慧 编
张 锡 钩

普通物理自学丛书

光 学 基 础

房慧 张锡钧编

责任编辑：韩义华

山东教育出版社出版

(济南经九路胜利大街)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 13.75印张 287千字

1983年8月第1版 1983年8月第1次印刷

印数1—5,000

书号 13275·9 定价 1.20元

内 容 提 要

《光学基础》是普通物理自学丛书之一。全书共分几何光学的基本原理，共轴球面系统、光具组，光度学，光学仪器，光的干涉，光的衍射，光的偏振，光的吸收、散射和色散，光的量子性九章，对光学的基本知识做了系统的介绍，阐明了光学的基本原理和基本规律。

本书可供中学教师自学，高等院校理工科学生参考。

前 言

为提高我省中学教师的物理知识水平，适应全面开创现代化建设的需要，今特组织了我系部分教师编写了这套《普通物理自学丛书》。全书共分五册：力学基础、分子物理学基础、电磁学基础、光学基础和原子物理学基础。我们期望具有高中文化水平的读者，系统地学习这套书后，能达到大学专科的水平。

在编写过程中，我们力求在中学物理的基础上，系统地阐述基本概念、基本原理，并通过对典型例题的分析，加深理解。书中每章都附有小结和适量的思考题、习题；书后附有答案，以供复习巩固之用。

这套《丛书》除供中学教师自学，或作教师进修教材外，还可供高等院校理工科学生学习普通物理时参考和知识青年阅读。

这本《光学基础》除着重叙述了几何光学和物理光学的基本概念和基本规律外，对量子光学也做了一定的介绍。

由于我们水平有限，其中可能有缺点和错误，希望读者批评指正。

山东师范大学物理系

1982年10月

目 录

第一章 几何光学的基本原理

第一节	光束和光线 光(束)的独立传播定律	1
第二节	光的直线传播现象	3
第三节	几何光学的基本定律	6
第四节	光的传播速度	9
第五节	应用惠更斯原理解释光的反射和折射定律	12
第六节	费马原理	16
第七节	实像和虚像	21
第八节	光在平面上的反射和折射	23
第九节	全反射	30
第十节	棱镜	33
第十一节	色散	39
第十二节	光在球面上的反射和折射	41
第十三节	牛顿公式	48
第十四节	近轴物体经单球面反射成像	53
第十五节	拉格朗日-亥姆霍兹定理 横向、轴向和 角度放大率	56
第十六节	虹霓	62
本章小结		68
思考题		72
习题		73

第二章 共轴球面系统 光具组

第一节	实物和虚物	76
第二节	薄透镜的物像公式	79
第三节	球面反射镜和薄透镜的作图求像法	82
第四节	同轴光具组的拉格朗日-亥姆霍兹不变式	90
第五节	同轴光具组的基点和基面	92
第六节	光具组的成像公式	95
第七节	最简单的光具组	101
第八节	同轴光具组的组合	104
第九节	厚透镜	109
第十节	空气中薄透镜的组合	115
第十一节	像差的成因	119
第十二节	单色像差	121
第十三节	色差	129
本章小结		132
思考题		136
习题		137

第三章 光度学

第一节	辐射通量 光见度函数 光通量	140
第二节	发光强度	144
第三节	照度	148
第四节	亮度	152
第五节	光度计	156
本章小结		158
思考题		159
习题		160

第四章 光学仪器

第一节	眼睛	161
第二节	视角及光学仪器的放大率	169
第三节	放大镜和目镜	171
第四节	显微镜	174
第五节	望远镜	178
第六节	幻灯机	185
第七节	照相机	188
本章小结		191
思考题		193
习 题		194

第五章 光的干涉

第一节	光的干涉现象	195
第二节	波方程式及各特征量的意义	197
第三节	光波的叠加	203
第四节	光的相干条件	207
第五节	两束光的干涉	211
第六节	薄膜干涉	227
第七节	劈尖的干涉和牛顿环	238
第八节	迈克耳逊干涉仪	245
第九节	干涉现象的应用	251
本章小结		257
思考题		259
习 题		261

第六章 光的衍射

第一节	光的衍射现象	263
-----	--------	-----

第二节	惠更斯-菲涅耳原理	267
第三节	菲涅耳圆孔衍射	268
第四节	圆盘衍射	279
第五节	夫琅和费单缝衍射	280
第六节	夫琅和费双缝衍射	295
第七节	多缝衍射 衍射光栅	307
第八节	夫琅和费圆孔衍射	318
第九节	光学仪器的分辨本领	320
本章小结		327
思考题		329
习 题		331

第七章 光的偏振

第一节	自然光和偏振光	333
第二节	利用反射和折射获得偏振光	339
第三节	双折射	346
第四节	利用双折射现象获得平面偏振光	355
第五节	波片 圆偏振光和椭圆偏振光	363
第六节	人为双折射现象	372
第七节	旋光性	376
本章小结		384
思考题		385
习 题		386

第八章 光的吸收、散射和色散

第一节	光的吸收	388
第二节	光的散射	392
第三节	光的色散	395
本章小结		401

思考题	402
习 题	402

第九章 光的量子性

第一节 光电效应	404
第二节 光量子（或光子）理论 爱因斯坦方程	408
第三节 光电效应的实际应用	411
第四节 波粒二象性	414
本章小结	417
思考题	418
习 题	418
习题答案	420
附录 I 基本物理常数表	425
附录 II 液体折射率表（对5893埃）	426
附录 III 常用晶体及光学玻璃的折射率表 （对5893埃）	427
附录 IV 晶体的折射率 n_o 和 n_e 表（对5893埃）	428

第一章 几何光学的基本原理

几何光学是不考虑光的波动本性，而仅以光的直线传播性质为基础，来研究光在各种透明介质中传播问题的光学。几何光学的理论基础是通过大量的实际观察和直接实验得到的几个基本定律：光的直线传播定律、光的独立传播定律、光的反射和折射定律。

光，就其本质来讲，是电磁波。因此，要研究光在物质中传播的规律，应采用以光的波动性质为基础的波动光学，才能得到准确的结果。然而我们在日常生产和生活中，并不是总需要严格的解。由于以光的直线传播定律为基础的几何光学是对光的实际行为的近似，若研究对象其几何尺寸远大于所用光波的波长，则利用几何光学的基本理论可以获得与实际相符的结果，所以它仍为研究光传播问题的有力工具。

第一节 光束和光线 光(束)的独立传播定律

点状光源所发的光，在均匀介质中向空间所有方向均匀传播，波面是球面。在通常情况下，我们仅注意球面光波中的一小部分，即顶点在点状光源的一个锥体，这样的锥体称为光锥。当波面与光源距离很远时，波面可看作是平面的。在这种情形下，我们只须考虑平行于光的传播方向的一个柱体，这样的柱体称为光柱。光锥和光柱统称为光束。

有些物体本身不发光，但当其它光源所发出的光照射到这些物体时，可能有一部分光从该物体表面反射出来，这些物体可视为间接光源。总之，不论本身发光的物体，还是反射光的物体，都可视作光源，它的表面上的任一点都可视作光束的顶点。

光是电磁波，光的传播是电磁能的传播。正常人眼受到这种电磁能的刺激就能引起视觉。当光束进入瞳孔后就能引起我们的视觉，但我们所看见的是发出光束的光源，而不是光束本身。若光束在空间进行，而不入人眼，则我们一无所见。然而光在通过充满尘埃的空间中传播时，我们可以看见光束。例如，暗室内有光自小孔透入，我们可以清晰地看见光束的形状大小。但这是因为室内空气中有尘埃，凡是在光束所经过的范围内的尘埃都被照亮而作为间接光源，所以为人眼所见。若将暗室壁上的小孔遮蔽一部分，则射入室内的光束截面将缩小，置于这光束中的光屏上受光部分的面积也将缩小，但屏上所受到的光的性质不变。即无论光的颜色，以及其它性质都和小孔没有被部分遮蔽以前相同，而且不论遮蔽哪一部分，结果都一样。由此可知，一个光束可以分成几个光束，彼此不受影响，几个光束可以合成一个光束，彼此可以叠加，这便是光（束）的独立传播定律，也是光学现象的基本定律之一。

所谓光线，就是表示光的传播方向的线，在各向同性介质中，光线垂直于波面。光线仅表示光束中某部分的传播方向，并不表示光束的能量。有时我们说到光束中所有的光线，是指光束中所有传播方向不同的光线。显然，光线不是指截面积无限小的光束。

第二节 光的直线传播现象

(一) 针孔成像

如图1·1所示，在暗匣壁上开足够小的孔。匣外物体 AB 发出的光，经小孔 O 入匣，在对面的屏上，能形成和匣外物体相似

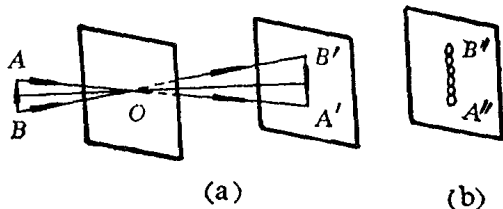


图 1·1

清晰的像 $A'B'$ ，但此像上下倒置。物和像的大小之比等于它们至小孔的距离之比。这种现象可以用光的直线传播定律来解释。因为由物体发出的光，是向所有方向以直线传播出去的，物体上任意一个发光点，只能在沿着与小孔成一直线方向的屏上形成一个亮点，其它的光线都被挡住了，所以物体上的每一个发光点，都将对应地在对面的屏上留下一个亮点，这许多亮点集合起来，就形成了物体的像。

如果孔 O 过大，则由物体 AB 上任意一点 A 发出的光，按光的直线传播定律，进入匣内的光线在对面的屏上形成一个光圈 A'' ，已不是清晰的亮点，如图1·1(b)所示。同理，由物体上其它各点发出的光亦然，这样物体上各点经孔 O 在对面的屏上形成的像互相重叠。孔眼愈大，重叠部分也愈大，结果使像模糊或不成像。反之，如果孔 O 过小，则也不能成像。这是由于光的衍射现象，使光不再沿直线传播的缘故（详见第六章光的衍射），故孔的大小必须选择适当。

(二) 影和蚀

当光源足够小可视为点状光源而障碍物体又足够大时，光照在光屏上的影子与障碍物体有完全相似的形状。此时连接光源至障碍物体边缘所有各点的直线，都通过影子的边缘，光屏上任意一点至光源的直线与障碍物体相交者都在影内，即受不到光的照射；不相交的各点都在影外，受光的照射。影子的大小与物体的大小之比，等于它们到光源间的距离之比。实际上，一切光源都有一定大小，根据光束独立传播定律，光源上的各点都可视为独立的点状光源，其在光屏上所起的作用，可视为所有这些点状光源的作用之和。

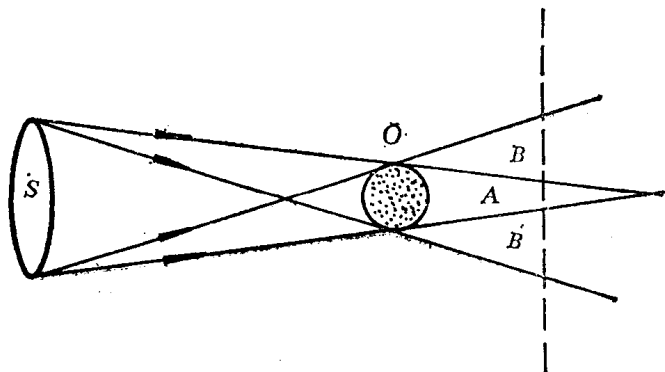


图 1·2

图1·2中的 S 为光源， O 为不透明的障碍物体，它后面的一部分锥状空间 A 内完全不受光的作用。由 A 内的任意一点引至光源上任意一点的直线，都必须穿过障碍物体 O ，所以不可能有光通过这部分空间，这部分空间称为本影。本影之外的另一部分空间 B 称为半影。由 B 内任意一点仅能与光源上相应的点以直线连接而不穿过障碍物体，所以从光源上相应的点所发出的光能通过这里。离本影愈远的部分受光

愈多，半影之外则为整个光源所照亮，与障碍物是否存在无关。若置一光屏于物后（图中虚线所示），则我们可观察到本影、半影和明亮的部分。注意，自本影至半影，自半影至明亮的部分，其间明暗的变化不是突然的，半影者只不过是从小完全明亮的区域，逐渐变成完全黑暗的区域之间的过渡，所以不透明的障碍物受较大的光源照射时，其在光屏上的影无清晰的边缘，明暗是逐渐变化的。当障碍物较光源小时，在障碍物后较远处本影已不存在。实际上，在上述情况下，本影的长度是有限的，已成为本影锥。如图1·2所示。日蚀和月蚀现象也可以此来说明。

月球绕地球运转，地球又绕着太阳公转。当月球运行到太阳和地球之间时，它的影子可能投射到地球表面上来，于是发生了日蚀。若地球表面的某区域进入月球的本影锥内，则在该区域内完全不能看见太阳，这种现象就叫做日全蚀。若地球表面的某区域进入月球的半影内，则在该区域内便观察到日偏蚀现象。

又月球本影的长度约在地球半径57倍至59倍之间，而地球到月球的距离，约在地球半径的55倍至62倍之间，故月球的本影，有时能达到地面，有时不能。当其不能达到地面时，在地面上正对这本影锥顶点的地方，还能够看见太阳的外环，这种现象叫做日环蚀。

当地球运行到太阳和月球之间时，若月球进入地球影内，则日光不能照到月球上，这种现象叫做月蚀。但地球本影的长度约为地球半径的216倍，它远远超过了地球与月球之间的距离，因而月的环蚀现象永远不会发生。

（三）视差

由于光的直线传播，使观察者眼睛位置的改变引起诸物体相互位置表观上的差异现象叫做视差。例如有远近两物体 A 和 B (图1·3)，当观察者在 E_1 处观察 A 和 B 时，见 A 在 B 的左边；在 E_2 处观察 A 和 B 时，则见 A 在 B 的右边，正是由于这种效应，我们才能辨别两物体的远近。测定虚物的位置时，也常根据这个道理，例如当一指针与虚物的位置完全符合时，不论观察者眼睛的位置如何改变，两者将不呈现相对的位移。

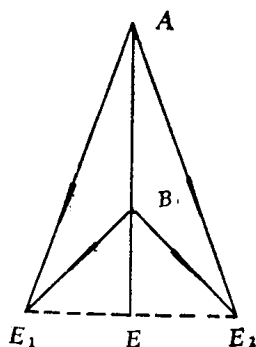


图 1·3

第三节 几何光学的基本定律

通过上述讨论，借助于光线的概念，可将几何光学的基本定律分述如下：

(一) 光的直线传播定律

在均匀介质中，光沿直线传播，即在均匀介质中，光线为一直线。

(二) 光的独立传播定律

自不同方向或由不同物体发出的光线相交时，对每一光线的独立传播不发生影响。

(三) 光的反射定律和折射定律

当光线由一介质进入另一介质时，光线在两个介质的分界面上被分为反射光线和折射光线。对于这两条光线的进行方向，可分别由反射定律和折射定律来决定。

(1) 反射定律

由实验得出，入射光线 AB (图1·4)，分界面 B 点的法线 NB 和反射光线 BC ，三者在同一平面内；反射光线和入射光线分居法线的两侧，并且反射光线与法线间的夹角 i'_1 (反射角) 等于入射光线和法线间的夹角 i_1

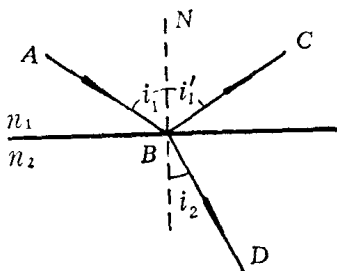


图 1·4

(入射角)，这就是光的反射定律。

(2) 折射定律

入射光线 AB ，分界面 B 点的法线 NB 和折射光线 BD ，三者在同一平面内；入射光线和折射光线分居法线的两侧，并且不管入射角怎样改变，入射角 i_1 的正弦与折射角 i_2 (折射光线与法线间的夹角) 的正弦之比，是一个取决于两介质光学性质及光的波长的常数，它与角 i_1 和 i_2 的大小无关。这就是光的折射定律，可表述为

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}. \quad (1-1)$$

式中 n_{21} 称为第二种介质 (折射光线在其中传播) 对于第一种介质 (入射光线在其中传播) 的相对折射率。

这里所说的第一种与第二种介质是任意的，显然入射光线也可在第二种介质中，这样我们也可以用 i_2 表示入射角，而以 i_1 表示折射角，于是 (1-1) 式应为

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = n_{12}. \quad (1-2)$$