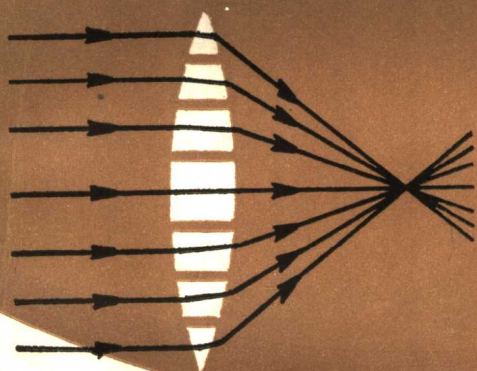


几何光学

中学物理辅导员丛书



周誉蔼 编著

科学普及出版社

中学物理辅导员丛书

几何光学

周誉蔼 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

本丛书系参照教育委员会制定的全日制中学物理教学大纲分册编写。本书对几何光学的基本定律进行了详细阐述，对其基本应用作了介绍。作者根据多年教学经验，将学生中容易产生错误的地方进行了对比分析，特别对几何光学中经常应用的作图法作了详尽介绍。每章后面附有练习题便于巩固所学内容。

本书作高中学生、自学青年及中学物理教师阅读。

中学物理辅导员丛书

几 何 光 学

周 誉 嵩 编著

责任编辑：朱桂兰

封面设计：王序德

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

妙峰山印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：5.875 字数：126 千字

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数：1—5,200册 定价：1.05元

统一书号：7051·1132 本社书号：1376

中学物理辅导员丛书

编委会成员

主 编 沈克琦

副主编 孙念台 李 椿 雷树人 王殖东
祁有龙

编 委 张继恒 王学斌 林 婉 焦树霖
陈培林

中学物理辅导员丛书已出版

静 电	张继恒	著
力和物体的平衡	焦树霖	著
稳恒电流	张继恒	著
流体静力学	张继恒	著
机械振动和机械波	王学斌	著
机械能 动量	焦树霖	著

前 言

多年以来，我国教育界、中学教师和中学同学们都深切感到，当前出版物中，真正适合中学生阅读的课外读物，特别是结合各门文化课教学的课外读物，为数实在太少。这种情况对于中学生生动活泼地学好文化课，巩固加深正课所学的基本知识，培养自学能力，扩大知识眼界和提高学习兴趣，都很不利。

本丛书就是根据这种需要而组织编写的。它的编写目的是为了帮助中学生深入理解物理学的基本概念和规律，更好地掌握物理学的基础知识和基本实验技能，有效地进行逻辑思维和抽象思维锻炼，加强分析问题和解决问题的能力，使他们能够更好地运用中学物理教材进行学习，扎扎实实学好物理课，以利于提高中学物理课的教学质量。

本丛书参照教育委员会制定的全日制中学物理教学大纲，按照全国统编高级中学物理教材的系统，分册编写。初中讲授过的而高中教材不再重讲的基础知识，如流体力学、热学、几何光学等内容，也另行分册编写辅导材料。

本丛书力求做到以下几点要求：

(一)内容密切结合中学现用统编教材，但又不是教材的简单重复。对教材中的重点和难点着重进行辅导；对容易混淆的概念和重点内容，必要时采取正误对比的方法加以讲解。在现行教材内容的基础上，适当地扩大、加深学生的知识领域。此外，还配合教材中有关章节，讲述一些物理学的研究方法和物理学发展历史中的重大事例，并注意做到理论联系实际。

(二) 在有关物理实验的内容方面，注意培养中学生观察自然现象和实验工作的能力。在实验分册中，除对教材规定的学生实验进行辅导外，还适当介绍一些教材中没有介绍的实验方法，以及读者利用简单器材可以自己在课外做的简单实验。

(三) 本丛书的体例，每一章一般分成三部分：第一部分是“本章内容摘要”，第二部分是“重点、难点问题的讲解”；第三部分是“复习思考问题和练习题”。根据教材各章内容的特点，必要时还叙述一些科学史知识、物理实验知识以及其他需要补充的知识。

内容摘要部分，力求简明扼要，突出一章的核心内容，反映全章各部分之间的相互关系，以及本章与前后篇章之间的联系。

“重点、难点问题解答”部分，要求讲清楚教材中的重点、难点问题，并适当地讲解一些有关知识。

“复习思考题和练习题”部分，力求每个题目都有明确的教学目的，着重题目的内容质量，而不是单纯地追求数量；注意理论联系实际，不选偏题和难度极大的难题。

例题的讲解尽量贯彻启发学生思维，培养思维能力的原则；要讲清楚解题的思路，避免单纯地教给学生死方法的做法。

我们希望：这套丛书能对于中学同学学习物理课起到一定的辅导作用；对于教师的教学起到一定的助手作用。

本丛书的内容和编写方法倘有不当之处，请读者不吝提出宝贵意见。我们将参考读者的意见，于再版时进行修订和补充。

《中学物理辅导员丛书》编辑委员会

目 录

前言

引言	1
第一章 光的直线传播	3
一、概述	3
二、重点、难点问题解答	4
练习题	13
第二章 光的反射	15
一、概述	15
二、重点、难点问题解答	16
练习题	42
第三章 光的折射	46
一、概述	46
二、重点、难点问题解答	47
练习题	92
第四章 光学仪器	100
一、概述	100
二、重点、难点问题解答	100
练习题	139
第五章 综合题分析与讨论	143
一、反射光线与折射光线的夹角	143
二、透明球	146
三、玻璃厚度	150
四、用显微镜测透明物体的折射率	151
五、凸透镜	156
六、平面镜与凸透镜的组合	160
七、凸透镜与凸透镜的组合	165
八、凸透镜与凹透镜的组合	169
九、牛顿反射望远镜	172
练习题	172
练习题答案、提示	175
参考书目	179

引 言

我们通过眼、耳、鼻、舌、身认识周围的世界，其中通过眼睛获得的信息占90%以上，这就难怪对于珍贵的事物我们常说象爱护眼睛一样爱护它；我们也很容易理解为什么人类在很久以前就开始对光进行仔细的观察和研究。2000多年前，我国的《墨经》（约公元前400年）中关于光的八条记载，叙述了光的直进、小孔成象、影的形成及光的反射、平面镜、凹面镜、凸面镜中的物象关系等。这些精辟的叙述说明，我们的祖先在那时对光传播的几何性质已经有了比较系统的正确认识，比西方欧几里德对光的认识约早100年，这是我们的骄傲。

“光是什么”是人们长期探索的问题。一开始就存在着争论。17世纪末牛顿创立了微粒说，认为光由许多很小的微粒组成，发光体向外发射微粒，微粒在空间中按牛顿第一定律沿直线运动。惠更斯创立了与之相对立的波动说，认为光是一种波动，发光体是振源，振动沿某种看不见的弹性媒质向外传播就形成光。微粒说占了100多年的统治地位，后于19世纪让位于波动说。到了20世纪初发现了光的波粒二象性，认识到光不是简单的机械微粒，也不是简单的机械波动，人们逐步获得了对光的本性的比较正确的认识。我们今后还要进一步探索对光的更深入的认识。

光学是古老的又是新兴的学科。近来由于科学技术的迅猛发展，光学的研究站到了现代科学技术的前列。激光手术

刀、激光打孔机、激光武器；光通信技术；光全息术；光学计算机等等这些应用越用越广泛的新生事物使我们获得一个印象：现代光学的发展正方兴未艾。

光学主要包括两大部分内容：几何光学和物理光学。几何光学是研究光在媒质中的传播规律及其应用的学科；物理光学是研究光的本性、光和物质的相互作用的学科。我们应该明确较早时期就已建立的几何光学定律是波动光学的近似，仅当光的波长比障碍物的线度小很多时才能应用。另一方面我们要强调指出几何光学定律在现代仍有着广泛的应用领域，这些规律仍然是照相机、电影机、望远镜、潜望镜等光学仪器设计的理论基础。

几何光学的定律共四个：

- (1) 光的直线传播定律；
- (2) 光的独立传播定律；
- (3) 光的反射定律；
- (4) 光的折射定律。

这四个基本定律是在人们观察、实验的基础上总结出来的。它们是几何光学理论的基础。正确理解和运用这几条基本定律就可以解决光的传播、成象等问题。我们应该密切联系所观察到的现象来学习几何光学的基本概念、规律和方法，要记住解释现象、解决实际问题是我们理解理论掌握理论的重要途径。

光，从更广泛的意义上说有可见光和不可见光，红外线、紫外线等是不可见光，我们在本书中只讨论可见光。可见光在真空中的波长不到1微米（ $0.39\sim 0.77$ 微米），因此在本书中我们谈到的障碍物、孔、反射面、折射面等的线度都比1微米大得多。

第一章 光的直线传播

一、概 述

本章基本概念、基本定律是：（1）光源、光束、光线的概念；（2）光的直线传播定律和光的独立传播定律；（3）光的速度。这些概念、定律是学习以后各章的基础。

发光的物体叫光源，如太阳、白炽灯、日光灯等。在几何光学中把光源分为两大类：点光源和扩展光源。当发光体没有大小是一个点时就是点光源，这是一种理想模型实际上不存在。研究点光源是非常重要的，因为：（1）发光体实际上有一定的形状、大小，它们是扩展光源。但扩展光源可看成由无数点光源组成，这体现出点光源是基本的。（2）当发光体的线度（发光体上任意两点间的最远距离）比我们研究的距离小很多时就可把发光体看成点光源，白炽灯泡从远处看是点光源，我们从地球看遥远的恒星也把恒星当成点光源，这说明点光源的研究有一定的实际意义。

光线和光束是两个不同的概念。光线是表示光传播方向的几何线。在均匀媒质中光沿直线传播，此时光线是直线。在非均匀媒质中光可能沿曲线传播，此时光线就是曲线。光的传播方向也就是光的能量传播方向。光束是通过一定面积的一束光线，即光束是通过一定截面光线的集合。

光的直线传播定律是本章的中心内容。对这个重要的物理定律我们要理解它的内容及它的适用条件，还要能应用这

个定律去解决具体问题，如：小孔成象、本影和半影、日食和月食等。

光的独立传播定律的内容是说光束在媒质中的传播情况，不受其它光束的干扰，如光束A和光束B在向前传播过程中在C处相遇，但相遇后光束A和B的传播情况不受影响，就好像没有相遇一样。光的独立传播是从大量实验事实中概括出来的，一个灯泡发出进入我们眼中的光并不因旁边其它灯泡发光与否而发生变化。画光路图时经常遇到光束交叉通过的情况，我们要广泛应用光的独立传播定律，认为一束光的光路不受其它光束的影响。

二、重点、难点问题解答

（一）我们怎样看见物体？

这是一个基本问题。长期以来人们分不清光和视觉的关系，在古代人们认为我们看见物体的物理过程是：眼睛发出一种射线，射线遇到物体就看见了这个物体。这好象伸手摸物体似的，叫触须说。触须说是错误的。在文学作品中我们常见“探询的眼光”、“我们的目光穿过迷雾”等形象的描述，我们不要把它们当成物理的真实。

我们看见物体的物理过程是：从物体发出光，这些光在空中传播，其中一部分进入我们眼睛，成象在视网膜上，我们便看见了物体。

为什么触须说错误而后一种说法正确？实践是检验真理的唯一标准，经验告诉我们，我们看见的物体有的亮有的暗；有的物体放在太阳光下很亮，放在背阳处就不太亮，放在黑暗处就看不见它了。这许多事实是触须说不能解释的，

因而触须说是错误的。

(二) 光线和光束

1. 我们能看见光线吗？

光线是人为地画出的表示光传播方向的几何线。点光源发出的光向各方向直线传播时我们画出光线如图 1-1 所示，这些光线（直线）表示光传播的方向。

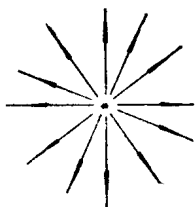


图 1-1

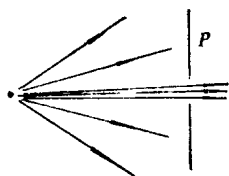


图 1-2

有时把光线看成无限细的光束，但我们应该明确单根光线是得不到的。如图 1-2 所示，点光源 S 发出的光经过孔 P 后得到一细光束，如果逐渐减小孔直径则光束越来越细，当孔直径趋近于零时我们能得到一根光线吗？实践告诉我们，当孔直径小到一定程度时如再减小孔直径光束不是变细而是变宽，这是因为以后要讲到的物理光学的衍射现象所致，所以我们不能得到一根光线。

根据上述可知我们不能看见光线，在一定条件下我们能看见光束。

2. 看见光束的条件是什么？

我们可以自己动手做一个实验来寻求看见光束的条件。如图 1-3 所示，做一个箱子内壁涂黑，箱子一面用玻璃以便

观察。箱子左、右相对面做两个小玻璃窗口。当光束由左面窗口射入箱内由右面射出时由于空气中有尘埃、微粒我们就能看见箱子中的光束。如果我们在箱子内壁涂一些甘油等到箱子内空气中灰尘被甘油吸附后就看不见箱子内的光束了，如图1-4所示。这时如果我们再往箱子内喷烟雾，我们又看见了光束。

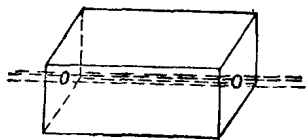


图 1-3

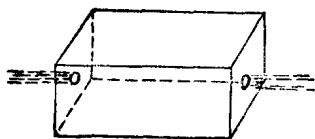


图 1-4

由此可见看见光束的条件是：光束通过的空间存在许多小微粒（灰尘、小水珠等）。因为小微粒能向四面八方散射光，一部分光进入我们眼睛引起视觉，我们看见的实际上是散射光的微粒。光束中微粒的散射暴露了光束的存在，如果没有微粒的散射我们就看不见光束。宇航员在宇宙空间举目四望，他看不见太阳向各方射出的光束，他感觉周围是一片黑暗，这是因为太空没有这些小微粒。如果他眼睛对着太阳则看见太阳异常耀眼，他对着地球能看见地球是蔚蓝色的，这是地球大气散射太阳光造成的。

（三）光的直线传播定律

1. 光沿直线传播的条件是什么？

条件是：真空中或同一种均匀媒质中。如光由空气射入水中，如果空气和水是均匀的则光在空气中和在水中都沿直线传播，光通过空气和水的交界面处传播方向要发生改变

(光垂直于交界面入射的情况例外)。如果空气各处温度不同造成空气不均匀则光在空气中不沿直线传播。

2. 这定律的适用范围如何?

我们学过的物理定律都有一定的适用范围,超出这个范围定律就不成立。光的直线传播也不例外,它的适用范围是:(1)光在传播过程中遇到的障碍物或孔、缝不能太小。可见光的波长不到1微米(百万分之一米),障碍物或孔、缝应比1微米大得多。(2)光传播的空间不能有太强的万有引力场。爱因斯坦的广义相对论和观察都表明光通过太阳附近光线会弯曲。

我们提出这个问题是要大家注意不要把定律绝对化,在我们后面所遇到的几何光学问题中光的直线传播定律是适用的。

(四) 小 孔 成 象

1. 小孔成象的概念

如图1-5所示,物体上一点A发出光经过小孔射到屏上一点A'处,B点发出光射到B'处。由于光沿直线传播,光屏上的象是上下、左右颠倒的。小孔成象表明光是沿直线传播的。

(1) 小孔照相机的象为什么比较清楚?

有人认为利用小孔成象做成的小孔照相机照出的相片是模糊的,理由是A点发出的光经过小孔射到屏上时形成的是一个光斑而不是没有大小的一个光点。的确,物体上的一点对应于屏上的一个光斑,但由于孔很小(0.2~0.3毫米),光斑也很小,可近似看成一个光点,成的象还是比较清楚。如果孔大了屏上的象就会变得模糊。不过孔也不是越小越清

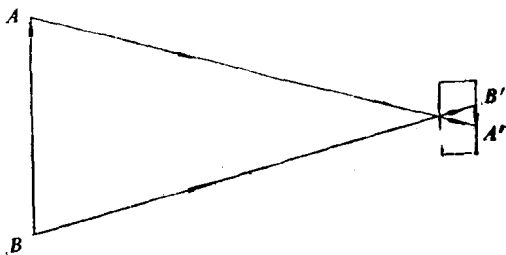


图 1-5

楚，孔太小光的衍射现象显著，象也会变模糊。

(2) 透镜照相机比小孔照相机好在哪里？

小孔照相机构造简单是很大的优点，它的主要缺点是小孔进的光很微弱，照相底片感光时间很长（几分钟~几十分钟）。用小孔照相机照静止物体还可以，照运动物体就不行了。用透镜做的照相机进入照相机内的光比小孔强得多，感光时间很短，成的象也更清楚。

2. 小孔成象的计算

【例题】 小孔照相机的屏与孔的距离为10厘米，象的大小是物体的 $\frac{1}{20}$ 。问物体距孔多远？

【解】 画光路图非常重要。根据题意画出光路图如图1-6所示， AB 表示物体， $A'B'$ 表示象。

由图可知 $\triangle APB \sim \triangle A'PB'$

$$\therefore \frac{u}{v} = \frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}}$$

$$\therefore u = \frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}} \cdot v = 20 \times 10 \text{ 厘米} = 200 \text{ 厘米}。$$

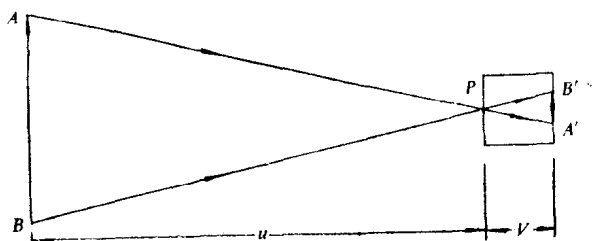


图 1-6

(五) 物体的影和日食、月食

1. 本影和半影

如图1-7所示光路是根据光的直线传播定律和光的独立传播定律画出的。在右面光屏上 CD 间的区域光线射不到是全黑叫本影。 EC 、 DF 间区域，光源的光一部分能射到，一部分不能射到不全黑叫半影。

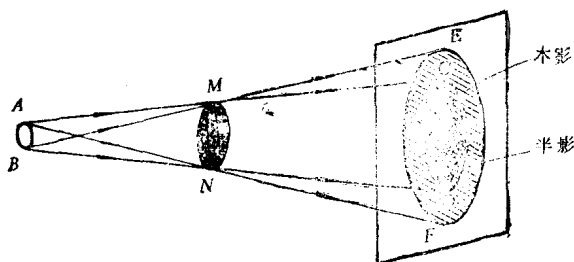


图 1-7

由图可见，决定本影和半影的大小、形状的因素有：

- (1)光源的大小、形状；
- (2)不透明物体的大小、形状；
- (3)光源与物体间的距离、相对位置；
- (4)光屏与物体间的距离、相对位置等。