



仪器仪表工人 技术培训教材

物 理 光 学

(上册)

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机 械 工 业 出 版 社

仪器仪表工人技术培训教材

物 理 光 学

(上册)

机械工业部仪器仪表工业局 统编



机械工业出版社

本书是为光学仪器类工人技术培训的需要而编写的。

全书共分上、下两册，本书为上册，主要讲解物理光学的基本理论，内容包括：光与色的知识，光与波的传播原理，光的干涉，光的衍射，以及它在光学仪器中的应用等。

本书由南京电影机械厂主编，由雷伟佳、陈友亮同志编写，毛秀娟、邓鹤鸣同志参加审稿。

物 理 光 学

(上册)

机械工业部仪器仪表工业局 统编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可証出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 5.5 · 字数 106 千字

1985 年 3 月北京第一版 · 1985 年 3 月北京第一次印刷

印数 00,000—5,100 · 定价 70 元

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

IV

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年十二月

目 录

前 言

第一章 光与色的知识	1
1-1 光的学说发展简介	1
1-2 光的色散 光谱	2
一、色散与光谱	2
二、棱镜光谱仪器	5
1-3 色的知识	7
一、互补色与基色	7
二、物体的颜色	8
复习题	9
第二章 波 光波	10
2-1 波	10
一、振动与波的产生	10
二、横波与纵波	11
三、振幅与能量	13
四、周期与频率	13
五、波长与波速	14
六、相位	16
七、波前 波面 波线	17
2-2 波的共同性质	18
一、波的迭加原理	18
二、波的干涉现象	20
三、波的衍射现象	23

V

四、惠更斯原理	24
2-3 光波	27
一、光与波	27
二、光的干涉现象	27
三、光的衍射现象	29
四、光速 频率 波长 光程	30
复习题	35
第三章 光的干涉	37
3-1 光的干涉规律	37
一、干涉条纹	37
二、实现相干的条件	43
三、实现相干的方法	46
四、半波损失现象	48
3-2 楔形空气层干涉	50
3-3 等厚干涉的应用	55
一、光圈与表面质量检验	55
二、等厚干涉在测量中的应用	61
3-4 薄膜干涉	66
一、薄膜干涉现象	66
二、光学厚度	67
三、反射率与透过率	68
四、光学薄膜的干涉原理	71
五、膜层的反射率	75
六、反射率与膜层光学厚度的关系	79
3-5 光学薄膜的应用	81
一、增透膜	81
二、反射膜	87
三、分光膜	88
四、干涉滤光膜	89

3-6 干涉仪	90
一、平面干涉仪	91
二、迈克尔逊干涉仪	92
三、泰曼干涉仪	94
四、法布里-珀罗干涉仪	96
复习题	100
第四章 光的衍射	104
4-1 光的衍射种类 惠更斯-菲涅尔原理	104
一、衍射的种类	104
二、惠更斯-菲涅尔原理	104
4-2 单缝衍射	106
一、衍射条纹的分布	106
二、缝宽对衍射条纹的影响	113
三、白光的单缝衍射图样	115
4-3 衍射光栅	116
一、双缝和多缝衍射	116
二、衍射光栅	119
三、衍射光谱	122
四、常用光栅 光栅光谱仪器	125
4-4 圆孔衍射	129
一、衍射条纹的分布	129
二、白光的圆孔衍射图样	133
4-5 光学系统的分辨率	133
一、瑞利判据	133
二、光学系统的分辨率	134
三、分辨率的测量与星点检验	141
复习题	147

目 录

实验	148
实验一 光圈的观察	148
实验二 薄膜增透效应	148
实验三 光栅光谱的观察	149
实验四 分辨率与星点衍射的观察	149

在光学仪器制造过程中,经常接触到许多光学现象,如光圈、薄膜颜色及星点衍射图样等,要考察这些光学现象,就要涉及到光的本性问题。物理光学这门课程的任务,就在于研究光的本性及其规律,以及它在生产方面的应用。

第一章 光与色的知识

1-1 光的学说发展简介

光学是一门有悠久历史的学科。远在古代,人类对于光的现象,就已积累了许多知识。在我国,对光学现象的研究,早在《墨经》中就有文字记载。书中已能运用光的直线传播原理,解释针孔成象的实验结果。比古希腊欧几里德的记载要早百余年。

但是,光到底是什么?光在物理上又应该怎样来解释呢?

对于光的本性问题,远在十七世纪就已形成两派不同的学说。一派是牛顿所主张的光的微粒说,他们是根据几何光学规律和力学规律之间有着很大的相似之处,例如,光的直线传播类似于物体按惯性作直线运动,光的反射和球体对于坚硬表面的弹性碰撞都是相似的,因此,他们就认为光是从发光体发出的,而且以一定速度向空间传播的一种微粒。另一派是惠更斯所倡议的光的波动说,他们根据水波、声波等波的传播形式而认为光也是在介质中传播的一种波动。这两

种学说都能解释光的反射和光的折射现象。但是，在解释光线从空气进入水中的折射现象时，微粒说的结论是水中的光速大于空气中的光速；而波动说的结论是水中的光速小于空气中的光速。当时人们还不能准确地用实验方法测定光速，因而无法根据折射现象去判断这两种学说究竟哪种正确。

往后，人们又发现光有干涉、衍射（又称绕射）和偏振等现象，这些现象是波动的特征。后来又用实验方法测定了水中的光速，证实水中的光速小于空气中的光速。这些事实都为光的波动说提供了重要实验根据。

由于当时的波动理论错误地认为光波也是一种机械波，因此不得不臆造一种能传播光波的介质，叫做“以太”。但是，“以太”实际上是不存在的。

麦克斯韦在十九世纪七十年代，根据实验所显示的光学现象与电磁现象间的内在联系，发展了光的波动学说，建立了电磁理论。他认为光波也是一种电磁波。从本质上证明了光和电磁现象的统一性，并为大量实验所证实。

十九世纪末，为了解释光电效应等新发现的现象，又必须假设光是一种具有物质性质的粒子所组成。为此，在1905年爱因斯坦又提出了光子假设：光子同其它物质相似，有能量、质量和动量。

随后，人们逐渐认识到光的波动性和粒子性是相互并存的，称为光的波粒二象性。近代物理又进一步发现了实物粒子也同样具有波粒二象性。

1-2 光的色散 光谱

一、色散与光谱

天空中的彩虹是自然界的一种光学现象。如果在室外背

向太阳站着，往空中喷一口水，就会看到一条美丽的半圆形小彩虹。这些绚丽的彩色是太阳光经悬浮在空气中的细小水珠中折射后出现的，因此，可以认为，所产生的许多色光是来源于白光。

牛顿在 1665 年曾用棱镜研究了白光产生色光的现象。他让一束太阳光射到三棱镜的一个侧面上（图 1-1），就会看到经过折射后从棱镜另一侧面射出一束发散的色光。为了便于观察，让这些光投射到白色屏幕上，于是，在屏幕上就出现一条明亮的彩色光带，它包括红橙黄绿青蓝紫等色，与虹的色带相似，这就是一种光的色散现象。从各种色光在屏幕上的位置可知，通过棱镜后，红光偏折程度最小，紫光偏折程度最大，而其它颜色的光分别占据中间一些位置。

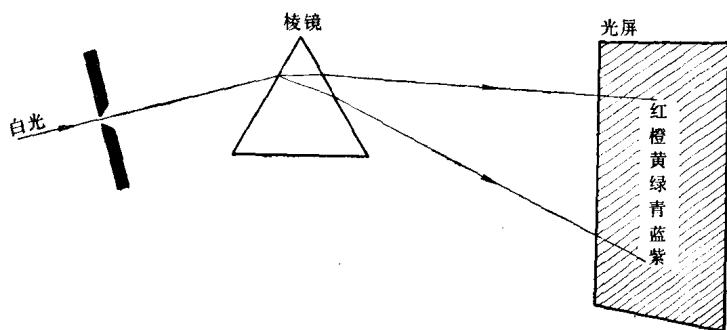


图1-1 白光的色散

为了查明是否棱镜改变了光的颜色，牛顿让其中某一色光，例如红光，再通过一个棱镜（图 1-2 a），结果发现它只是进一步略微分开，但仍然是红色光，它不同于原来的白光，不能再分解成各种彩色光。进一步实验查明，各种色光通过棱镜后各有一定的偏折角度，依次通过几个同样的棱镜，

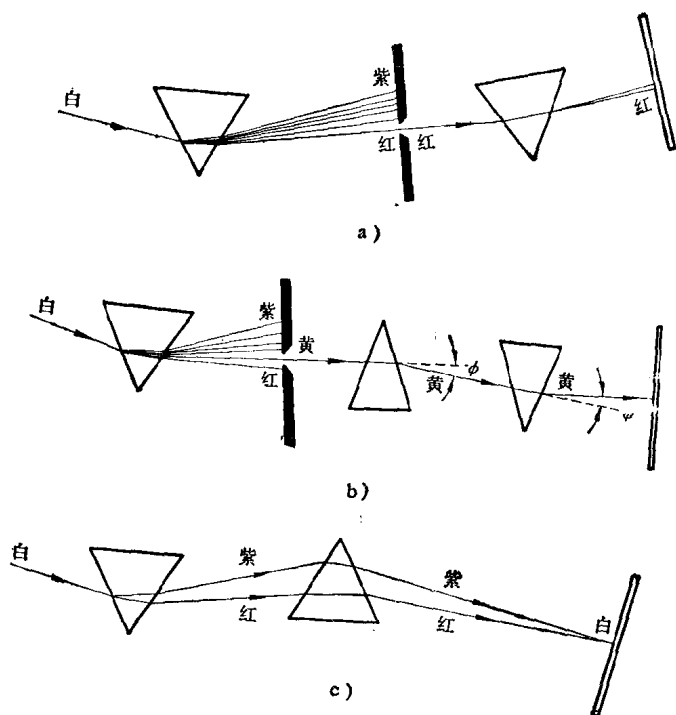


图1-2 棱镜色散实验

a) 用棱镜进一步分解一种色光，色光颜色不变 b) 一种色光通过相同棱镜的偏折角度相同 c) 各色光又合成白光

黄色光每次的偏折角度都相同，总是小于绿光而大于红光（图 1-2 b）。这些实验表明，棱镜并不能改变光的颜色，但能使不同的色光发生不同程度的偏折。

牛顿在上述实验结果的基础上，认为白光不是单纯的一种色光，而是由各种色光合成的。为了验证自己的判断是否正确，牛顿用另一棱镜使分散开来的各色光向相反方向偏折再汇合到一起（图 1-2 c），结果又得到了白光。

这样，通过棱镜的色散实验表明了白光是由各种色光合

成的，从白光中可以分解出各种色光。不能分解为其它色光的单一色光，叫做单色光。由单色光合成的色光，叫做复色光（如白光）。复色光通过透明材料（如棱镜）以后分解成单色光的现象，叫做光的色散。色散现象中，各成分色光按一定次序排列成的光带，叫做光谱。从红色光到紫色光这段光谱，人眼是能够看见的，称为可见光谱。此外，在可见光区范围外还存在人眼看不见的红外线和紫外线，它们的光谱称为不可见光谱。

光进入透明材料时产生折射，偏折程度与折射率的大小有关，折射率越大，则偏折程度也越大。因此，从不同色光通过棱镜时偏折程度的差异，可以推断同一棱镜材料对不同的色光具有不同的折射率。红光的偏折程度最小，因此，棱镜材料对红光的折射率也最小。紫光的偏折程度最大，因此，棱镜材料对紫光的折射率也最大。这些折射率可以用实验方法测定。表 1-1 列出了冕牌玻璃 K9 对各种色光的折射率。

表 1-1 冕牌玻璃 K9 的折射率

色 光	红	橙	黄	绿	青	蓝	紫
折射率	1.513	1.515	1.516	1.518	1.522	1.526	1.530

二、棱镜光谱仪器

棱镜单色仪及棱镜摄谱仪就是利用棱镜色散现象的光谱仪器。

单色仪是一种把光束分解成单色光的仪器，通常与光电记录装置配合使用。

如图 1-3 所示，当一束光由入射狭缝 A 入射到凹面反射镜 B 后成平行光，然后由平面反射镜 C 反射到棱镜 P 上，再经棱镜的色散作用分解成光谱，并由凹面反射镜 D 聚焦于出

射狭缝 E 后射出。转动棱镜的位置，就可选择光谱中射出区段的各种色光。适当调节入射狭缝及出射狭缝的宽度，就可以获得单色程度不同、光强也不不同的各种近似单色光。

使用棱镜摄谱仪的目的，在于获得光谱的永久性记录。

如图 1-4 所示，入射光经平行光管 B 后变成平行光，这束平行光投射到棱镜 P 上，经棱镜色散分解成单色光，再由透镜 C 聚焦于照相底片 D 上，从而获得光谱象。这种光谱象，实际上是入射狭缝 A 按光谱分解而排列起来的放大图象。用白光照明时，因白光是由各色光组成的，因此，各色光的狭缝象在底片 D 处连成一片而成连续的光谱区，这种在整个光谱区内没有间断的光谱，称为连续光谱。如果改用单色光源照明，如氦氖激光光源，经分解后也

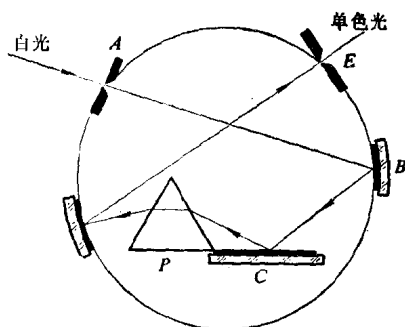


图1-3 单色仪光路示意图

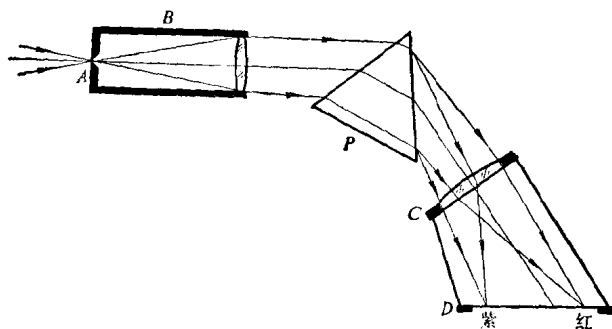


图1-4 棱镜摄谱仪光路示意图

仅有一条红色光的狭缝象，其他色光的狭缝象都不存在。如果在底片 D 处放置一毛玻璃片，就可以发现在黑暗背景上仅有一条红色的线条形状的光谱，这种在黑暗背景上呈现明亮线条的光谱，称为线光谱。相反，在明亮背景上呈现黑暗线条的光谱也称为线光谱。这些线条称为光谱线。

1-3 色的知识

一、互补色与基色

牛顿色散实验表明，白光可以分解成单色光，而各种色光又可合成为白光。但是，两种不同的色光，如红色与青色，黄色与蓝色，绿色与品红（紫红色），这些色光互相迭加，也能合成为白光。能合成白光的任何两种色，称为互补色。因此，对单色光来说，红色与青色、黄色与蓝色、绿色与品红色互为补色。

用不同颜色的光束所做的实验表明，大多数色都可以用三种不同的色来表示。把可见光谱两端和中间部分的色光按一定比例混合起来，可配成大多数色彩。能用于这种配色实验最有成效的三种颜色是红、绿、蓝三色，它们是互相独立

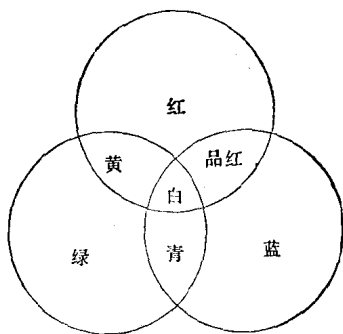


图1-5 三基色与互补色

的，即其中任一种都不能用另外两种配得。因此，红、绿、蓝这种互相独立的三色，称为三基色（三原色）。

把三基色投射到一个白色屏幕上，如图 1-5 所示，可以把三束光调节成重迭，使三基色产生相加混合。可以发现，绿光和蓝光合成青色，即红光的互补色。红光和蓝光合成品红色，即绿光的互补色。绿光和红光合成黄色，即蓝光的互补色。因此，两基色合成第三基色的互补色。当三基色重迭时则产生白光。

二、物体的颜色

色是光到达人的眼睛所显示的一种性质。物体所显示的颜色是物体从入射于它的光中吸收了某种颜色的光和反射了其他颜色的光而造成的。例如，一块在日光中显示蓝色的布，在暗室里把它放到太阳光谱的红色部分，布就成为黑色。一块红布放到太阳光谱的蓝色部分也成为黑色。因此，一个不透明物体的颜色依赖于它的反射光的颜色。如果一个物体把它所受到的光全部反射，它就是白的。如果一个物体把投射于它的光线完全吸收，这个物体就是黑的。如果一个物体只反射红光而吸收所有其他的光，这个物体就是红的。一块蓝布在红光下看是黑的，是因为这里没有蓝色光反射，而它吸收了所有其他的色光。因此，一个不透明物体的颜色也依赖于入射于它的光的颜色。

通常的窗玻璃能透过所有的色光，叫做无色。红玻璃只透过红光而吸收其余的色光，因而呈现红色。所以，透明物体的颜色依赖于它们的透射光的颜色。透过红玻璃观看白光，显现红色。如果观看蓝光，则显现黑色，因为这里没有红色光透射，而它吸收了所有其他的色光。因此，一个透明物体的颜色也依赖于入射于它的光的颜色。