

◎ 基于工作过程的眼视光技术专业教材

# 眼视光应用光学

主编 刘 意

YANSHIGUANG YINGYONGGUANGXUE



郑州大学出版社

◎ 基于工作过程的眼视光技术专业教材

# 眼视光应用光学

主编 刘 意

常州大学图书馆  
藏书章

常州大学图书馆

**图书在版编目(CIP)数据**

眼视光应用光学/刘意主编. —郑州:郑州大学出版社,2011.8  
(基于工作过程的眼视光技术专业教材)  
ISBN 978-7-5645-0537-0

I. ①眼… II. ①刘… III. ①眼视光-应用光学-教材  
IV. ①R77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 150354 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南龙华印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:17.5

字数:406 千字

版次:2011 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2011 年 8 月第 1 次印刷

---

书号:ISBN 978-7-5645-0537-0

定价:38.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

**主 编** 刘 意

**副主编** 王志立 马俊磊

**编 者** (以姓氏笔画为序)

马俊磊 王志立 刘 意

严 凯 张 敏 荆海燕

舒宝童

眼视光应用光学与眼镜定配技术、视觉器官的生理、光学、验配技术等紧密关联,是一门交叉学科,也是眼视光专业重要的基础课程。

本教材涵盖了眼视光技术专业的几何光学、物理光学、眼镜光学三大部分。其中几何光学介绍了光、光学成像、光阑、像差理论、眼视光器械原理,并成功的过渡到与眼视光相关的物理光学;物理光学重点介绍了光的干涉、衍射、偏振等;眼镜光学重点介绍了眼镜成像、近视、远视、散光成像的光学原理,各种眼镜片的设计原理,屈光力的计算。内容从最简单的单光眼镜过渡到双光眼镜再到目前最新的渐进多焦点眼镜。本教材结合了编者多年的教学积累,创新教学思路,采取“模块导向、任务驱动”的编写方法,每一个模块不仅明确指出了理论知识要点和技能要点,对每一个技能性问题,在编写方法和编写实例上做了“案例导入”的尝试,并在每一个任务的最后都安排了课后任务,力求达到“工学结合”的实际效果。

本教材精选典型插图 210 多幅,基本计算公式 130 多个,代表例题及其解答 110 多例,理论适中,实例丰富,深入浅出,易教易学,既可作为高职高专院校眼视光技术专业的教材,也能满足中专、中职(技校)院校相关专业的教学需要,还可作为社会培训教材、职业资格证书参考书和自学用书。

在教材编写过程中得到了郑州铁路职业技术学院领导、天津医科大学姚进教授、高祥瑞教授的大力支持,在此谨致以衷心感谢!

由于水平所限,本教材难免存在一些错误或不足,深望各位同道不吝教正,以便再版时得以及时改正。

**编者**

**二〇一一年五月**

# 目 录

## 模块一 几何光学

### 项目一 几何光学相关定律与原理

任务一 光的基本特性 .....	1
一、光 .....	1
二、光源 .....	2
三、光强与光谱 .....	3
任务二 几何光学的基本概念 .....	5
任务三 基本定律与基本原理 .....	9
一、光的直线传播定律 .....	9
二、光的独立传播定律 .....	10
三、光的反射定律和折射定律 .....	10
四、光路可逆性原理 .....	11
五、一些自然现象 .....	11
任务四 惠更斯原理 .....	14
一、波的几何描述 .....	14
二、惠更斯原理 .....	15
三、菲涅耳对惠更斯原理的改进 .....	16
四、惠更斯原理的应用 .....	17
任务五 费马原理 .....	20
一、光程 .....	20
二、费马原理 .....	21
三、费马原理的应用 .....	21

## 项目二 几何光学成像

任务一 平面反射镜成像 .....	25
任务二 球面反射镜成像 .....	27
一、球面反射镜的结构 .....	28
二、球面反射镜的近轴成像 .....	28
任务三 单界面折射成像 .....	31
任务四 透镜成像 .....	37
一、薄透镜成像 .....	37
二、透镜的有效镜度 .....	40
三、厚透镜成像 .....	41
任务五 理想光学系统成像 .....	48

## 项目三 光阑及其作用

任务一 孔径光阑和光瞳 .....	53
一、孔径光阑 .....	54
二、光瞳 .....	54
三、主光线、相对孔径 .....	55
任务二 视场光阑与窗 .....	56
一、视场光阑 .....	56
二、窗 .....	56
三、视场的度量方式 .....	57
四、渐晕 .....	57
任务三 景深与焦深 .....	59
一、景深 .....	59
二、焦深 .....	59
三、光瞳中心为基准点的成像公式 .....	59
四、景深公式 .....	60
五、焦深公式 .....	61
六、远心光路 .....	62

## 项目四 像差

任务一 像差的种类以及特点 .....	65
---------------------	----

一、像差 .....	65
二、分类 .....	66
三、单色像差 .....	66
任务二 色差 .....	69
一、位置色差 .....	70
二、倍率色差 .....	70
任务三 波像差 .....	71
一、波像差 .....	71
二、像差仪 .....	72
三、操作技术 .....	74
四、参数分析及临床应用 .....	76

## 项目五 眼视光学仪器的基本原理

任务一 人的眼睛 .....	81
一、人眼的结构 .....	81
二、简化眼 .....	82
三、人眼的调节功能 .....	82
任务二 助视仪器的放大本领 .....	84
一、放大本领的概念 .....	84
二、放大镜 .....	85
三、放大镜在低视力保健和康复中的应用 .....	86
任务三 目镜 .....	87
一、目镜的作用 .....	87
二、两种目镜 .....	87
任务四 显微镜的放大本领 .....	89
一、显微镜的光路图 .....	90
二、显微镜的放大本领 .....	90
三、显微镜的主要技术指标 .....	91
四、显微镜的应用 .....	92
任务五 望远镜的放大本领 .....	93
一、开普勒望远镜 .....	93
二、伽利略望远镜 .....	94
三、反射式望远镜 .....	95
四、激光扩束器 .....	96
五、望远镜的主要性能指标 .....	97
六、望远镜在低视力保健和康复中的作用 .....	97



任务六 助视仪器的分辨本领 .....	98
一、分辨本领 .....	98
二、人眼和助视仪器的分辨本领 .....	100
三、望远镜物镜的分辨本领 .....	100
四、显微镜物镜的分辨本领 .....	100
任务七 分光仪器的分辨本领 .....	103
一、棱镜光谱仪 .....	103
二、光栅光谱仪 .....	106

## 模块二 物理光学

### 项目六 物理光学相关基础知识

任务一 光的波粒二象性 .....	111
一、光的波动说 .....	112
二、光的微粒说 .....	112
三、光的波粒二象性概念 .....	112
任务二 光的干涉 .....	114
一、光的相干性 .....	114
二、光程和光程差 .....	114
三、杨氏干涉实验 .....	115
四、薄膜干涉 .....	116
五、等厚干涉 .....	117
任务三 光的衍射 .....	119
一、光的衍射现象 .....	119
二、单缝衍射 .....	120
三、圆孔衍射 .....	122
四、光栅衍射 .....	124
任务四 光的偏振 .....	126
一、自然光和偏振光 .....	126
二、偏振片起偏和检偏 .....	127
三、布儒斯特定律 .....	128
四、偏振片在眼视光临床上的应用 .....	129
任务五 光的散射与眩光 .....	130

一、光的散射 .....	130
二、眩光 .....	132
任务六 光度学基础 .....	134
一、光度学 .....	134
二、辐射(能)通量 .....	134
三、视见函数(光见度函数) .....	134
四、光通量 .....	135
五、发光强度 .....	135
六、照度 .....	136
七、亮度 .....	137
八、反射比与反射光能损失 .....	137
九、光度学与视觉 .....	138
任务七 色度学基础 .....	139
一、颜色和人的色觉 .....	139
二、颜色的分类及其属性 .....	140
三、颜色混合以及颜色混合定律 .....	141
四、色觉检查 .....	142

## 模块三 眼镜光学

### 项目七 矫正屈光不正透镜

任务一 近视和远视 .....	144
一、调节相关知识 .....	145
二、静态屈光与屈光不正 .....	145
三、屈光不正的矫正与度的意义 .....	147
任务二 散光 .....	151
一、散光的概述 .....	151
二、矫正散光的透镜 .....	154
三、环曲面透镜的片形转化和识别 .....	158
四、散光透镜的轴向 .....	159
五、散光光束中各参数的计算 .....	160

## 项目八 斜交柱镜的叠加

任务一 柱镜中间方向的屈光力	163
一、单纯柱镜斜向上的镜度	163
二、复曲面镜中间方向的屈光力计算公式	165
三、斜交柱镜的叠加	165
任务二 残余散光	170
一、残余屈光不正	170
二、残余散光的计算	170

## 项目九 调节与近用眼镜

任务一 调节与明视域	173
一、调节力的概念	173
二、关于调节力的说明	173
三、明视域的图视法	174
四、调节力与年龄的关系	176
任务二 近用眼镜的度数(近用镜)	177
一、决定近用镜度的主要因素	177
二、近用附加度	178
任务三 眼镜片的调节效果	180
一、调节效果	180
二、产生调节效果的原因	181

## 项目十 交叉柱镜

任务一 交叉柱镜的基本概念	183
一、定义	183
二、杰克逊交叉柱镜	183
三、交叉柱镜中间方向屈光力的表示	184
四、交叉柱镜的表示	184
任务二 交叉柱镜的应用	185
一、临床应用	185
二、有无散光的检测	186

三、测定散光轴 .....	186
四、等效球镜 .....	188
五、测定散光度 .....	189

## 项目十一 光学棱镜

任务一 棱镜和眼用棱镜特性 .....	191
一、棱镜的概述 .....	191
二、棱镜度的单位 .....	193
三、棱镜度的测量 .....	196
四、棱镜基底的表示 .....	198
五、棱镜的厚度差 .....	199
六、棱镜度在眼镜上的均分意义 .....	200
任务二 棱镜度的合成与分解 .....	202
一、棱镜度的合成 .....	202
二、棱镜度的分解 .....	203
任务三 旋转棱镜与视近棱镜的有效棱镜度 .....	205
一、旋转棱镜 .....	205
二、视近棱镜的有效棱镜度 .....	207
任务四 透镜的棱镜效应与移心 .....	209
一、概述 .....	209
二、球面透镜上任意点的棱镜效果和移心 .....	211
三、平柱面透镜的棱镜效果和移心 .....	213
四、斜轴柱面透镜的棱镜效果 .....	214
五、球柱面透镜的棱镜效果和移心 .....	215
任务五 球面透镜的棱镜效果在临床中的应用 .....	219
一、矫正眼肌障碍 .....	219
二、矫正集合功能不足 .....	220
三、解释临床常见现象 .....	220

## 项目十二 眼镜倍率

任务一 眼镜放大倍率 .....	222
任务二 相对眼镜放大倍率 .....	227
一、轴性屈光不正眼矫正时像大小的变化 .....	227
二、屈光性屈光不正眼矫正时像大小的变化 .....	229

三、相对眼镜倍率的临床意义 .....	229
任务三 散光矫正眼镜像的放大与变形 .....	230

## 项目十三 双光镜

任务一 双光镜的概述 .....	235
任务二 双光镜片的术语 .....	237
任务三 双光镜的结构要求和光学要求 .....	238
一、结构要求 .....	238
二、光学要求 .....	239
三、阅读区棱镜效果的计算 .....	239
四、双光镜应尽量减少像跳现象 .....	240
任务四 阅读区的光心以及棱镜效果 .....	241
一、阅读区的光心 .....	241
二、阅读区差异棱镜效果 .....	242
任务五 差异棱镜的控制 .....	244

## 项目十四 渐进多焦点镜片

任务一 渐进片的进展 .....	247
任务二 渐进片的设计原理 .....	248
一、设计要求 .....	248
二、渐进多焦点镜片的基本原理和概念 .....	248
三、渐进镜片特征性设计 .....	249
任务三 渐进镜的特点 .....	252
任务四 渐进镜的配镜参数测量与镜架调整 .....	254
一、渐进镜配镜参数测量 .....	254
二、定镜片 .....	255
任务五 配镜者的指导 .....	255
任务六 配镜出现的问题和原因 .....	256
任务七 渐进镜的推荐 .....	258

参考文献 .....	261
------------	-----

## 模块一

# 几何光学



## 项目一

### 几何光学相关定律与原理

#### 学习目标

- ◆ **基本知识:** 掌握几何光学的基本定律及内容;熟悉几何光学定律的原理。
- ◆ **基本理论的应用与技能:** 能用几何光学的基本原理解释一些常见的光学现象;会应用符号法则;建立几何光学思维解决眼睛的屈光问题。

### 任务一 光的基本特性

#### 一、光

##### (一) 电磁波

电磁波又称电磁辐射,是由同相振荡且互相垂直的电场与磁场在空间中以波的形式移动,其传播方向垂直于电场与磁场构成的平面,有效的传递能量和动量。电磁辐射可以按照频率分类,从低频率到高频率,包括有无线电波、微波、红外线、可见光、紫外光、X射线和 $\gamma$ 射线等。人眼可接收到的电磁辐射,波长在 $380 \sim 760 \text{ nm}$ 之间,称为可见光。

只要是本身温度大于绝对零度的物体,都可以发射电磁辐射,而世界上并不存在温度等于或低于绝对零度的物体。

## (二)光

光是指特定波长范围内的电磁波。从光学的角度谈光,它包括紫外线、可见光和红外线。从日常生活角度谈光,仅指可见光。

## 二、光源

### (一)光源

任何能发出光或反射光的物体或表面均称为光源。如太阳、火焰、日光灯、激光器等。太阳系中太阳是最大的光源。其他如烛光和电灯光,虽属发光体,但是都是人工制造的,故称为人工光源。但像月亮表面、桌面等依靠它们反射外来光才能使人们看到它们,这样的反射物体不能称为光源。在我们的日常生活中离不开可见光的光源,可见光以及不可见光的光源还被广泛地应用到工农业、医学和国防现代化等方面。自然界中大多是不发光物体,光遇到不发光物体时,根据物体性质和表面特征不同程度地将光反射回来,眼睛借助物体表面的反射来鉴别宇宙中的物体。

在光学中,很多场合下都要用到“点光源”。其实任何光源都是有一定形状和大小的,只是它的大小比起它与被照物体的距离来讲,小到可以忽略不计时,才称它为点光源。

### (二)根据能量补给方式的光源类型

1. 热发光(热辐射)光源 通过不断给物体加热来维持物体有一定的温度,从而使物体持续发光。如太阳、白炽灯。

2. 非热发光(非热辐射)光源

(1)电致发光光源:由特种波长的电磁波的照射或轰击下发出可见光的过程。

(2)荧光:由荧光物质发的光。如日光灯、显示器。

(3)磷光光源:有些物质经放射线、X射线等辐照后,可在持续一段时间内保持发光。如夜光表上磷光物质发光。

(4)化学发光光源:由化学反应而发光。如坟地中的“鬼火”就是坟中腐物中的磷在空气中缓慢氧化而发的光。

(5)生物发光光源:生物体(萤火虫)发光,它实际是一种特殊类型的化学发光。

3. 根据光源的尺寸在所讨论的问题中的作用分类

(1)点光源:光源的尺寸在所讨论的问题中可以忽略时,则将光源称为点光源。比如,研究太阳照射到地面的受照问题时,由于研究的距离很长,故常将太阳看做点光源。

(2)扩展光源:光源的尺寸在所讨论的问题中不能忽略时,则将光源称为扩展光源。在研究问题时,扩展光源可看做是点光源的集合。比如,日光灯照射到桌面,日光灯的大小不能忽略,日光灯就是扩展光源。

### 三、光强与光谱

#### (一) 光强(发光强度)

单位面积上的平均光功率称为光的强度,简称光强,用  $I$  表示。光强也是光的平均能流密度。目前,国际通用的发光强度单位为 cd。

#### (二) 光谱

1. 单色光 单一波长的光称为单色光。这里说的单色光与日常生活中所说的单色光有一定区别,日常生活中所说的单色常指红色、绿色等,其实这些光同为红色,只是由于它们的波长不同,引起人的感觉也不相同,比如 760 nm 的红与 690 nm 的红感觉是不同的。波长与颜色的对应关系,如图 1-1。

2. 复色光 多种波长的光混合在一起称为复色光。我们用棱镜或其他分光仪对各种普通光源进行分光,均可分成多种单色光。

视光学:



光学:

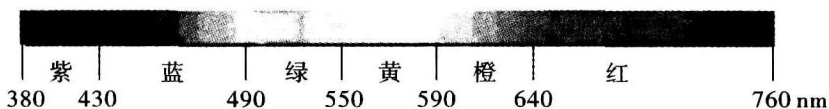


图 1-1 可见光光谱

以上各种颜色的分界线是人为的,不同学科,划分略有不同。

3. 光谱 复色光单位波长的光强按波长的分布叫做光谱,图 1-1 为可见光光谱。

令  $dI(\lambda)$  代表波长在  $\lambda \sim \lambda+d\lambda$  之间的光强,  $i(\lambda) = \frac{dI(\lambda)}{d\lambda}$  为单位波长的光强,叫做光谱密度。各种波长的总光强为:

$$I = \int_0^{\infty} dI(\lambda) = \int_0^{\infty} i(\lambda) d\lambda \quad (1-1)$$

光源不同,所产生的光谱也不同。一种是由热辐射光源光谱,谱密度在很大的波长范围内连续分布,这种光谱叫连续光谱。另一种是气体(或金属蒸汽)放电发射光源光谱,谱密度集中在一些分离的波长值  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$  附近,形成一条条的线,每条线叫做谱线,这样的光谱叫做线光谱。不同的化学元素的物质各有自己的特征谱线,由于谱线的谱密度值分布在一定波长范围  $\Delta\lambda$  内,所以每条谱线为近似的单色光,该波长范围  $\Delta\lambda$  叫



做谱线宽度。谱线宽度越窄,谱线的单色性越好。激光器的谱线宽度比普通光源的谱线宽度小得多,所以单色性也更好。表 1-1 为各种单色光的谱线。

表 1-1 单色光的谱线

颜色	红	橙红	黄		绿	青绿	青	蓝	紫
谱线名称	A'	C	D	d	e	F	g	G'	h
发光元素	K	H	Na	He	Hg	H	Hg	H	Hg
波长(nm)	768.2	656.27	589.3	587.56	546.1	486.13	435.8	434.0	404.7

4. 光速 光在透明介质中的传播速度称为光速。不同波长的光在真空中光速相同,均为  $3 \times 10^8$  m/s,通常用  $c$  表示。但不同波长的光在其他介质中光速不相同,比如,在冕玻璃中,波长为 656.27 nm 的红光(光谱线的名称为  $C$  线)的光速  $V_c = 1.9807 \times 10^8$  m/s,波长为 587.56 nm 的黄光(光谱线的名称为  $d$  线)的光速  $V_d = 1.9768 \times 10^8$  m/s。另外,同一波长的光在不同透明介质中光速一般也不同。比如,对波长为 589.3 nm 的钠黄光( $D$  线),在水中  $V = 2.25 \times 10^8$  m/s,在冕玻璃( $K_g$ )中光速  $V = 1.979 \times 10^8$  m/s。光在光密介质中传播慢,在光疏介质中传播快。不同波长的光线在真空中的传播速度是一样的,但在不同介质中传播时,因波长的不同而速度不一。

当光从真空进入某一介质时,其速度减慢且发生偏折现象,如以  $u'$  代表光在真空中的传播速度,而以  $u''$  代表光在某一介质中的传播速度,则折射率公式如下:

$$n = \frac{u'}{u''} \quad (1-2)$$

因为  $u''$  总比  $u'$  小,所以,  $n$  总大于 1。由于各种不同波长的光在真空中速度相等,但在同一介质中的传播速度不一,因此,各种波长的光在同一介质中有各自的折射率。

5. 折射率 某种波长的单色光在真空中的光速与在某种透明介质中的光速之比称为这种介质对这种单色光的折射率。目前钻石  $n = 2.417$  (目前知道的最高值)。

$$n_x = \frac{c}{v} \quad (1-3)$$

$n_x$  代表介质对某单色光的折射率; $c$  代表真空中的光速; $v$  代表某单色光在介质中的光速。

根据光速的特性我们可以看到,折射率与材料和入射光波长都有关系。比如,对冕玻璃,波长为 656.27 nm 的红光(光谱线的名称为  $c$  线)的折射率  $L = \frac{n}{l}$ ,对波长为 587.56 nm 的黄光(光谱线的名称为  $d$  线)的折射率  $n_d = 1.5176$ ,对波长为 486.13 nm 的蓝光(光谱线的名称为  $F$  线)的折射率  $L = \frac{1}{-1.5} = -0.67D$ 。另外,对波长为 589.3 nm 的钠黄光( $D$  线),在水中折射率  $n_{水} = 1.33$ ,在冕玻璃( $K_g$ )折射率  $n_{冕} = 1.5159$ 。

6. 光密和光疏介质 多种介质相互比较,折射率相对高的介质称为光密介质,折射