

21世纪应用心理学系列教材

PSYCHOLOGY OF COLOR VISION

颜色视觉心理学

林仲贤◎编著



中国人民大学出版社

21 世纪应用心理学系列教材

颜色视觉心理学

林仲贤 编著

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

颜色视觉心理学/林仲贤编著. —北京: 中国人民大学出版社, 2011
ISBN 978-7-300-13312-6

I. ①颜… II. ①林… III. ①色觉-心理学-研究 IV. ①B842.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 036920 号

21 世纪应用心理学系列教材

颜色视觉心理学

林仲贤 编著

Yanse Shijue Xinlixue

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511398 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	http://www.crup.com.cn http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京密兴印刷有限公司		
规 格	185 mm×260 mm 16 开本	版 次	2011 年 6 月第 1 版
印 张	15.5 插页 2	印 次	2011 年 6 月第 1 次印刷
字 数	331 000	定 价	28.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

作者简介

林仲贤，广东恩平人，中国心理学会会士，中国科学院心理研究所研究员、博士生导师。历任中国科学院心理研究所研究室主任、研究员职称评委会主任、学术委员会副主任，《心理学报》主编，中国心理学会理事长，中国科学技术协会全国委员会委员，全国颜色标准化技术委员会委员。主要从事实验心理学、认知心理学、颜色视觉及颜色标准化方面的研究。

曾多次出席国际心理学大会，发表论文180余篇，著作8部，曾先后获院、部级科技成果奖9项。1992年起享受国务院政府特殊津贴，1994年获“中国科学院优秀教师”荣誉称号，2004年获“中国心理学会终身成就奖”，2008年获“中国科学院研究生院杰出贡献教师”荣誉称号。



序 言

序
言

颜色无时无刻不对人类生活产生影响和作用，正如歌德（W. Goethe）很早就指出的：“人们通常都很喜欢颜色，眼睛觉得有看颜色的要求，正如它感到有看光明的要求一样。”

人类很早就知道颜色的作用，对颜色最早开始研究的有牛顿（Newton，1643—1727）、格拉斯曼（Grassmann，1809—1879）、赫姆霍兹（Helmholtz，1821—1894）、麦克斯韦（Maxwell，1831—1871）及后来的孟塞尔（Munsell，1858—1918）等。但颜色作为一门科学还是20世纪初及中叶才逐渐形成与发展起来的，它与近代物理学、心理学及生理学都有着密切关系。一般来说，光刺激作用到视网膜的阶段是物理学的研究领域；网膜的神经冲动传到大脑部位是生理学的研究领域；而大脑如何感觉颜色的问题，则属于心理学的研究领域。在实际生活中，与颜色有关的问题，往往需要多个学科来共同解决。而在其中，心理学具有重要作用，因为颜色的作用最终是要通过人的感觉来实现的。

颜色科学是从20世纪50年代开始的，由于彩色电视、电影、商业、化工、纺织行业以及建筑和照明技术等方面的需要而迅速发展起来的一门综合性科学。它的发展速度快，应用范围广，与国民经济和人民生活密切相关。世界上许多先进国家，如英国、美国、德国、日本、瑞典等国在颜色科学方面都进行了许多研究工作。20世纪70年代成立了国际颜色协会（AIC），该组织定期召开国际颜色科学大会，会议涉及内容广泛，包括色觉机制、色差、颜色测量及设备、颜色命名、配色、色序系统、食品色、光泽及色表现、颜色教育、电视颜色、民俗色、流行色等等。

我国颜色科学的研究工作起点较晚，在全国颜色标准化技术委员会的领导下，有关部门与单位也相继开展了一些工作。但对颜色科学的知识还有待进一步普及与提高，使人们能更好地认识与了解颜色的规律与作用，从而丰富我们的生活。

本书比较全面地介绍了有关颜色视觉心理学的基本知识。全书共分16章，内容包括：视觉器官的构造及视觉的物理刺激、锥体视觉和杆体视觉、眼睛的暗适应与明适应、视敏度与照明、光与颜色、颜色的基本特性及颜色混合、颜色辨别及颜色对比、色觉异常及色觉理论、颜色的表示方法及颜色标定、颜色的测量及色差评定、颜色体系、中国人肤色色度特性、颜色的再现及颜色的标准化、颜色视觉的研究、颜色命名与颜色教育、颜色的心理效应与色彩设计。书内并附有对视觉和颜色主要术语的解释及有关彩图供读者参考。

本书得以顺利出版，得到首都师范大学心理系主任丁锦红教授及中国人民大学出版社编辑陈红艳、龚洪训同志及李颜同志的大力支持协助。为提高本书的书稿质量，他们提出了许多宝贵意见，做了大量工作，在此深表感谢。

作者

2010年12月

目 录

第一章	视觉器官的构造及视觉的物理刺激	1
第一节	眼睛的构造及功能	2
第二节	视觉器官的信息传导和中枢部位	4
第三节	视觉的物理刺激	7
第二章	锥体视觉和杆体视觉	9
第一节	视网膜的两种基本感光细胞——锥体细胞和杆体细胞	10
第二节	视觉的二重机能	11
第三节	明视觉与暗视觉	12
第四节	间视觉	15
第三章	眼睛的暗适应与明适应	16
第一节	暗适应及其主要机制	17
第二节	影响光感受性及暗适应过程的因素	19
第三节	明适应	21
第四节	视觉适应与闪光盲	22
第四章	视敏度与照明	24
第一节	视角大小和视网膜映像大小	25
第二节	视敏度的测定	26
第三节	视敏度与照明的关系	29
第五章	光与颜色	35
第一节	可见光波与颜色	36
第二节	自然界物体的颜色	37
第三节	物体颜色的分光特性	38
第四节	不同色光照明对物体表色的影响	39
第五节	颜色恒常性	40
第六章	颜色的基本特性及颜色混合	43
第一节	颜色的三个基本特性	44
第二节	色三维空间纺锤体	45
第三节	彩色视野	45
第四节	颜色混合	46
第五节	颜色混合定律	50
第六节	颜色混合三角形	52



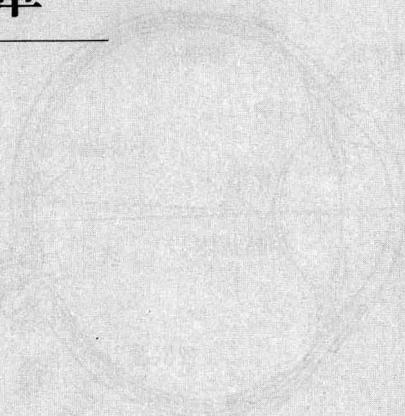
第七章	颜色辨别及颜色对比	54
第一节	比色	55
第二节	格拉斯曼定律	57
第三节	颜色的辨别	58
第四节	色适应	61
第五节	色对比和色融合	62
第八章	色觉异常及色觉理论	63
第一节	色盲的分类	64
第二节	色盲的原因及机制	66
第三节	色盲的检查	67
第四节	色觉理论	68
第九章	颜色的表示方法与颜色标定	72
第一节	1931 CIE—RGB 系统	73
第二节	1931 CIE—XYZ 系统	78
第三节	1931 CIE xy 色度图	83
第四节	CIE 1964 补充标准色度学系统	88
第五节	CIE 1960 均匀色度标尺图	91
第六节	CIE 均匀颜色空间	98
第十章	颜色的测量及色差评定	102
第一节	CIE 标准照明体和标准光源	103
第二节	同色异谱颜色	105
第三节	颜色的测量	107
第四节	色差公式及色差评定	126
第十一章	颜色体系	132
第一节	孟塞尔颜色体系	134
第二节	德国 DIN 颜色体系	137
第三节	瑞典的自然颜色体系	137
第四节	奥斯特瓦尔德颜色体系	139
第五节	中国颜色体系	140
第十二章	中国人肤色色度特性	142
第一节	不同肤色的光谱反射特性	143
第二节	中国人自然肤色色度特性	144
第三节	人类肤色试样标准	150
第四节	记忆肤色、喜爱肤色和化妆肤色	154
第五节	影响肤色再现的一些因素	157
第十三章	颜色的再现及颜色的标准化	159
第一节	颜色再现质量与评价	160
第二节	评价色再现的试验色样选择	166
第三节	颜色的标准化	177

第十四章 颜色视觉的研究	179
第一节 颜色对比研究	180
第二节 颜色感受性研究	182
第三节 中国人眼光谱相对视亮度函数研究	187
第四节 影响表面色辨别的一些因素研究	195
第五节 颜色恒常性的研究	199
第十五章 颜色命名与颜色教育	201
第一节 颜色的识别	202
第二节 颜色的命名	203
第三节 颜色的教育	208
第十六章 颜色心理效应与色彩设计	213
第一节 颜色的心理效应	214
第二节 颜色的爱好	216
第三节 彩色设计	220
主要参考文献	226
附录 视觉和颜色主要术语	229



视觉器官的 构造及视觉 的物理刺激

第一章



第一节

眼睛的构造及功能

人眼的外形接近球形，是一个直径为 24 毫米的球状体，又被称为眼球。眼球壁由巩膜、脉络膜和视网膜组成（图 1—1）。

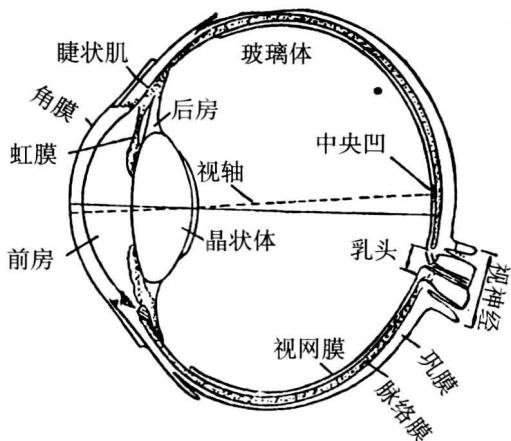


图 1—1 人眼构造图

巩膜在眼球壁最外一层，呈白色，厚 0.4~1.1 毫米，它主要起着巩固、保护眼球的作用。巩膜前面六分之一是透明部分，叫角膜。角膜的厚度大约是 1 毫米，直径约 11 毫米，它好像眼睛的玻璃窗户，光线从角膜射入眼内。

脉络膜紧贴巩膜，其厚度达到 0.35 毫米，它含有丰富的血管和色素，起着输送养料、滋养眼睛的作用。脉络膜最前面的环状部分为虹膜，眼的“颜色”由虹膜中的色素决定。虹膜中央有一个小圆孔，叫做瞳孔。瞳孔能控制进入眼内的光量，它可以随着光线的强弱而扩大或缩小，起着像照相机的光圈一样的作用。

虹膜后面为晶状体，是透明的胶状体，富有弹性的柔软组织，前后直径为 3.6~4.6 毫米，纵径约 9 毫米，它将光线聚焦到视网膜上。角膜与虹膜之间的空间为前房，位于虹膜和晶状体之间的空间为后房，这两个房都充满水样液。晶状体后面的空间（玻璃体）充满着叫玻璃液的液体。角膜、晶状体、水样液、玻璃液、玻璃体组成了整个眼睛的折光系统（又称光路系统），它们使得由物体射来的光线发生折射而成像。眼的折光系统与凸透镜相似，因而在视网膜上所形成的物像是倒置的，左与右是换位的，只是由于大脑皮质的调节及人的长期生活习惯的适应，我们感知外界的物体仍是正位的。

眼球壁的第三层为视网膜，约占眼球内表面的三分之二，它含有感光细胞（杆体细胞和锥体细胞）、双极细胞和神经节细胞。眼睛最敏感的部位（在正常的明视觉中）是视网膜上叫做中央凹的那一部分，它在视觉中起着主要作用。人的视网膜厚度为 0.1~0.5

毫米，通常可以粗略地分为明显的三个层次（图 1—2）：

1. 一层感光细胞，即杆体细胞和锥体细胞。

2. 一层双极细胞。锥体细胞和杆体细胞与双极细胞连接，一般情况是，每一个锥体细胞与一个双极细胞连接，这是为了在光亮条件下便于精细地感受外界的光刺激。而杆体细胞往往是几十个只连接一个双极细胞，这是为了在黑暗条件下能够总合外界微弱的光刺激。

3. 一层神经节细胞，其细胞的视觉纤维通向大脑，总数约有 80 万个。

人眼的锥体细胞的长度为 0.028~0.058 毫米，直径为 0.002 5~0.007 5 毫米。杆体细胞比锥体细胞要长些，其长度为 0.04~0.06 毫米，平均直径 0.02 毫米左右。在人的视网膜上，正对着瞳孔的中央有一个锥体细胞特别密集的区域，因为呈黄色，叫黄斑。直径约为 2~3 毫米。在视网膜黄斑中央的小凹，即中央凹，直径为 0.4 毫米，这是视觉最敏锐的地方。

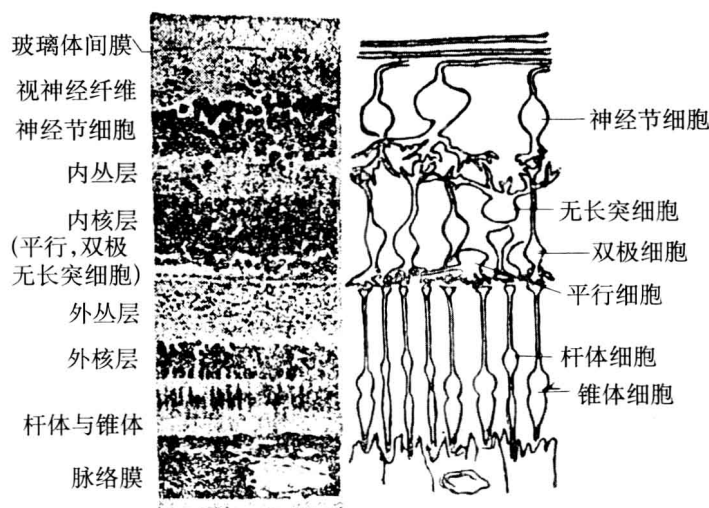


图 1—2 视网膜的剖面图

人的每个视网膜中，共计有 1.2 亿个杆体细胞和 700 万个锥体细胞，它们的分布是不均匀的（图 1—3）。在视网膜中央的黄斑部位和中央凹大约 2° 视角范围内只有锥体细胞，几乎不存在杆体细胞。中央凹部位的光感受细胞的密度很高，平均每平方毫米差不多有 14 万个锥体细胞。在黄斑以外，杆体细胞数量增多，而锥体细胞数量减少。在距中央凹约 4 毫米的鼻侧处是视神经进入眼球内的地方，此处既没有杆体细胞也没有锥体细胞，因此，视网膜上的这一点是没有光感觉的，叫做盲点。我们用一个很简单的实验就可以检查盲点。用两张小纸片，一张画一个十字，一张画一个圆点。圆点与十字相叠，然后闭上左眼，慢慢地移动画有圆点的纸片，但注视点要注视十字，你很快会发现，圆点移开不多远就从视野中消失了，这是它落在盲点上的缘故。

从眼睛的构造来看，它的光路系统是由这几部分组成的：角膜、水样液、虹膜和瞳孔、晶状体、玻璃体等。光线通过角膜进入眼球，经过水样液，再经过虹膜，虹膜上的瞳孔会随着光线的强度变化，它的口径大小也发生变化（从 2 毫米到 8 毫米），强光时缩

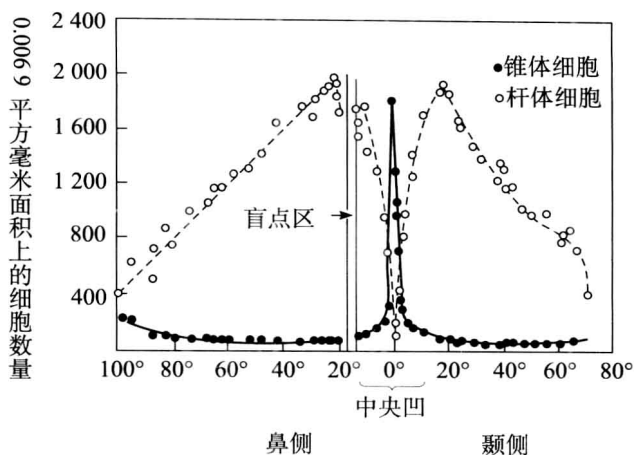


图 1—3 锥体细胞与杆体细胞的分布

小，弱光时扩大。瞳孔除了对光线强度有变化反应外，其反应还与系统状态有关，实验证明，瞳孔的大小可以随着人的情绪变化而变化。光线通过角膜，经过晶状体和玻璃体，最后到达视网膜。晶状体和玻璃体都有不同的折射率，使视网膜得到清晰的像。眼睛的感光系统就是视网膜，它犹如照相机中的底片。视网膜的功能是对由光路系统传入的光线进行能量转换，将光能变成化学能，再将这部分化学能由视神经转化成生物静电能送入大脑。

第二节

视觉器官的信息传导和中枢部位

外界的光线，通过眼睛的光路系统，到达视网膜。进行信息处理并且和其他细胞相联系的神经细胞，被称为神经元。视觉器官的信息传导部分起自视网膜的第八层（神经节细胞层）的一级神经元，一级神经元的轴突形成视神经（视束）。视束的神经纤维分成三个主要束，一束来自外侧（颞侧）的半个视网膜，另一束来自内侧（鼻侧）的半个视网膜，第三束来自视网膜的中央部分。人的视束纤维在其往后的过程中，有一部分发生交叉——来自每一视网膜鼻半侧的纤维在视交叉处交叉，而来自视网膜颞半侧的视神经纤维不交叉（图 1—4）。交叉的纤维与另一眼颞半侧不交叉的纤维合并后，继续通向外侧膝状体，另外也有一部分通向四叠体（即上丘）。由外侧膝状体发出的纤维为视放射，最后到达大脑皮层的枕叶，即所谓距状裂（纹状区），这里是视觉高级中枢部位（图 1—5）。这个部位受到损伤时，会引起视觉信息的分析和综合过程的损坏。

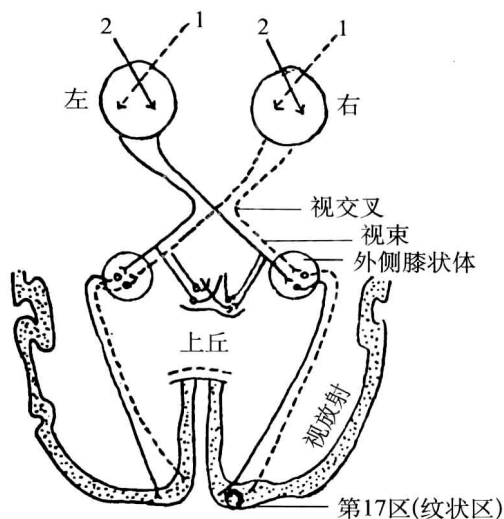


图 1—4 视觉通路

数字 1 的箭头代表右侧视野中的光刺激，数字 2 的箭头代表左侧视野中的光刺激。

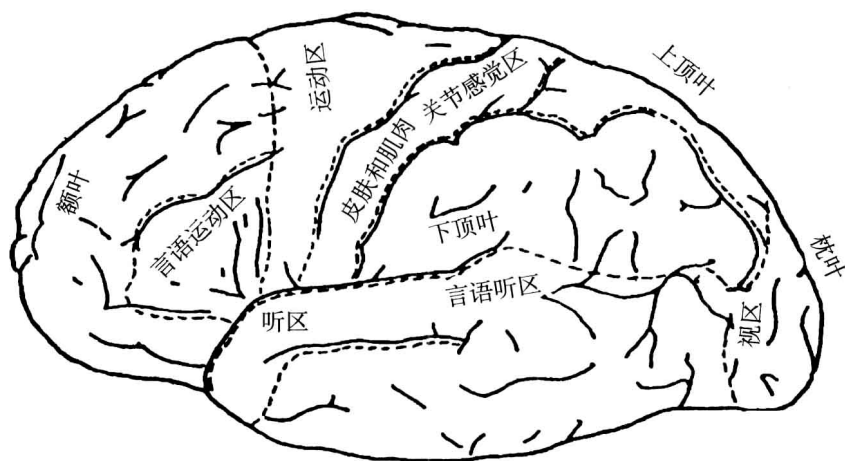


图 1—5 人的大脑皮层分叶分区图 (半球外部表面)

人眼的视网膜数以亿计的感光细胞，通过约 160 万根神经纤维，将所得的信息传送到大脑枕叶部位。来自每个视网膜左半边的神经纤维通向脑的左半球，而来自每个视网膜右半边的神经纤维通向脑的右半球。我们看东西时，由于晶状体是使视像颠倒了，因此视野左边的物体聚焦在视网膜的右半边，而视野右边的物体聚焦在视网膜的左半边。这样，来自左边视野的图像的信息被送到大脑的右半球，而来自右边视野的图像信息则被送到大脑的左半球。

实验和临床的结果证明，视神经交叉后的视束或视觉皮层的投射区受伤时，就会产生各种眼盲。视神经损伤会引起一眼失明，视交叉的内侧损伤会引起两眼颞侧偏盲（视野丧失），而视束、视放射损伤时，则会引起对边视野的丧失，这在神经学上被称为对侧同源偏盲。视放射的下部或投射视觉皮质的下部损伤时，会引起视野上部的丧失，而视放射的上部损伤则会引起视野下部丧失（图 1—6）。

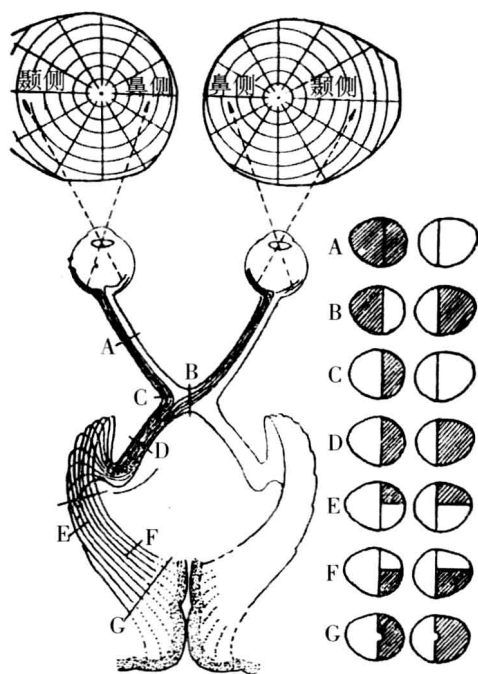


图 1—6 通向左半球视觉通路

各字母表示传导路被切断的部位。图的右侧的斜线区表示视野的缺损。A：左眼全盲；B：两眼颞侧偏盲；C：左眼鼻侧偏盲；D：右同侧偏盲；E和F：右上和右下象限偏盲；G：枕叶大损伤造成的右同侧偏盲。

枕叶皮层的初级投射区（一级区）是从眼的视网膜中来的神经纤维终止的地方，也就是纹状区（17区）。枕叶皮层的高级投射区（二级区）是18和19区的联系区，对于人类来说，高级区的面积与整个枕叶皮层的面积的比例发生了明显的变化（表1—1），高级区（二级区）的比例增大。视觉皮层二级区的结构形态和生理特性，在视觉过程中具有更复杂的作用。视觉高级部位受损伤时，会引起视觉综合的破坏，在这种情况下患者不能把相关的空间特征联合成完整的形象，因此他不能用视觉识别物体，出现“视觉不识症”。

表 1—1 高等哺乳动物视觉皮层一级区和二级区与整个枕叶面积的比例变化（%）

物 种	视觉皮层区	
	一级区	二级区
婴 猴	66.0	25.4
长尾猴	41.1	32.2
猩 猩	39.6	30.5
人	25.1	37.7

第三节

视觉的物理刺激

光波作用于我们的眼睛而引起视觉。光是电磁辐射，即电磁波。引起视觉的电磁辐射为可见光。对人类来说，可见光的波长是从 380 纳米（紫色）到 780 纳米（红色）。光波在极其宽广的电磁波范围中只占很少部分（图 1—7）。

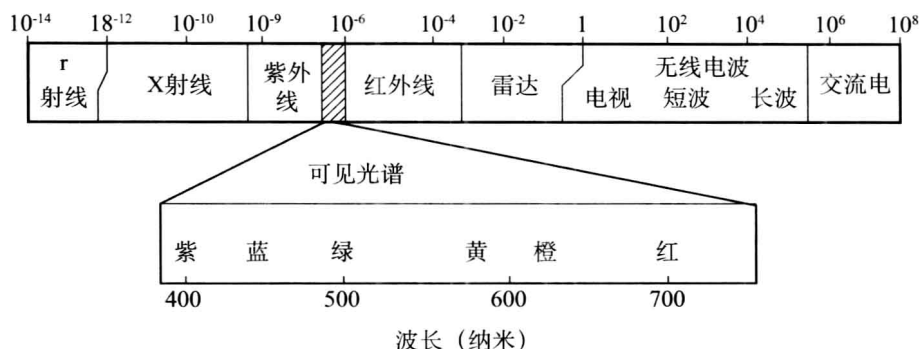


图 1—7 电磁波与可见光谱

超出可见光谱的两端（红端和紫端）的电磁辐射，分别为紫外辐射和红外辐射，这是人眼感觉不到的。可见光谱范围只占整个电磁波范围的 $1/70$ 。在实验室内，用高能量光波照射眼睛，视觉范围可以扩大到 312 纳米的紫外线一端及 1 150 纳米的红外线一端。不可见辐射刺激眼睛时不产生视觉，作用于皮肤时，紫外线产生疼痛感觉，红外线产生灼热感觉。

在可见光谱范围，不同波长的光线引起不同的颜色感觉：700 纳米为红色，580 纳米为黄色，510 纳米为绿色，470 纳米为蓝色。

平时在白天，我们眼睛所见到的光是经过空气中的微粒反射的光。“阿波罗”号上的宇航员所到达的月球表面，通过电视我们看到它是黑暗的，这是因为月球周围是真空的，不存在反射光的细小微粒。

光照射物体时，物体对光的一部分波长进行反射，而对光的另一部分波长进行吸收或透射。如果物体的表面是一个镜面，这时射到物体表面的光被反射，反射角等于入射角，此为镜面反射。

如果物体表面是凹凸不平的（如纸张表面、涂料表面层等），则它的反射光的方向就不一定是同一方向，而是向各个方向反射。这时射到物体表面的光有一部分在物体表面被反射，一部分则透过表面层后再被反射出来。

我们之所以能看到各种颜色，是由于光线射到着色的物体表面时，有选择地吸收了一部分波长而反射出另一部分波长。反射出来的光线进入人的眼睛，这时人们所看到的

颜色就是物体反射出来的那些波长的颜色。

光线照射到物体上被反射的同时，还有一部分透射到物体的内部，这样，光从一个媒质进入另一个不同密度的媒质，这叫折射。

光的入射方向垂直于媒质的界面时，不发生折射，只有入射光与媒质界面成其他某一角度时才发生折射。利用棱镜可以进行光谱分析。我们将一束白光射向棱镜时，可以分出光谱中的各种颜色，各个波长（颜色）的光的折射率是不同的，红光最小，紫光最大，折射率与光的波长有关，这一现象叫做色散（图 1—8）。

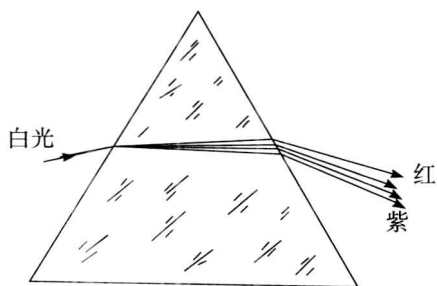


图 1—8 棱镜的色散

分光光度计等光学仪器，就是利用玻璃棱镜的入射光的折射原理，把各种波长的复合色光折射后，分解成单色光。我们见到的天空中的虹，也是由于空气中的水蒸气经太阳光照射发生折射进行分光的结果。

第二章 锥体视觉和 杆体视觉