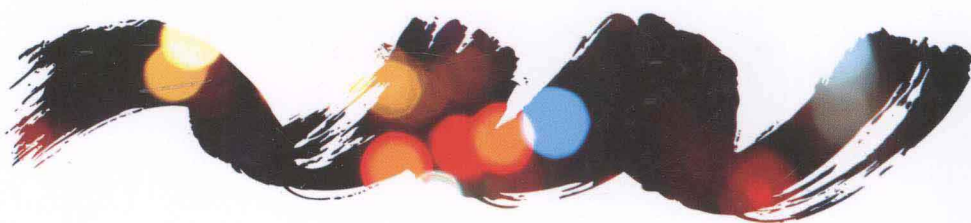




全国普通高校光电信息科学与工程专业规划教材



浙江省重点建设教材



PRINCIPLES OF OPTICS

光学原理

沈常宇 金尚忠◎编著

Shen Changyu Jin Shangzhong



清华大学出版社



全国普通高校光电信



PRINCIPLES OF OPTICS

光学原理

沈常宇 金尚忠◎编著

Shen Changyu Jin Shangzhong



清华大学出版社

内 容 简 介

本书系统阐述了经典光学原理的理论体系,并全面介绍了现代光学技术的发展及其应用。全书由两部分组成:上半部分为应用光学,包括第1~4章,介绍了光学发展简史、几何光学基本原理和成像理论、光学系统的光阑及像差,以及典型光学仪器的基本原理;下半部分为物理光学,包括第5~10章,介绍了物理光学基础、光的电磁理论、光的干涉、光的衍射、光的偏振与晶体光学、傅里叶光学及全息术以及光的度量、吸收、散射、色散等。

本书参照教育部教学指导委员会的基本教学要求编写而成,全书在注重基本理论阐述的同时,充分强调理论与工程实践的结合,并考虑当前光学原理教学过程中的所需要掌握的重点和难点,给出了丰富的例题及其解答。

本书可作为高等学校光电信息科学与工程、电子科学与技术、电子信息工程、测控技术与仪器等相关专业的教材,也可作为从事光电技术、仪器仪表技术、精密测量、检测技术等工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

光学原理/沈常宇等编著. —北京:清华大学出版社,2013.6

(全国普通高校光电信息科学与工程专业规划教材)

ISBN 978-7-302-31679-4

I. ①光… II. ①沈… III. ①光学—高等学校—教材 IV. ①O43

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第042701号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:梁毅

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.25 字 数:453千字

版 次:2013年6月第1版 印 次:2013年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:33.00元

前言

本书是“十一五”浙江省重点建设教材,是根据高等教育教材规划以及经典光学原理内容的更新和反映现代光学技术和科技的发展和应用的的原则编写而成的。本书注重基本理论的论述,加强理论与工程实践的结合,并充分考虑当前光学原理教学过程中重点和难点,每章都提出了具体的学习目标,并针对每章的重点和难点,进行了例题分析和详解。

本书由上下两部分组成,上半部分为应用光学,共4章,系统地介绍了光学发展简史、几何光学基本原理和成像理论、光学系统的光阑及像差和典型光学仪器的基本原理;下半部分为物理光学,主要为波动光学的基本内容,共6章,主要内容包括物理光学基础、光的电磁理论、光的干涉、光的衍射、光的偏振与晶体光学基础、傅里叶光学及全息术以及光的度量、吸收、散射和色散等。

本书由中国计量学院沈常宇和金尚忠主编,浙江大学冯华君教授主审。参加编写的有中国计量学院沈常宇(第1、2、5、6章和附录),中国计量学院金尚忠(第10章),中国计量学院李晨霞(3.1,3.2节),中国计量学院孔明(3.3,3.4节),中国计量学院董前民(第8章),华南理工大学葛鹏(第4章),华南理工大学雷华(第7章),中国计量学院李劲松(第9章)。本书由沈常宇和金尚忠定稿。此外,中国计量学院李晨霞、井绪峰、楼俊、张艳、李晓艳、沈为民审阅了本书,并提出了许多宝贵意见,在此一并致谢。

本书可作为高等学校光电信息科学与工程、光信息科学与技术、电子科学与技术、仪器仪表类和其他相近专业的教材,亦可作为物理和测控技术及仪器专业的选修课教材或者参考书,也可作为从事光学、光电技术、仪器仪表技术和精密测量及检测技术的工程技术人员的参考书。

由于作者水平有限,衷心希望广大读者对书中的不足之处给予批评指正。

编者

2013年1月

第 1 章 绪论	1
1.1 光学发展简史	2
1.2 本书的内容和知识框图	7
第 2 章 几何光学基本原理	9
2.1 几何光学的基本定律	10
2.1.1 光线、光波与波面	10
2.1.2 几何光学的基本定律	11
2.1.3 费马原理——光线传播的普遍规律	12
2.2 物、像的基本概念和完善成像条件	13
2.3 单折射球面成像	14
2.3.1 符号法则	14
2.3.2 单个折射球面的光路计算公式	15
2.3.3 近轴光线的光路计算	16
2.3.4 单折射球面成像特性	17
2.3.5 近轴条件下球面反射镜的物像关系	18
2.4 折射球面成像系统	19
2.5 理想光学系统	21
2.5.1 理想光学系统基本概念	21
2.5.2 理想光学系统的物像关系	22
2.5.3 透镜成像	29
2.6 平面反射镜与反射棱镜	29
2.6.1 平面反射镜	30
2.6.2 反射棱镜	31
2.7 例题解析	36
习题	40
第 3 章 光阑及像差	44
3.1 光阑	45
3.1.1 光阑的分类	45

目录

3.1.2	孔径光阑、入瞳及出瞳	45
3.1.3	视场光阑、入射窗和出射窗	47
3.1.4	渐晕光阑	47
3.1.5	远心光路	48
3.2	光学系统的景深	49
3.3	像差概述	51
3.3.1	轴上点球差	52
3.3.2	单色光轴外像差	53
3.4	例题解析	60
	习题	61
第4章	典型光学仪器的基本原理	63
4.1	眼睛	64
4.1.1	人眼构造	64
4.1.2	眼睛的调节	65
4.1.3	眼睛的缺陷和矫正	66
4.1.4	眼睛的分辨率	67
4.1.5	眼睛的对准	67
4.2	放大镜	67
4.2.1	放大镜的视觉放大率	67
4.2.2	放大镜的光束限制和线视场	68
4.3	显微镜系统	69
4.3.1	显微镜的视觉放大率	69
4.3.2	显微镜的分辨率	70
4.3.3	显微镜的线视场	70
4.3.4	工作距离	71
4.3.5	显微镜的照明	71
4.4	望远镜系统	72
4.4.1	望远镜系统的结构	72
4.4.2	望远镜系统的分辨率及有效放大率	73
4.4.3	视场	74
4.5	例题解析	75

习题	79
第 5 章 物理光学基础	81
5.1 光波的电磁理论描述	82
5.1.1 光波的电磁特性	82
5.1.2 光波的波动方程	85
5.1.3 平面单色光波解	85
5.1.4 平面波的性质	86
5.1.5 球面波和柱面波	87
5.1.6 群速度和相速度	88
5.2 光的反射和折射的波动描述	89
5.2.1 光在两电介质分界面上的反射和折射	89
5.2.2 菲涅尔公式	90
5.2.3 反射波和透射波的性质	92
5.3 例题解析	96
习题	98
第 6 章 光波的干涉	100
6.1 光波干涉的条件	101
6.1.1 光波的叠加	101
6.1.2 光波的干涉条件	102
6.2 分波面干涉	103
6.3 影响双光束干涉条纹清晰度的因素	106
6.3.1 两相干光波的振幅比对条纹对比度的影响	106
6.3.2 光源宽度对条纹对比度的影响及空间相干性	106
6.3.3 光源的非单色性对条纹对比度的影响和时间相干性	108
6.4 分振幅双光束干涉	109
6.4.1 平行平板双光束等倾干涉	110
6.4.2 楔形平板双光束等厚干涉	111
6.5 典型双光束干涉系统及应用	113
6.5.1 迈克尔逊干涉仪	113
6.5.2 菲索干涉仪	114

目录

6.5.3 泰曼-格林干涉仪	115
6.5.4 马赫-曾德干涉仪	116
6.5.5 傅里叶变换光谱仪	117
6.6 多光束干涉及应用	117
6.6.1 平行平板的多光束干涉	117
6.6.2 多光束干涉仪	119
6.7 例题解析	121
习题	124
第 7 章 光波的衍射	128
7.1 惠更斯-菲涅尔原理	129
7.2 基尔霍夫衍射理论与索末菲衍射理论	130
7.3 菲涅尔衍射和夫琅和费衍射	131
7.4 典型孔径的夫琅和费衍射	133
7.5 矩形孔径和单缝夫琅和费衍射	134
7.6 圆形孔径的夫琅和费衍射	136
7.7 多缝的夫琅和费衍射	137
7.8 衍射光栅	140
7.8.1 光栅的色散	141
7.8.2 光栅的光谱分辨本领	141
7.8.3 光栅的自由光谱范围	142
7.9 光学成像系统的分辨本领	143
7.10 菲涅尔衍射	147
7.11 干涉和衍射的区别和联系	150
7.12 例题解析	150
习题	154
第 8 章 光的偏振与晶体光学基础	158
8.1 偏振光概述	159
8.1.1 偏振光和自然光	159
8.1.2 从自然光获得偏振光的方法	162
8.1.3 马吕斯定律和消光比	164

8.2	晶体的双折射	164
8.3	双折射的电磁理论	166
8.3.1	晶体的各向异性与介电张量	166
8.3.2	单色平面波在晶体中的传播	168
8.4	晶体光学性质的图形表示	172
8.4.1	折射率椭球	172
8.4.2	折射率面和波矢面	174
8.4.3	法线面	176
8.4.4	光线面	177
8.5	平面光波在晶体表面的反射和折射	178
8.5.1	光在晶体表面的折射和反射定律	178
8.5.2	光在单轴晶体中传播方向的确定	179
8.6	晶体偏振器件	182
8.6.1	偏振棱镜	182
8.6.2	波片	184
8.6.3	补偿器	186
8.7	偏振的琼斯矢量表示	187
8.7.1	琼斯矢量	187
8.7.2	偏振态的琼斯矢量表示	187
8.7.3	偏振器件的琼斯矩阵表示	189
8.8	偏振光的干涉	192
8.8.1	平行光的偏光干涉	192
8.8.2	会聚偏振光的干涉	195
8.9	晶体的电光、磁光和声光效应及旋光性	197
8.9.1	电光效应	197
8.9.2	磁光效应	205
8.9.3	声光效应	210
8.10	例题解析	215
	习题	223
 第9章 傅里叶光学及全息术		227
9.1	平面波的复振幅分布和空间频率	228
9.2	透镜的傅里叶变换性质和成像性质	230

目录

9.2.1	透镜的相位变换作用	230
9.2.2	透镜的傅里叶变换性质	232
9.2.3	透镜的成像性质	235
9.3	相干成像系统及相干传递函数	236
9.4	非相干成像系统及光学传递函数*	237
9.4.1	非相干成像系统的光学传递函数(OTF)	237
9.4.2	衍射受限系统的 OTF	238
9.5	阿贝成像理论与波特实验	240
9.5.1	阿贝成像理论	240
9.5.2	波特实验	240
9.5.3	空间频谱滤波系统	242
9.5.4	空间滤波的傅里叶分析	243
9.5.5	滤波器的种类及应用举例	245
9.5.6	空间滤波的应用	246
9.6	全息术	247
9.6.1	波前记录	248
9.6.2	波前再现	249
9.7	例题解析	251
	习题	253
第 10 章	光的度量、吸收、散射和色散	255
10.1	辐射度量与光度量	256
10.1.1	辐射度量	256
10.1.2	光度量	257
10.1.3	光视效率	259
10.1.4	颜色与视觉	260
10.2	光的吸收	262
10.2.1	吸收定律	262
10.2.2	吸收光谱	263
10.3	光的色散	264
10.4	光的散射	266
10.4.1	瑞利散射	267
10.4.2	米氏散射	267

目录

10.4.3 分子散射	268
10.4.4 拉曼散射	269
10.5 例题解析	270
习题	272
习题参考答案	273
参考文献	278

第1章 绪论

光学是物理学中最古老的一门基础学科,内容广泛,包括光的产生、传播和接收以及应用、光与物质的相互作用等。近半个世纪以来,它以令人惊讶的发展速度成为当前科学领域中最活跃的前沿阵地之一。光学的起源是怎样的?怎么发展的?现在发展到了什么阶段?先了解一下光学的历史以及发展过程、光学的研究范畴、光学的研究方法,对于光学基本知识的学习将大有益处。

1.1 光学发展简史

光学的起源和力学等一样,可以追溯到 3000 年前甚至更早的时期。在中国,墨翟(公元前 468—公元前 376)及其弟子所著《墨经》记载了光的直线传播和光在镜面上的反射等现象,并具体分析了物、像的正倒及大小关系。无论从时间还是科学性来讲,《墨经》可以说是世界上较为系统的关于光学知识的最早记录。约 100 多年后,古希腊数学家欧几里得(Euclid,约公元前 330—公元前 275)在其著作中研究了平面镜成像问题,提出了光的反射定律,指出反射角等于入射角,但他同时提出了将光当作类似触须的投射学说。



墨翟(公元前 468—公元前 376)

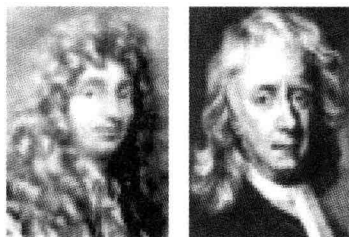
从墨翟开始的 2000 多年的漫长岁月构成了光学发展的萌芽期,这期间光学发展缓慢,东西方科学发展均受到很大压抑。这期间有克莱门德(Cleomedes, 公元 50 年)和托勒密(C. Ptolemy, 公元 90 年)研究了光的折射现象,最先测定了光通过两种介质分界面时的入射角和折射角。阿拉伯学者阿勒·哈增(Al Hazen, 965—1038 年)写过一本《光学全书》,研究了球面镜和抛物面镜的性质,并对人眼的构造及视觉作用作了详尽的叙述;中国的沈括(1031—1095 年)撰写的《梦溪笔谈》对光的直线传播及球面镜成像作了比较深入的研究,并说明了月相的变化规律及月食的成因。法国的培根(R. Bacon, 公元 1214—1294)提出了用透镜矫正视力和采用透镜组构成望远镜的想法,并描述了透镜焦点的位置。

到 17 世纪,在经历了文艺复兴的大潮之后,科学在欧洲又进入一个蓬勃发展的时期,1621 年斯涅耳(W. Snell, 1591—1626)从实验中发现了折射定律,而笛卡儿(R. Descartes, 1596—1650)第一个把它归纳成解析表达式。1657 年费马(P. de Fermat, 1601—1665)提出了最小时间原理,并说明由此可推出光的反射和折射定律,至此几何光学的基础已基本奠定。

人们对光学真正的深入实验和研究始于 17 世纪,荷兰的李普赛(H. Lippershey, 1587—1619)在 1608 年发明了第一架望远镜;17 世纪初,简森(Z. Janssen, 1588—1632)和冯特纳(P. Fontana, 1580—1656)最早制作了复合显微镜。1607 年,伽利略(G. Galilei, 1564—1642)试图测定光从一个山峰传到另一个山峰所用的时间。他让山顶上的人打开手中所持灯的遮光罩,作为发光的开始。又命第二个山峰上的人看到对方的灯光后立即打开己方灯的遮光罩。这样测定第一山峰上的人自发出光信号到看到对方灯光的时间间隔,便得到光在两个山峰间来回一次所需的时间。但是由于人的反应及动作时间远大于光运行所需的时间,伽利略的实验没有成功。1610 年伽利略用自制的望远镜观察星体,发现了绕木星运行的卫星,给哥白尼关于地球绕日运转的日心说提供了强有力的证据。关于光的本性的认识,格里马第(F. M. Grimaldi, 1618—1663)首次注意到衍射现象。他发现光在通过细棒等障碍物时违背了直线传播的规律,在物体阴影的边缘出现蓝绿色亮、暗交替的或变化的

彩色条纹。胡克(R. Hooke, 1635—1703)和玻意耳(R. Boyle, 1652—1691)各自独立地发现了现称为牛顿环的在白光下薄膜的彩色干涉图样,胡克还明确主张光由振动组成,每一振动产生一个球面并以高速向外传播,这可以认为是波动说的发端。到17世纪60年代末期,丹麦的巴塞林(E. Bartholin, 1625—1698)发现了光经过方解石时的双折射现象。17世纪70年代荷兰的惠更斯(C. Huygens, 1629—1695)进一步发现了光的偏振性质。1690年惠更斯在其著作《论光》中阐述了光的波动说,并提出了后来以他的名字命名的惠更斯原理。

1672年,牛顿(I. Newton, 1643—1727)进行了白光的实验,发现白光通过棱镜时,会在光屏上形成按一定次序排列的彩色光带;于是他认为白光由各种色光复合而成,各色光在玻璃中受到不同程度的折射而被分解成许多组成部分。反之,把各种组成部分复合起来会重新得到原来的白光,并通过棱镜的形状和折射率来进行了定量的描述,使对颜色的解释摆脱了主观视觉的印象而上升到客观的色



惠更斯(1629—1695) 牛顿(1643—1727)

光特征;综合这些现象以及解释,1704年,身为英国皇家学会会长的牛顿出版了自己一生中最重要的著作之一《光学》,提出了光的微粒流学说。他认为微粒从光源飞出,在真空或者均匀物质内由于惯性匀速直线运动,并以此解释了反射和折射定律。而在解释牛顿环时,却遇到了困难,同时这种学说也难以解释光绕过障碍物后所发生的衍射现象。但是牛顿的巨大声望使得微粒说在整个18世纪占据统治地位。

光的理论在18世纪实际上没有什么进展,鉴于当时的认识水平,人们只能把光与两种传递能量的机械运动相类比,分别提出了关于光本性的两种学说:微粒说和波动说。光的微粒说由笛卡儿提出,得到牛顿的支持。它很容易解释直线传播定律和反射定律,也可以借助媒质对光微粒有作用力的假定去解释折射定律,得到光在折射率较大的媒质中传播速度比较快的结论。然而,微粒说对干涉、衍射、偏振等现象解释相当勉强,以致牛顿不得不在微粒说中添加了“振动”因素,认为光在传播途中会受到媒质振动的影响。另一方面,与牛顿同时代的惠更斯综合了胡克等人的思想,于1678年比较系统地提出了光的波动说。该学说认为,光是一种特殊媒质——“以太”的波动。通过与机械波相比,波动说很容易定性的说明干涉和衍射的现象;如果加上惠更斯所作的“子波假设”,它也能定向地解释反射定律和折射定律。不过,由此导出的结论与微粒说相反,认为光在折射率较大的媒质中传播速度较慢。因为当时还不能在地面上测定光速,一时无法判断哪个结论正确。尽管总的来说波动说比微粒说显得更合理些,但一方面由于牛顿在科学界的威望,另一方面波动说当时还不能定量地说明干涉和衍射现象,甚至不能圆满地解释直线传播规律,使得多数科学家在17世纪和18世纪采纳了光的微粒学说。但是随着光的干涉、衍射和偏振等光的波动现象的发现,以惠更斯为代表的波动学说逐步提出来了。1801年,托马斯·杨(T. Young, 1773—1829)最先用干涉原理解释了白光照射下薄膜颜色的由来和用双缝显示了光的干涉现象,并且第一次成功地测定了光的波长。1808年,马吕斯(E. L. Malus, 1775—1812)偶然发现光在两种介

质面上反射时的偏振现象,随后菲涅尔和阿拉贡(D. Arago, 1786—1853)对光的偏振现象和偏振光的干涉进行了研究。1815年,菲涅尔(A. J. Fresnel, 1788—1827)在并不了解杨氏工作的情况下,吸收了惠更斯的子波思想,并补充以干涉原理,提出了惠更斯—菲涅尔原理,成功地解释了衍射现象。1818年他以自己关于衍射的论文参加了法国科学院举行的征文竞赛,该原理用波动理论圆满地解释了光的直线传播规律,定量地给出了圆孔等衍射图形的强度分布。当时微粒说的支持者泊松(S. D. Poisson, 1781—1840)根据菲涅尔的理论,导出圆屏的阴影中央将出现亮斑的结论,他认为这很荒谬,试图以此否定波动说;然而,阿拉贡很快用实验证明了这个亮斑确实存在,使菲涅尔的理论获得了意外强有力的支持,由此引出了“泊松亮斑”的轶事,它为波动说的正确性提供了一个有力证据。1817年,杨氏明确指出,光波是一种横波(这次之前,惠更斯、菲涅尔等也曾有此设想),使一度被牛顿视为波动说障碍之一的偏振现象转化为波动说的一个佐证。至此,波动说的优势已是十分明显。1850年傅科(J. Foucault, 1819—1868)用旋转镜法测定光速,确定光在水中的速度比空气中要小(这是波动说所预言的结果),宣告波动说对微粒说取得了决定性的胜利。1873年,英国麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)在总结法拉第(M. Faraday, 1791—1867)等人对电磁作用研究的基础上,加入了自己的假设,发表了“电磁论”,提出了后人所称的“麦克斯韦方程组”。根据该方程组,麦克斯韦预言,电磁场可以向外发射、传播,形成电磁波。他利用电磁学方法测到的数据,计算出电磁波的传播速度,发现在误差范围内该速度与实测的光速相同。以此为主要依据,麦克斯韦认为光波是一种电磁波。这就是光的电磁波理论。1888年,德国人赫兹(H. R. Hertz, 1857—1894)发现了射频范围内的电磁波(波长约10m),测出其传播速度与光速相同,并证明它和光一样能发生反射、折射、衍射、干涉和偏振等现象。这样,麦克斯韦的理论由于得到实验的有力支持而被广泛接受,波动说看来已达到了尽善尽美的境界。



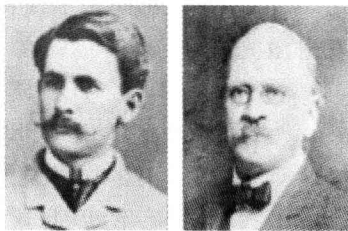
托马斯·杨(1773—1829) 菲涅尔(1788—1827)



麦克斯韦(1831—1879)

到19世纪中叶,波动说已被普遍接受,但人们对光波动的实质认识存在两个错误。其一,无论是惠更斯、托马斯·杨以及菲涅尔等,都认为光是一种机械波,伴随着某种实物的机械振动;其二,大家都认为光波必须依赖假想媒质“以太”才能传播。以太假设是惠更斯机械波动说的必然要求,后来麦克斯韦“借用”以太的概念,作为电磁波的载体。为了解释各种光学现象,人们被迫赋予以太许多奇怪的性质。例如,以太应该充斥在整个空间,渗入到一切可透光的物质中,它必须十分稀薄,不阻碍物体运动,这种类似于气体的性质,使惠更斯最初认为光波像声波一样是一种纵波。当偏振现象使人们意识到光是一种横波以后,又不得不给以太加上了类似于固体的性质。例如它不能被压缩,同时具有很大的切变模量。因为只有这样才能传递纵波,只传递快速、高频的横波。尽管很难想象这种具有气体和固体两

种性质的“物质”，但还是不能说它不存在。以太理论的根本困难在于确定以太与运动媒质之间究竟有无相对的运动。19世纪后期的迈克尔逊—莫雷(A. A. Michelson, 1852—1931, E. W. Morley, 1838—1923)实验发现不能察觉地球与以太之间的任何相对运动，以太被地球完全曳引。1879年，麦克斯韦去世前不久，建议用干涉方法测定地球与以太的相对速度。为此，美国的迈克尔逊设计了著名的“迈克尔逊干涉仪”。

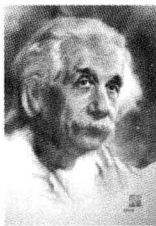


迈克尔逊(1852—1931) 莫雷(1838—1923)

在19世纪末和20世纪初，当人们的研究深入到光与物质的相互作用这一领域时，却困惑地发现许多问题是无法用波动学说加以解释，其中最著名的难点是黑体辐射能与经典理论的矛盾、光电效应以及氢原子光谱，当时极有声望的物理学家开尔文(W. T. Kelvin, 1824—1907)在世纪之交的一次著名演讲中曾把它称为笼罩在物理学上空的三朵乌云。为解释这些问题，1900年，德国的普朗克(M. Planck, 1858—1947)提出了“量子假设”，认为物体的发光过程是量子化的，即发光能量必然是某一单元能量的整数倍，单元能量的大小正比于所发射光波的频率 ν ，比例系数是一个普适常数

h ——普朗克常数。量子化假设能够很好地说明黑体的辐射规律。

1905年爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)将它发展为光子学说，并用它成功地解释了光电效应。这样，光的粒子说似乎又复活了，但这种粒子已经完全不同与牛顿时期的粒子概念。1913年，丹麦的波尔(N. Bohr, 1885—1962)结合原子的行星模型和普朗克假设，提出波尔原子模型，成功地说明了氢原子的分立光谱线。1924年德布罗意



爱因斯坦(1879—1955)(L. de Broglie, 1892—1987)提出物质波概念，认为每一粒子的运动都与一定波长的波动相联系，此假说很快就被电子通过金属箔的衍射实验所证实。

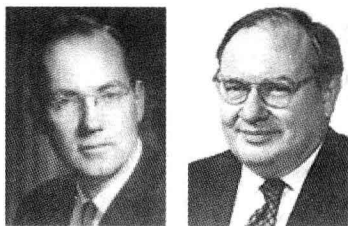
在此基础上，奥地利的薛定谔(E. Schrödinger, 1871—1961)建立了“薛定谔方程”，奠定了量子力学的基础。在20年代中期，海森堡(W. K. Heisenberg, 1901—1976)、狄拉克(P. Dirac, 1902—1984)和玻恩(M. Born, 1882—1970)等人建立了量子力学，其中光的波动性与粒子性在新的形式下得到了统一。这样就可以用经典的模型去处理大多数的光学问题，例如对于光与物质微粒相互作用的过程，可以使用粒子模型；对于光的传播过程可以使用波动模型。

从20世纪60年代起，随着激光的问世，光学与许多学科领域相结合，形成了现代光学的新的阵地，并且派生了很多新的分支学科，如激光光学、信息光学、非线性光学、导波光学等。

爱因斯坦曾在1916年预言：在组成物质的原子中，有不同数量的粒子(电子)分布在不同的能级上，高能级上的粒子受到某种光子的激发，会从高能级跃迁到低能级上，相应地会辐射出与激发它的光同性质的光——受激辐射。在一定条件下，如果能使原子和分子的受激辐射去激发其他粒子，造成连锁反应，雪崩似的获得放大效果，就可能获得单色性极强

的辐射。

1950年,中学教师阿·卡斯特勒同让·布罗塞尔发明“光泵激”技术。这一发明后来被用来发射激光,阿·卡斯特勒在1966年获得诺贝尔物理学奖。1951年查尔斯·汤斯(C. H. Townes)教授成功地制造出了世界上第一个“微波激射器”,即“受激辐射的微波放大器”。由于这项研究花费了大量的资金,因此这项成果被戏称为“钱泵”。1958年,汤斯和他的学生阿瑟·肖洛(1981年获得诺贝尔物理学奖)在《物理评论》杂志上发表了他们的“发明”——关于“受激辐射的光放大”的论文。为此,汤斯于1964年获得诺贝尔物理学奖。1960年7月,梅曼(T. H. Maiman)用红宝石制成世界上第一台可见光的激光器。激光的英文表达为 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation(受激辐射激发的光放大),缩写为LASER,最初的中文名称为音译的“镭射”、“莱塞”等。1964年由钱学森教授取名为“激光”。此后,随着激光技术的发展,加之激光的高亮度、高单色性、高方向性的特性,激光物理、激光技术以及激光应用等方面都取得了巨大的发展。目前激光广泛应用于光通信、光存储、光信息处理、光生物、材料制备与加工、光谱学、医疗育种、激光武器以及激光核聚变等领域。



汤斯(1915—) 阿瑟·肖洛(1921—)



梅曼(1927—) 钱学森(1911—2009)

光学从发展过程来看可以分为经典光学和现代光学。经典光学通常意义上所说的是应用光学和物理光学,主要包括几何光学的基本原理、几何光学成像、典型的光学系统和仪器、波动光学,其中波动光学又包括光的电磁理论,光的干涉、衍射和偏振等。

现代光学主要包括激光技术、信息光学、非线性光学、导波光学等。其中激光技术包括原子发光机理、激光的产生原理和应用等;信息光学的核心是光学信息处理,它是把数学、电子技术和通信理论与光学结合起来,给光学引入了频谱、空间滤波、载波、线性变换及相关运算等概念,也称为“傅里叶光学”。光在介质中传播的过程实质是光与物质相互作用的一个过程,在这个过程中,如果介质对光的响应呈现线性关系,其光学现象属于线性光学范畴;这时,光在介质中的传播满足独立传播原理和线性叠加原理。如果介质对光的响应呈现非线性关系,光学现象就属于非线性光学范畴;这时,光在介质中传播时有可能产生新的频率,不同频率的光波之间会产生相互作用,此时独立传播原理和线性叠加原理不再成立。主要的非线性现象包括双光子吸收、受激拉曼散射、受激布里渊散射、光学参量振荡、自聚焦、光孤子、自感应透明、自陡峭现象、光学悬浮、光折变、非线性光学相位共轭、光学分叉、光学混沌、多光子原子电离等。

通常人们把光学纤维和其他导波光学器件的研究分属于两个不同的领域,即纤维光学