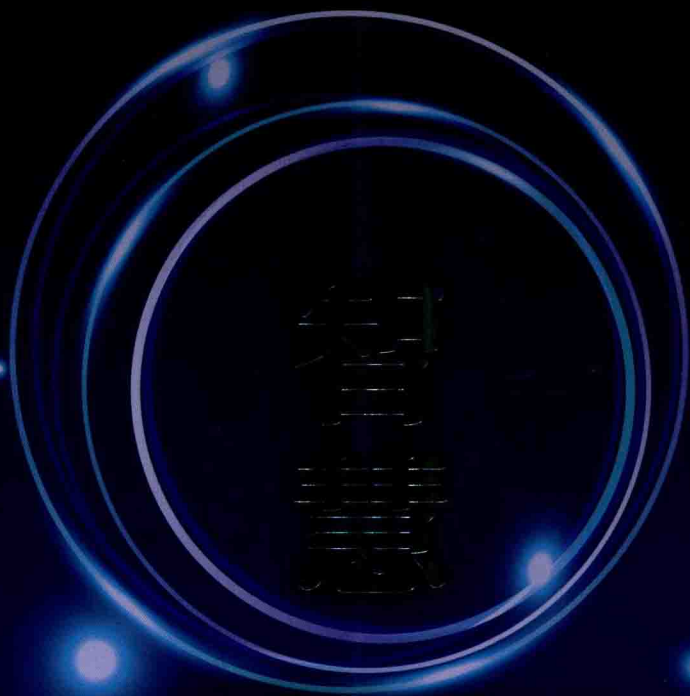


主 编：雷仕湛 沈 力 副主编：屈 炜 薛慧彬



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

主 编：雷仕湛 沈 力
副主编：屈 炜 薛慧彬

智慧光学



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

光,它和空气、水一样,是人类生存的必要元素。人类很早便开始观察、研究光,而光学研究的成就也在改造世界、改变我们的生活。本书共分4章,主要介绍光学成就在深化人类对世界的认知,提高科学技术水平、生产技术水平、人类生活水平等方面起的作用。本书可供青年学生、科学爱好者阅读学习,也可作为学生课外学习的资料。

图书在版编目(CIP)数据

智慧光学 / 雷仕湛, 沈力主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-12989-5

I. ①智… II. ①雷… ②沈… III. ①光学—普及读物 IV. ①043-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第102994号

智慧光学

主 编: 雷仕湛 沈 力

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 上海天地海设计印刷有限公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

字 数: 297 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-12989-5/O

定 价: 49.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 25.5 插页: 6

印 次: 2015 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 020-64835344

编写委员会

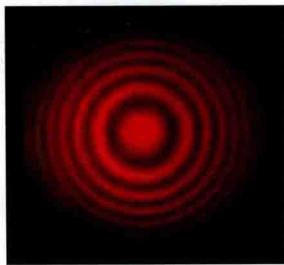
主 编：雷仕湛 沈 力

副 主 编：屈 炜 薛慧彬

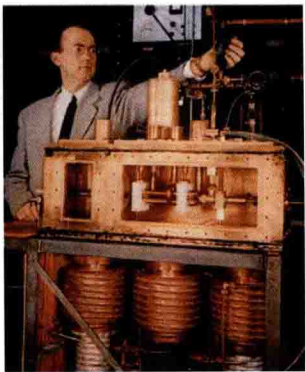
编写人员：丁晨良 王雪培 王亚慧 王亚宁
方 伟 刘尧香 江梦春 李民康
苏雅茹 岳 玉 陈 康 邹 凡
苟 维 孟泽江 徐 云 唐燕如
柴宝燕 诸波尔 黄庭瑞 黄 政
翟婷婷 潘柳华



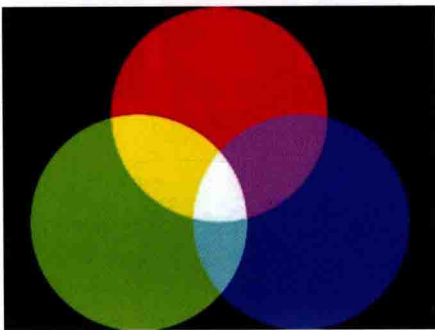
斯旺制作的碳丝电灯



激光干涉形成的清晰干涉条纹



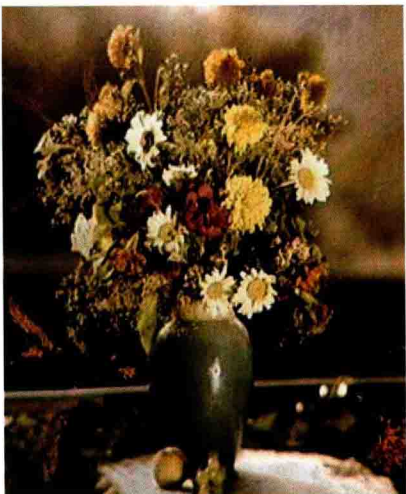
氨分子微波激射



三原色原理



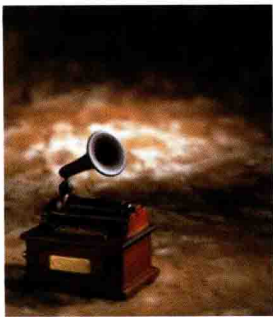
第一张手掌X光照片



使用干涉彩色摄影法拍摄的彩色照片



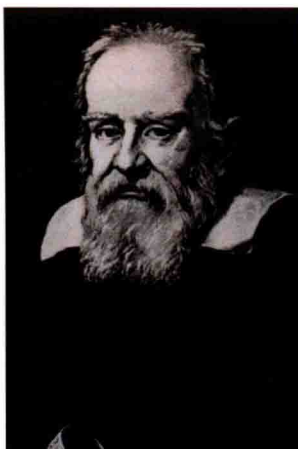
世界上第一台实用显微镜



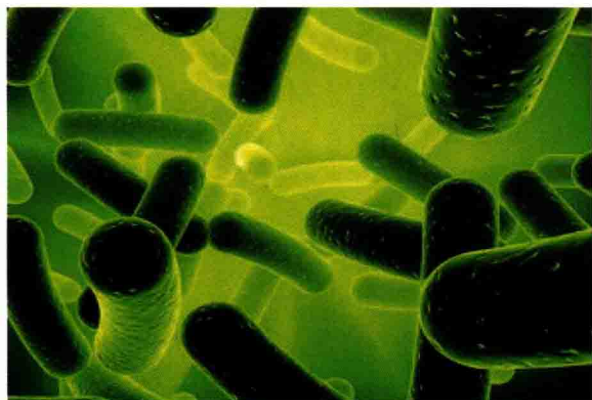
早期留声机



第一台反射望远镜



伽利略和他的第一台望远镜、手稿



显微镜下的细菌



(a)502速干胶膜

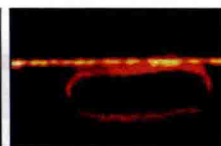
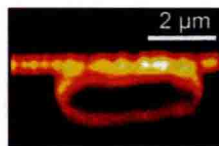


(b)洋葱表皮细胞



(c)酵母菌细胞

三种典型标本的相衬显微镜图片



普通显微镜观察结果（左）和
黑尔研制的显微镜观察结果（右）



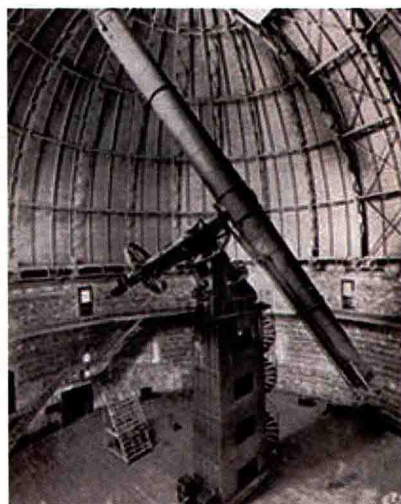
凯克天文望远镜



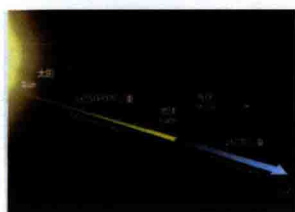
叶凯士天文台（Yerkes Observatory）



欧洲极大望远镜效果图



叶凯士 (Yerkes) 望远镜



韦伯太空望远镜运行图



韦伯太空望远镜



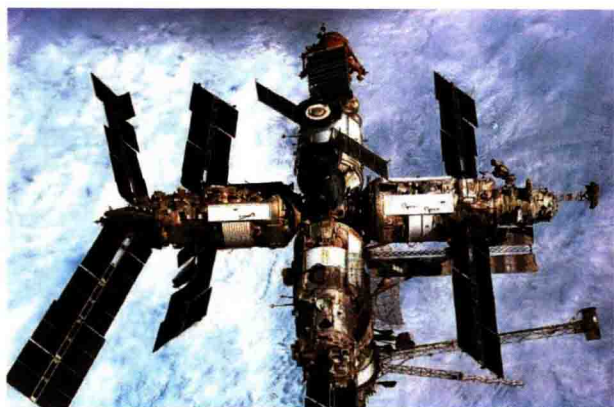
在夏威夷莫纳克亚的TMT效果图



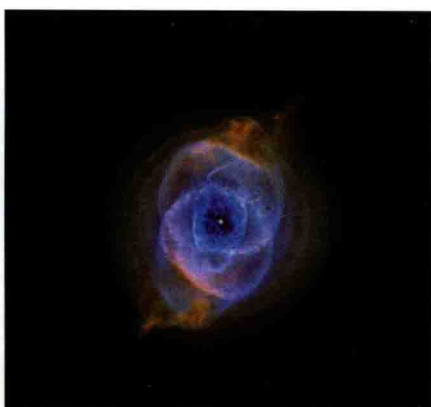
飞行中的子弹头



哈勃太空望远镜



对接了多个实验舱的和平号空间站



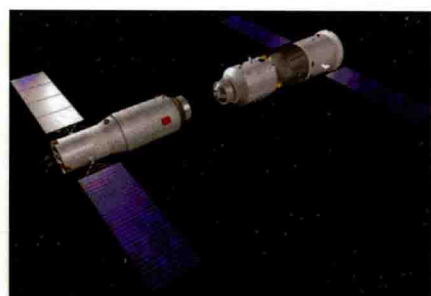
天体美景“猫眼星云”



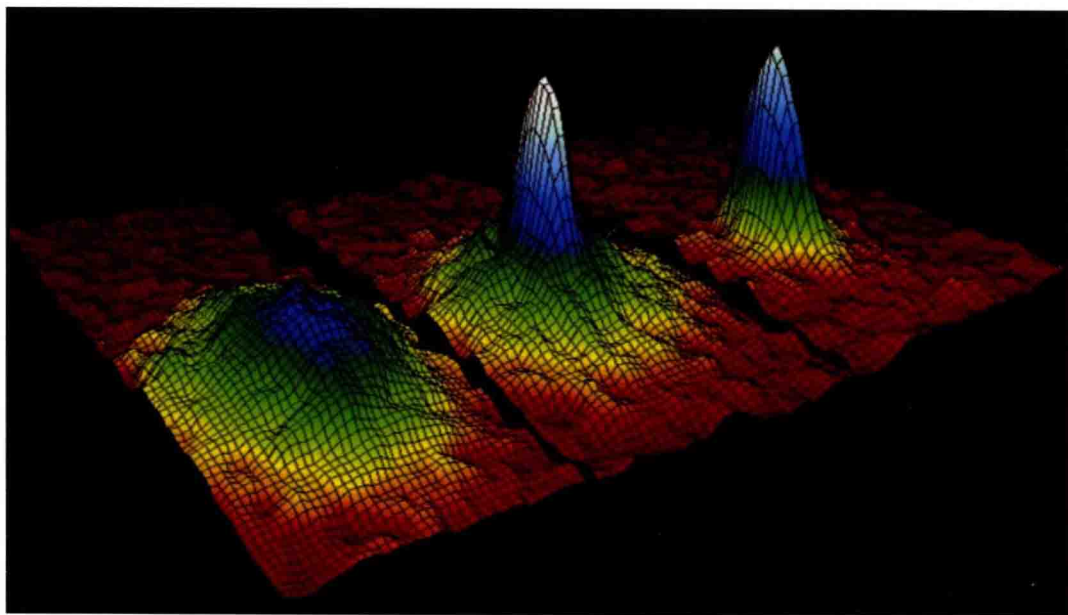
“阿波罗号”宇宙飞船



Myrabo 设计的光子火箭模型



飞行器空中交会



玻色-爱因斯坦凝聚形成过程

序

Preface

人类对光的观察研究有着悠久的历史。随着社会和科学技术的发展,人类掌握光的知识不断丰富和加深,应用光的范围不断扩大,终于形成了一门专门的学科——光学。古今中外许多科学家对光学的研究和发展做出了杰出贡献,纵观诺贝尔物理学奖的百年颁奖历史,与光学直接或者间接相关的获奖成果就有 40 余项。

20 世纪 60 年代,激光的出现使光学领域发生了重大变革,使这门古老学科更加兴旺起来。21 世纪以来,人类陆续制造出各种新光源,让世界明亮绚丽透明;开拓了各种光学新技术,促进生产发展,改善人类生活;陆续发现了许多光学新现象,揭开了物质世界,包括天外世界和微观世界的秘密,促进了现代物理学的发展,也大大深化了人类对物质世界的认识。

考虑到光在人类生活中发挥着极为关键的作用,光学已经成为 21 世纪科学和工程学的一个主要的跨学科领域,联合国大会第六十八届会议正式宣布 2015 年为“光 and 光基技术国际年”(简称:2015 国际光年)。联合国此项决定,旨在使世界各国人民充分认识到对光的科学研究以及把光基技术应用于全球发展所具有的重要意义,也希望吸引最有才华的年轻人投身于这一领域的科学与工程事业。

本书就科学家们对光学发展做出的贡献,光学各主要领域的基础知识和在社会发展中的主要作用,给出了比较系统的介绍,对广大青少年学生和科学工作者了解光学、大胆探索光科学、勇于开拓创新光学技术会有帮助。

欢迎广大青少年了解光学、走进光学、热爱光学、发展光学!

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李', '雷', and '勤'.

中科院上海光机所所长
中国光学学会副理事长

2015年3月31日

前言

Foreword

从古至今,光都是人类不可分离的“朋友”。人类很早就开始了对光的观察与研究,各类光学研究成果无不蕴藏着人类的智慧,也改变着人类的生活,改变着世界。

科学家发明的各种光源,驱散了黑暗,照亮了我们这个世界;发明的种种光学仪器,让我们得以洞察微观世界,找到物质世界的源头和丰富社会物质的途径;还能够让我们得以洞察天外世界,开发利用太空资源。光学研究揭开了物质世界的许多奥秘,大大深化了人类对物质世界的认识,丰富了我们的知识,也推进了科学技术的发展。

为此,我们撰写了这本书,向青少年和科学工作者介绍光学基本知识、科学家们在光学研究中取得的成就、光学技术在主要生产领域和科学技术的主要作用。

本书的出版得到了中国科学院科学传播局、上海市科委、中国光学学会的大力支持,在此表示衷心感谢。

限于作者的知识水平,书中难免有不妥之处,敬请读者不吝赐教。

雷仕湛 沈 力 屈 炜 薛慧彬

2015 年 4 月 10 日

目 录

Contents

第 1 章 光学让世界明亮、绚丽、透明	1
1.1 照明光源	1
1.1.1 火光源	2
1.1.2 电光源	4
1.2 相干光源	16
1.2.1 光源的相干性	16
1.2.2 生产、科研需要相干性好的光源	18
1.2.3 再次变革发光机制	30
1.3 X 光光源	47
1.3.1 视觉的产生	48
1.3.2 伦琴发现 X 射线	49
1.3.3 X 射线是什么	51
1.3.4 打开智慧之门	59
参考文献	79
第 2 章 光学让我们的生活更美好	81
2.1 颜色光学	81

2.1.1	颜色的来源	81
2.1.2	颜色三要素	87
2.1.3	颜色的计算和表示	89
2.1.4	颜色测量	91
2.1.5	标准光源	93
2.1.6	广泛应用	95
2.2	留下美好时光	103
2.2.1	发明照相术	104
2.2.2	彩色照相	109
2.2.3	把黑白照片变换成彩色的	113
2.2.4	全息照相	116
2.3	留下美好声音	119
2.3.1	会说话的机器	119
2.3.2	激光唱片	122
2.3.3	音容并茂的唱片	125
2.4	开创印刷技术新革命	127
2.4.1	雕版印刷术	128
2.4.2	活字印刷	129
2.4.3	汉字激光照排印刷	132
2.5	撑起防避自然灾害防护伞	137
2.5.1	大气“变脸”带来灾害	138
2.5.2	大气“变坏”有预兆	144
2.5.3	光学技术给大气“把脉”	146
2.5.4	光学检测大气温度	148
2.5.5	光学检测大气湿度	151

2.5.6 光学检测大气气溶胶	152
2.5.7 光学测量风速	154
2.5.8 光学测云	160
2.5.9 光学测大气能见度	164
2.5.10 光学检测大气湍流	170
2.5.11 光学检测大气纯洁性	173
参考文献	185

第3章 洞察世界	186
3.1 窥视生物世界	186
3.1.1 发明显微镜	187
3.1.2 发现致病“元凶”	192
3.1.3 相衬显微镜	198
3.1.4 突破分辨率极限	202
3.2 延长视线	212
3.2.1 远处物体变近	212
3.2.2 打开宇宙大门	214
3.2.3 反射望远镜	220
3.2.4 大口径望远镜	227
3.2.5 太空望远镜	234
3.3 开发太空	244
3.3.1 开发利用太空资源	244
3.3.2 挣脱地球束缚	247
3.3.3 光子火箭	252
3.3.4 光子太空航行“交警”	270

参考文献	283
第4章 揭示物质世界秘密	285
4.1 塞曼的重大发现	285
4.1.1 光与电、磁有关联	286
4.1.2 塞曼的实验	288
4.1.3 反常塞曼效应	291
4.1.4 揭开原子世界秘密	292
4.2 证实光子的实验	293
4.2.1 缘起光电效应	294
4.2.2 光电效应的特别性能	296
4.2.3 爱因斯坦提出光子概念	298
4.2.4 密立根的实验验证	300
4.3 揭开“以太”谜底的光学实验	302
4.3.1 奇妙的“以太”	303
4.3.2 发明迈克耳孙干涉仪	305
4.3.3 惊人的实验结果	307
4.4 电场引起光谱线分裂	312
4.4.1 发现极遂射线多普勒效应	314
4.4.2 发现斯塔克效应	315
4.4.3 科学价值	317
4.5 拉曼的新发现	318
4.5.1 光学散射研究	319
4.5.2 反常的光学散射现象	321
4.5.3 广泛应用	324

4.5.4	增强拉曼散射强度	327
4.5.5	受激拉曼散射	333
4.6	光磁共振效应	335
4.6.1	谱线精细结构	336
4.6.2	巧妙的想法	339
4.6.3	光磁双共振实验	342
4.7	光学新篇章	344
4.7.1	增添新频率	345
4.7.2	光束“自陷”	351
4.7.3	自变光学透明和绝缘	353
4.8	光束深冷原子、分子	361
4.8.1	让分子、原子“安静”不动	363
4.8.2	高分辨率光谱	370
4.8.3	实现玻色-爱因斯坦凝聚	371
4.9	减慢时间步伐	377
4.9.1	用光束探测瞬态变化过程	379
4.9.2	用高速照相记录瞬态过程	380
4.9.3	用飞秒激光探测瞬态变化	385
4.10	计准时间步伐	386
4.10.1	时间标准	388
4.10.2	时钟	389
4.10.3	微波钟	391
4.10.4	光钟	394
	参考文献	396

第 1 章

光学让世界明亮、绚丽、透明

光学的一项智慧是制造了各种照明光源,照亮世界、驱散黑暗,让人类得以延续白天的光彩,延续白天的工作和生活。相干光源的发明,开发了各种先进技术,发展了生产,给人类带来财富、带来幸福。X光源的发明,让人类的视力更强大,能够透视各种物质,世界变得更透明。

1.1 照明光源

光源是发射光辐射的物体,它与人类的生产活动、生活活动休戚相关。我们知道,太阳是最大的自然光源,是它发射光辐射照亮宇宙、照亮世界。然而,地球是不停地绕着太阳旋转,同时也绕着自己的轴自转,因此,在地面上不同的区域会接收到不同强度的太阳光,在同一个地方不同的时刻接收到的太阳光强度也不一样。每天早上见到太阳,获得灿烂的太阳光,大地一片明亮;日落后得不到