



普通高等教育电子科学与技术类特色专业系列规划教材

物理光学导论

(第二版)

姜宗福 主 编
刘文广 杨丽佳 侯 静 编 著

非 外 借



科学出版社

普通高等教育电子科学与技术类特色专业系列规划教材

物理光学导论

(第二版)

姜宗福 主编

刘文广 杨丽佳 侯 静 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

物理光学的内容非常广泛。本书针对光学工程、光电信息科学与工程、光电子技术等工科类本科专业对光学知识的基本要求,主要介绍经典物理光学和部分现代物理光学。本书以电磁场与光传输理论为基础,简洁而系统地讲述光的电磁波理论、光的偏振性质、光在介质界面的传输,光的干涉、光场的空间和时间相干性,光的衍射,傅里叶光学基本概念与光的信息处理、光的全息术,光在晶体中的传输,光的吸收、色散和散射,以及现代光学器件、非线性光学等。

本书可作为高等院校光电信息科学与工程、光电子技术等专业本科生的教材,也可作为光学工程等学科研究生和科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理光学导论/姜宗福主编. —2版. —北京:科学出版社,2018.6
普通高等教育电子科学与技术类特色专业系列规划教材
ISBN 978-7-03-055855-8

I. ①物… II. ①姜… III. ①物理光学-高等学校-教材 IV. ①O436
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 304890 号

责任编辑:潘斯斯/责任校对:郭瑞芝
责任印制:吴兆东/封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年7月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017年12月第 二 版 印张:16 1/2

2018年6月第五次印刷 字数:400 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

光对人类的生存与活动至关重要。正是由于太阳发出的光,通过最基本的光合作用,使生命得以产生和生存。现代人类社会和生活由于光子学技术的应用而发生了巨大的变化,比如因特网、气象与天气监测、计算机芯片制造等。正是认识到光对人类社会的发展以及人们生活诸方面的重要性,联合国宣布 2015 年为“光和光基技术国际年”,通过国际光学年的纪念活动,在世界范围内提升人们对光科学与技术对人类社会发展与进步中的重要性和必要性的认识。本书在此次再版中增加了一些现代光学和光子器件原理与应用的内容,其目的是为了展现光与光子学技术在人类生活中所起的重要作用,激发引导学生学习与了解光科学的广泛兴趣,激励学生通过光子学为全球人类面临的各种挑战不断探索和寻找解决的方法,培养学生的创新意识。

本书是作者根据光信息科学与技术、光电工程、光学工程等工科专业学科的特点,结合近十几年讲授物理光学课程的实践,在第一版基础上修订改编而成。物理光学的内容非常广泛。结合光学工程相关本科专业的学科基础要求与现代光学和光子学的发展,本书主要介绍经典物理光学,并适当增加了现代物理光学和光子学技术的内容。本书以电磁场理论为基础,简洁而系统地讲述光的电磁波理论、光的干涉、光的衍射、光的偏振、光的时间空间相干性、傅里叶光学等基本概念,介绍了光的信息处理、全息术、光在晶体中的传输、光的吸收和散射、光的操控和光与物质相互作用等现代光学器件和非线性光学的内容。

在第一版基础上,姜宗福教授、杨丽佳教授和刘文广副教授对全书进行了修订,并增加了与经典内容结合紧密的现代光学和光子学内容,如引力波干涉测量原理与方法、衍射极限与超分辨成像、波分复用、光隔离器、非线性光学等。书中内容表述力求概念清晰、数学运算简洁,通过将物理概念与图像、数学思想与解析描述相结合,简明扼要地阐述了物理光学最精髓的内容,展现光波动性的丰富内涵;以描述光波特征的最基本量为基础,展开对光的干涉、衍射、偏振和相干性基本性质的阐述;结合经典波动光学的内容,介绍相关的最新研究领域和现代光学器件原理。力求在较少的教学时间内,使学生掌握物理光学的核心内容,理解典型的现代光子器件原理。书中带“*”号的章节作为物理光学基础知识的拓展内容,教学中可以不做讲授,但不会影响物理光学知识的整体性。

光学与光子学技术为当今世界面临的各种挑战提供了非常广泛而又非凡的解决方法。由于其内容不断地丰富与快速发展,而作者的知识有限,书中的不妥与疏漏之处在所难免,敬请读者不吝批评指正。

编 者
2017年3月19日

第一版前言

几百年来,几何光学和物理光学的理论及工程应用的各方面一直不断深入与发展。物理光学是描述光的传输、光与物质相互作用等物理过程本质的基础理论,其内容非常广泛:①以电磁场理论为基础的经典波动光学,包括光的干涉和衍射,光波导传输理论,光的吸收、色散和散射,经典晶体光学等;②以经典波动光学理论为基础的近代波动光学,包括近场光学、光学全息、傅里叶光学、波导光学等;③以经典光学、近代物理理论与现代技术相结合的现代光学,包括激光、光谱学、量子光学、非线性光学、微纳与材料光学等基础理论。

针对光学工程、光电子技术等工科类本科专业对光学基础的要求,结合光学工程等专业物理光学学时较少的特点,编者根据近几年在国防科学技术大学光电科学与工程学院讲授物理光学过程中的体会,编写了《物理光学导论》一书。本书主要介绍经典物理光学内容,部分介绍近代物理光学内容,其中标注“*”号的部分可以只作为参考内容。

为使本科生对历史上光的本质认知过程、光的物理理论建立过程有一个初步的了解,本书在引言部分按时间顺序对光学的发展进行简单的介绍。

第1章作为光的经典波动理论基础,主要介绍电磁场的麦克斯韦方程、电磁波的波动方程,给出波动方程的两个最基本解——平面波解和球面波解。通过平面波,引入描述电磁场的能量密度和能流密度、光强、光偏振等概念,以及光在光学介质界面传播时反射光和折射光的相位变化、偏振状态变化和能流的分配等特性的菲涅耳公式。同时,简要介绍光量子概念。

第2章介绍光的干涉现象及相关基础概念和应用,首先对光波的叠加原理和光波的独立传播原理进行介绍,在此基础上,给出光波场相干叠加的基本条件,引入描述光波场相干性的物理量——衬比度;其次分别介绍分波前干涉、分振幅干涉和多光束干涉的分析方法,以及典型干涉测量仪器的原理和实际应用;最后结合各种干涉装置讨论光场的空间相干性和时间相干性。

第3章介绍描述光波衍射现象的唯象理论和电磁场理论:惠更斯-菲涅耳衍射理论、基尔霍夫衍射理论。本章介绍菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射的概念和基本分析方法;结合圆孔夫琅禾费衍射,重点介绍成像仪器的分辨本领和光衍射极限等具有工程应用背景的重要概念;运用位移-相移定理讨论光栅衍射、光栅光谱仪和高衍射效率的闪耀光栅。

第4章以衍射理论为基础,通过分析薄透镜实现光波的相位变换规律,介绍傅里叶变换光学基本概念、阿贝成像原理、空间滤波、相干光信息处理、光学成像的频谱分析和光学全息等近代光学的基本概念与基础理论。

第5章介绍光波在非各向同性介质中传输的现象、分析方法、规律及其应用。主要包括光的双折射现象、晶体光学中的波面、光在晶体中传输特性的惠更斯作图法,各种晶体光学器件及其应用,各种偏振光的产生和检验,偏振光干涉装置及其应用,旋光效应和电光效应。

第6章介绍光波在介质中传输时与介质相互作用产生的几种现象:介质对光的吸收、色散、散射。本章分别介绍吸收、色散和散射产生的物理本质、规律及其实际应用。

本书第1、3、4章由姜宗福教授编写,第2、6章由刘文广副教授编写,第5章由侯静教授编写;习锋杰和肖楠讲师编写了部分章的习题,实验员姜深理编辑制作了部分图片。

本书只涉及光学工程等相关工程类本科专业中物理光学内容的基础部分。书中不妥、疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011年5月15日

目 录

引言	1
0.1 17 世纪前的光学	2
0.1.1 古希腊人对光的认识	2
0.1.2 阿拉伯人对光学的贡献	2
0.1.3 中世纪的光学	3
0.1.4 16 世纪——文艺复兴的光学	3
0.2 17 世纪的光学	3
0.3 19 世纪的光学	4
0.4 近代光学	5
0.5 运动物体光学	6
第 1 章 光的电磁理论基础	7
1.1 麦克斯韦方程与电磁波	7
1.1.1 波动方程与电磁波	8
1.1.2 电磁波传播速度与介质折射率	9
1.2 简谐电磁波与辐射强度	10
1.2.1 简谐平面波的传播速度、波长与频率	10
1.2.2 电磁波的横波性	10
1.2.3 电磁场的能量密度、能流密度与辐射强度	11
1.3 简谐光波的偏振性	14
1.3.1 光的偏振性质	14
1.3.2 线偏振器与马吕斯定律	18
1.4 简谐光波的标量描述	21
1.4.1 标量平面波和球面波	21
1.4.2 波函数的复数表示与复振幅	22
1.5 光子与电磁场谱	24
1.5.1 光子	24
1.5.2 电磁波谱	26
1.6 光波在介质界面的传播	27
1.6.1 介质界面电磁波反射与折射	28
1.6.2 菲涅耳公式	29
1.6.3 光强的反射率和透射率	34

1.6.4	界面反射光的相位变化	38
* 1.7	光学波导的全反射分析方法	42
1.7.1	波导结构与光束传输	42
1.7.2	光学波导形成机理	43
* 1.8	负折射率与超材料	46
1.8.1	负折射率	46
1.8.2	光束在负折射率介质界面传输特性:无球差透镜	47
1.8.3	超材料与负折射率	47
习题		48
第2章 光的干涉		50
2.1	光波干涉的基本概念	50
2.1.1	波的叠加原理	50
2.1.2	波叠加实现相干的基本条件与相干光	53
2.1.3	干涉场的衬比度	54
2.2	分波前干涉	57
2.2.1	普通光源实现相干叠加的方法	57
2.2.2	杨氏双孔干涉实验:两个球面波的干涉	58
2.2.3	光源宽度对干涉场衬比度的影响	61
2.2.4	光场的空间相干性	65
2.2.5	光场的时间相干性	68
2.2.6	分波前干涉装置及其应用	71
2.3	分振幅干涉	73
2.3.1	平行平板的等倾干涉	74
2.3.2	楔形板的等厚干涉	77
2.3.3	几种分振幅干涉仪及其应用	82
2.4	多光束干涉	88
2.4.1	平行平板的反射多光束干涉和透射多光束干涉	88
2.4.2	法布里-珀罗干涉仪及其特点	91
2.4.3	多光束干涉的应用	93
* 2.5	引力波干涉测量	96
习题		97
第3章 光的衍射理论基础		101
3.1	惠更斯-菲涅耳原理	101
3.1.1	惠更斯原理	101
3.1.2	惠更斯-菲涅耳原理的表述	101

3.2	基尔霍夫衍射理论简介	103
3.2.1	亥姆霍兹-基尔霍夫积分定理	103
3.2.2	平面屏衍射的基尔霍夫公式	104
3.2.3	巴比涅原理	105
3.3	近场衍射和远场衍射	106
3.3.1	球面波的傍轴近似和远场近似式	106
3.3.2	近场衍射——菲涅耳衍射	108
3.3.3	远场衍射——夫琅禾费衍射	108
3.4	单缝和矩孔的夫琅禾费衍射	110
3.4.1	单缝夫琅禾费衍射	111
3.4.2	矩孔夫琅禾费衍射	113
3.5	圆孔夫琅禾费衍射与成像系统的分辨本领	113
3.5.1	圆孔夫琅禾费衍射	113
3.5.2	成像仪器的分辨本领	115
3.6	光栅衍射	118
3.6.1	位移-相移定理	118
3.6.2	一维光栅	120
3.6.3	光栅光谱仪	122
3.6.4	闪耀光栅	124
3.7	菲涅耳衍射	126
3.7.1	菲涅耳衍射的波带方法	127
3.7.2	菲涅耳波带片	133
* 3.7.3	菲涅耳衍射的数值分析	135
* 3.8	衍射极限与超分辨成像	137
3.8.1	衍射极限	137
3.8.2	超分辨成像	137
	习题	140
第4章	傅里叶光学基础	142
4.1	线性系统与波前变换	142
* 4.1.1	线性系统与线性变换	142
4.1.2	衍射系统与波前变换	144
4.2	薄透镜相位变换器与傅里叶光学变换	145
4.2.1	薄透镜的相位变换函数	145
4.2.2	透镜衍射的傅里叶变换性质	147
4.2.3	余弦光栅的衍射场	150
4.3	阿贝成像原理与空间滤波	152

4.3.1	阿贝成像原理	152
4.3.2	阿贝-波特实验与空间滤波	154
4.3.3	策尼克相衬显微镜	156
4.4	相干光信息处理简例	157
4.4.1	4F 图像处理系统	157
4.4.2	图像的相加和相减处理方法	159
* 4.5	透镜相干成像的衍射分析	161
4.5.1	正透镜的点扩展函数	161
4.5.2	物像关系的衍射理论分析	163
4.5.3	相干成像系统的光学传递函数	164
* 4.6	非相干成像系统的频谱分析	165
4.6.1	非相干成像系统的强度传递函数	165
4.6.2	无像差系统的传递函数	166
4.6.3	像差对成像系统的影响	168
4.7	光学全息	169
4.7.1	全息术的基本原理	169
4.7.2	典型全息图	173
4.7.3	全息图应用简介	175
习题		177
第 5 章	晶体光学	181
5.1	晶体双折射	181
5.1.1	双折射现象	181
5.1.2	单轴晶体中的波面	184
5.1.3	晶体中的惠更斯作图法	185
5.1.4	晶体双折射的四个重要情形	186
5.2	晶体光学器件	188
5.2.1	晶体偏振器	188
5.2.2	波晶片	190
5.2.3	晶体补偿器	192
5.3	圆偏振光、椭圆偏振光的产生和检验	194
5.3.1	通过波晶片后的偏振态分析	194
5.3.2	椭圆偏振光和圆偏振光的产生	194
5.3.3	偏振光的检验方法	196
5.4	偏振光干涉	196
5.4.1	单色偏振光干涉	196
5.4.2	显色偏振与偏振滤光器	200

5.4.3	偏振光的应用	202
5.5	旋光效应	203
5.5.1	自然旋光效应	203
5.5.2	法拉第效应——磁致旋光效应	206
5.5.3	旋光效应的应用	208
5.6	电光效应	210
5.6.1	泡克耳斯效应——线性电光效应	210
5.6.2	克尔效应——平方电光效应	211
* 5.7	光电器件	213
	习题	218
第 6 章	光的吸收、色散和散射	221
6.1	介质对光的吸收	221
6.1.1	朗伯吸收定律	221
6.1.2	比尔吸收定律	222
6.1.3	对吸收系数的进一步说明	222
6.1.4	吸收光谱	223
6.2	介质对光的色散	224
6.2.1	正常色散和反常色散	224
6.2.2	色散和吸收现象的经典理论解释	226
6.2.3	波包的相速度和群速度	228
6.3	介质对光的散射	231
6.3.1	散射现象	231
6.3.2	瑞利散射	232
6.3.3	米氏散射	233
6.3.4	拉曼散射	234
* 6.4	非线性光学	235
6.4.1	介质非线性极化	235
6.4.2	光学二次谐波	237
6.4.3	三阶非线性光学现象	239
6.4.4	二阶非线性极化与三波混频	240
6.4.5	三阶非线性极化与四波混频	243
	习题	245
	参考文献	246
附录 A	矢量分析	247
A.1	散度、旋度和梯度	247

A. 2	Gauss 公式和 Stokes 公式	247
A. 3	有关 ∇ 算子的运算公式	248
附录 B	傅里叶变换	249
B. 1	周期函数的傅里叶级数分解	249
B. 2	傅里叶变换	249
B. 2. 1	一维傅里叶变换	249
B. 2. 2	二维傅里叶变换	249
B. 2. 3	典型函数的傅里叶变换	250
B. 3	傅里叶变换的性质和定理	251
B. 3. 1	线性定理	251
B. 3. 2	守恒定理	251
B. 3. 3	缩放定理	251
B. 3. 4	相移定理	252
B. 3. 5	共轭定理	252
B. 3. 6	积分微分定理	252
B. 3. 7	卷积定理	252
B. 3. 8	反比性质	252

引 言

物理光学是光学的重要内容,它从物理本质上对光学现象进行分析和理解。本书主要讲授经典物理光学内容,部分讲授近代物理光学内容。

物理光学研究光学现象的物理本质或物理原理。就本课程学习的内容而言,其基本理论在 1880 年前已经大体上形成了较完整体系。此后,由于量子力学的出现,光学经历了一场革命,尽管这场革命深深影响了人们对光的本性的理解,但早期的理论并没有失去作用。旧的原理和方法及其在诸多方面的应用一直不断扩展,而且还在继续扩展,势头不减。

光是人类生存与活动最重要的因素。在最基本的光合作用中,生命本身的产生与生成是因为有了太阳光的作用。在现代,光学与光子学技术的应用使人类社会和人们的生活发生了巨大变化,比如因特网、气象与天气监测、计算机芯片的制造等。

正是认识到光在人们生活的每个方面的重要性,联合国全体大会宣布 2015 年为“光和光基技术国际年”。通过光学年的纪念活动,使全世界人们认识到光的科学与技术对人类的重要性。国际年是联合国教育、科学及文化组织(联合国教科文组织)与多科学团体联合倡导的、针对某一学科进行的国际年活动,它将许多不同的科学学会、教育团体、技术平台、非营利组织,以及民间社团等组织和机构结合在一起共同参与国际年活动。

很早以前,哲学家和科学家就思考光是什么这个问题。2000 年前欧几里得(Euclid)的光学试图理解视觉几何。从哈增(哈增被认为是现代光学之父)到哥白尼、伽利略、牛顿、麦克斯韦、爱因斯坦、列文虎克、普朗克等,许多思想家和科学家把他们的毕生经历都贡献于对光本质的研究和利用上。正是他们的好奇心和创新性的思想,才有我们今天关于光的知识。

现在我们知道光是能量的一种形式,它可以表现为波,也可以表现为粒子(光子)。光在许多形式下包含整个电磁谱,从伽马射线、X 射线到微波、无线电波。而仅仅非常小的一部分光人眼可以感觉到,而在技术和应用的更多重要的部分,人眼是看不到这些光的。在许多著作和文献中将人眼能感觉到的那部分光波定义为光(light)。在本书中我们将人眼看不到的电磁波也包含在光的内涵内。

光学(现代称为光子学)是关于光的科学和应用,从光子产生、控制并探测光到先进机器人、先进制造、医学成像、新一代显示器、国防科技、生物识别安全、图像处理、通信、航天等,都离不开光学与光子学。光子学构成现代互联网的支柱,光子学引导能源勘探,通过夜视技术、GPS、生理反馈技术保证军人在战场上的安全。光子学涉及和解决

当今世界的诸多挑战,提高我们的生活质量,改善健康、安全状况,并推动经济发展、创造就业和提高全球竞争力。

光学作为一门科学,主要是从 17 世纪笛卡儿的光在以太中的直线传输思想、斯涅尔折射定律、费马的光传输最小时间原理开始,到光的干涉、衍射和散射理论,直到 19 世纪将这些思想和原理以麦克斯韦电磁场理论为基础完成光的经典理论基础的建立。1900 年普朗克能量量子的提出成为量子理论和原子分子理解的开端。1960 年激光的发明,使得当时由爱因斯坦、伍德等建立的有关光的各种看似不同基本原理,形成统一的理论并聚焦到了一起。本章主要叙述人们关于光的本性的认识发展过程中的几个主要里程碑。

0.1 17 世纪前的光学

0.1.1 古希腊人对光的认识

在 17 世纪之前,人们对光学现象的描述只是只言片语的记载,还谈不上是科学。在埃及发现的希腊文稿中记载了许多光的幻觉现象。例如,太阳在地平线上比在近天顶时显得更大。

在希腊,阿里斯托芬在《云》(公元前 424 年)中描述了“用透明度极好的石头点火”的对话。书中描述,把这种石头放在阳光下,人们就能够“通过某一种距离熔化那全部刻写”在蜡面上的“稿本”。

柏拉图学派曾经讲授过关于光的直线性、入射角和反射角相等的知识。公元 139 年,天文学家托勒密(Ptolemy)测量了入射角和折射角,他发现入射角和折射角成比例。

古代制造过金属镜。在《圣经·出埃及记》中记载,“窥镜”——(铜锡合金)铜锡比例为 38:8,在《圣经·约伯记》中记载为 37:18。在古埃及人的木乃伊墓中已发掘出这种镜子。希腊人对球形和抛物面形的镜子进行过探讨,在欧几里得的著作《反射光学》(Catoptrics)中探讨了反射现象,发现了关于球面镜焦点的最早论述。书中讲到了凹镜对准太阳时也能点火。在一份可能是特拉耳斯的安塞缪斯写的稿本“博比安瑟殊篇”(Fragmentun Bobiense)中,论证了抛物面形反射镜的聚焦性质。传说当罗马人包围叙拉古(Syracusae)时,阿基米德用具有聚光能力的反射镜,反射太阳光使敌船起火,来保卫城池,但这个故事可能是虚构的。

希腊人探讨过关于视觉的理论,按照毕达哥拉斯(Pythagoras)等的说法,视觉是由所见的物体射出的微粒进入眼睛引起的。柏拉图、欧几里得主张眼睛发射说,认为眼睛本身发射出某种东西,一旦这些东西遇到物体发出的别的东西就产生视觉。

0.1.2 阿拉伯人对光学的贡献

阿拉伯民族的成长在思想史中显得格外壮丽。散居的部落在宗教的熔炉中突然融

合为强大的民族。大约在公元8世纪开始,阿拉伯人把希腊的古典书籍翻译成阿拉伯文,自然科学成为人们爱好的研究课题。一般来讲,他们在创造性研究方面并不突出。只有阿勒·哈增在光学方面有独创性的贡献。哈增曾身居要职,由于犯了错误,在哈里发(Kaliph)面前失宠,一直佯装精神错乱并寻找避难处。其后以复制稿本维持生活,写了关于天文学、数学和光学方面的书。

哈增对反射定律做了研究,并加上了“这两个角都在同一个平面”的法则。对球面镜和抛物面镜做了深入研究。重复托勒密的工作,测量了入射角和折射角,并证明托勒密入射角和折射角之比是常数的说法是错误的,但没有给出正确的折射定律。他认为当太阳和月亮靠近地平线时,其直径显著增大是一种幻觉,是由于它们的大小是以地面物体的较小的距离来做估计造成的。这种解释今天仍流行,但没有普遍接受。

哈增是第一个详细叙述和描绘人眼的物理学家。今天普遍使用的描述眼睛一些部位的名称起源于他的拉丁文著作,如“网膜”“角膜”“玻璃状液”“前房液”等术语。

0.1.3 中世纪的光学

13世纪欧洲人消化了阿拉伯人的光学知识,威特洛在哈增著作基础上,整理了一本精练而系统的光学著作。他把星星的闪烁解释为空气的运动所致,并证明若通过运动着的水观察星星,则星星的闪烁更为强烈。他指出虹霓是由于反射和折射共同作用形成的。

杰出的思想家罗吉尔·培根在他的书中提出一种设想的仪器的可能性,通过它眼睛“辨认出在相当远距离的最小的文字”。曾经存在一种说法,折射望远镜就是罗吉尔·培根发明的。

0.1.4 16世纪——文艺复兴的光学

文艺复兴时期光学的最大成就是发明了望远镜和显微镜。关于这两种神奇仪器的发明人,英、意、荷、德等国都努力寻找证据,争取有利于自己同胞的决定。直到目前也没有足够证据肯定谁是最先的发明者。

伽利略是第一个把望远镜应用于天文观察和研究的人,用的望远镜也是他自己制造的。他改造望远镜,使之可以看到非常小又非常近的物体,即显微镜。开普勒的《折光学》(1611年)是最早尝试去阐明望远镜理论的著作,这需要有关折射定律的知识,他获得的近似经验表示,当以小角度 i 入射时,有 $i = nr$, n 是个常数,光线从空气射到玻璃时它等于1.5。这个值已准确到足以使他能够概括地建立关于望远镜的正确理论。

0.2 17世纪的光学

1. 发现折射定律

斯涅尔在未公布的手稿中把折射定律叙述如下:在相同的介质里,入射角和折射角

的余割之比总是保持相同的值。他用实验进行了验证。1637年笛卡儿在他的《屈光学》一书中,假设不同介质光速不同,从理论上推导了这个定律,给出了现代书本中看到的折射定律的表达形式,他认为光本质上是一种压力,在一种完全弹性、充满一切空间的介质[即以太(ether)]之中传播。

1657年,费马在证明笛卡儿的假设时,提出了著名的最小时间原理:“自然界的行为永远以路程最短为准则。”由这一原理,在假设不同介质中“阻力”不同的条件下,可得到折射定律。

2. 光传播速度的发现

1675年,罗麦(O. Romer)通过对木星卫星蚀的观测,发现了光的速度为有限,并被布拉德雷通过测量天体的光行差所证明。

胡克(R. Hooke)1665年做出关于光的波动理论的粗略轮廓,他指出光是一种介质的快速振动,并以极大速度进行传播;他还进一步指出,发光体每一脉冲或振动将产生一球面波(every pulse or vibration of the luminous body will generate a sphere)。惠更斯(C. Huygens)提出了一个原理(惠更斯原理),用这一原理,他成功推导出反射定律和折射定律。他还说明巴托莱纳斯在1669年发现的冰洲石的双折射现象。在研究这些现象时,他还发现了光的基本现象——偏振。但当时认为光是纵波,不能理解光的偏振。

玻意耳(R. Boyle)和胡克各自独立发现了薄膜产生彩色的干涉现象(今天称为“牛顿环”)。1666年,牛顿发现用三棱镜可将白光分解成各种颜色,并且确定每一种纯颜色各由一个折射率来标志,颜色的基本性质才搞清楚。当时,牛顿提出了光是以微小粒子的形式从发光物体传播出来的,即微粒理论。由于当时的波动理论在光的直线传播和偏振方面无法解释,以及牛顿的权威,粒子学说占据主要地位,波动理论被摒弃,并停滞一个世纪。

0.3 19世纪的光学

直到19世纪初,人们获得一些决定性的发现,开始普遍接受波动理论。1801年,托马斯·杨(Thomas Young)迈出了第一步,他提出了干涉原理并对薄膜彩色做出解释。由于杨的见解大部分是定性的表达,因此没有赢得普遍承认。

与此同时,马吕斯(E. L. Malus)发现了反射光的偏振。1808年的一天傍晚,他通过冰洲石晶体观察落日从窗户玻璃上的反射,发现当把晶体绕视线转动时,双折射产生的两个像的相对强度在改变。

而当时光的微粒学说拥护者[如拉普拉斯(P. S. Laplace)等],提出如何解释光衍射,将其作为1818年巴黎科学院有奖征文题目,期望对这个题目的论述使微粒说获得最后胜利。最后获奖者为以波动理论为其论述的作者——菲涅耳(A. T. Fresnel)。菲涅耳的主要思想是将惠更斯包络面作图法同杨氏干涉原理相结合,不仅能解释光的