

北京大学

物理学院课程

光 学

第一部分 课程导言

- 课程简介
- 课程进度 & 学时分配
- 光学导言
- 课程各章内容提要
- 课程建设成果掠影

第二部分 课程内容

■■■ 课堂讲授展示稿 ■■■

课程简介

本光学课程系统而深入地论述了从经典波动光学到现代变换光学的基本概念和规律、典型现象和重要应用、以及诸多方面的新进展。

全课程内容

九章 费马原理与变折射率光学,波动光学引论、介质界面光学与近场光学显微镜,干涉装置与光场时空相干性和激光,多元多维结构的衍射与分形光学,傅里叶变换光学与相因子分析方法,光全息术,光传播于晶体,光的吸收、色散和散射。

本课程配备例题 72 道,习题 186 道,含图 600 余幅。

● 课程进度 & 学时分配

第 1 章 费马原理与变折射率光学(4 学时)

第 2 章 波动光学引论(12 学时)

第 3 章 介质界面光学与近场光学显微镜(3 学时)

第 4 章 干涉装置与光场时空相干性·激光(10 学时)

期中考试占 40 分

第 5 章 多元多维结构衍射与分形光学(7 学时)

第 6 章 傅里叶变换光学与相因子分析方法(7 学时)

第 7 章 光全息术(3 学时)

第 8 章 光在晶体中的传播(9 学时)

第 9 章 吸收·色散·散射(5 学时)

期末考试占 50 分

总学时约 60

平时作业占 10 分

● 光学导言

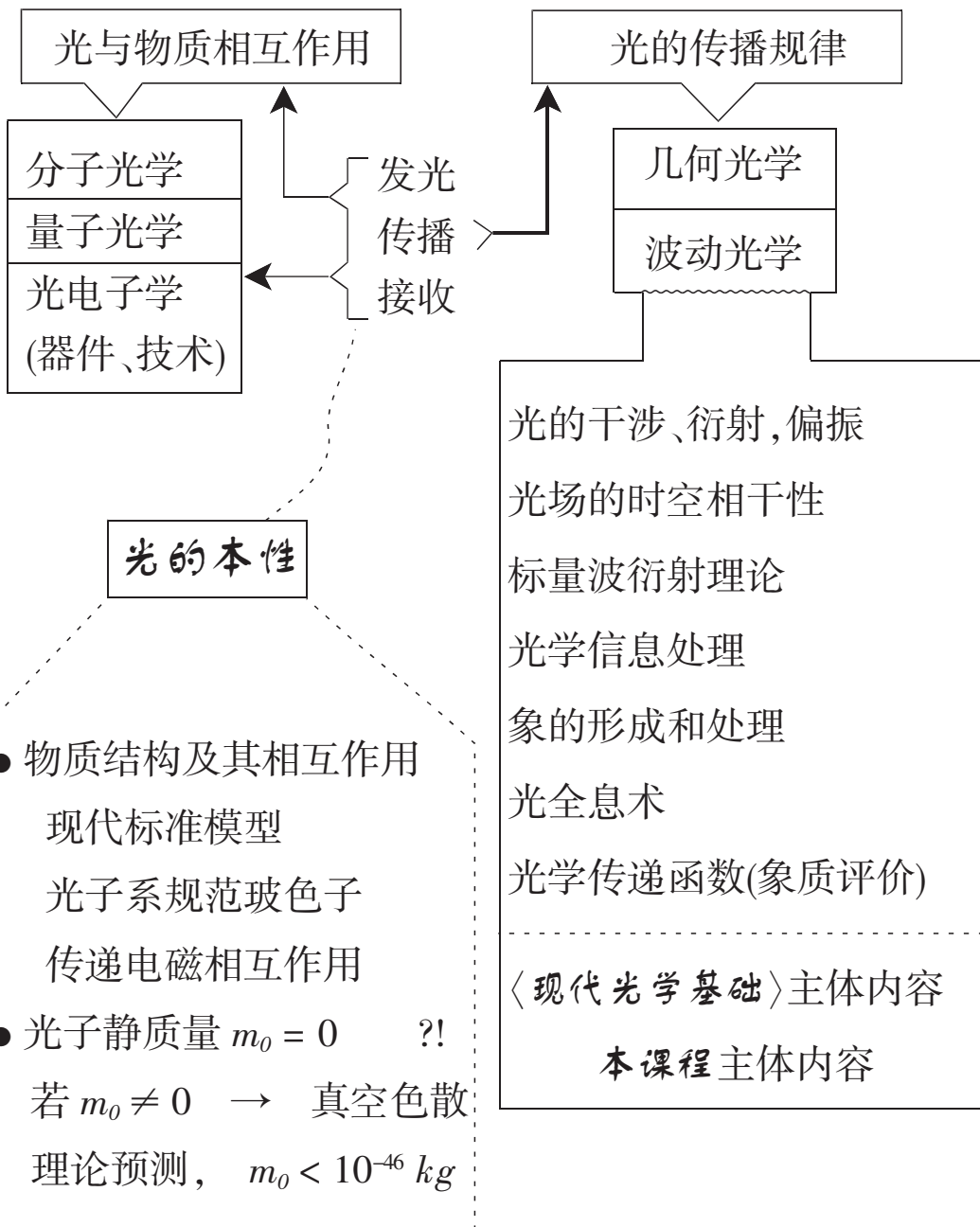
▶ 波动光学风光无限 ▶ 光学学科分支概略

▶ 波动光学 风光无限

在物理学的几门基础学科中,光学几乎与力学一样地古老,相对而言电磁学要年轻得多。然而,从20世纪40年代开始,光学在理论、方法和应用方面,均有一系列重大的突破和进展。因此,现代光学这一称谓颇为人们所共识。1948年全息术的发明,1955年作为像质评价标准的光学传递函数的确立,1960年新型光源激光器的诞生,连同1942年第一台相衬显微镜的问世,以及后来的傅里叶变换光学理论的形成和光学信息处理技术的兴起,它们正是现代光学发展中具有标志性的几项成就。尤为使人激动的是,这些振奋人心的一个个重大成就,究其基本思想、理论基础和概念要点,均与经典波动光学息息相关,均植根于波动光学这方沃土,是对波动光学传统成果的一种创造性的综合和提高。波动光学的现代发展使人们获得启迪——对已有理论和成果的综合和提高,也将导致科学技术的重大创新乃至一场科技革命。作者相信在21世纪这种重大创新或革命还将出现于波动光学这片广阔的天地中。波动光学,风光无限。

另一方面,光对于人类有着特殊的亲切感。假如不是我们的眼睛像太阳,谁还能欣赏光亮——这是前苏联科学院院长瓦维洛夫,在其名著《眼睛与太阳》的引论中,首引德国诗人歌德的一诗句。固然,光频极高,远远超过人眼的时间分辨能力,这使人们不能如观察水波那样,直观地看到光行波的运动图像。然而,又有什么波,能有光波的干涉条纹、衍射花样或显色偏振图样,那么稳定,那么一目了然,那么绚丽多彩。在揭示波的叠加和干涉效应以及波传播的行为特征方面,可以说,光波要比水波、声波或无限电波,显得更为优越。这里的部分原因就在于光频极高,光波长极短;或者说,人类对于光具有独特的视觉功能,有十分敏感的色度效应。再从理性的方面思考,有关波动的许多带有共性的重要概念、基本规律和处理方法,乃至波传播的行为特征,我们和我们的大学生们主要是通过波动光学的学习而获得充分认知的,这将使他们今后在工作和研究中,与其他类型的波打交道时,处于一种非常主动的地位。再者,如果联系到这样一个客观事实,即物质世界中的物理运动,其最基本的运动形式就是两种,一种是粒子运动,一种是波动,那就更能意识到学习波动光学所具有的普遍性价值。

► 光学学科分支概略



● 课程各章内容提要

第 1 章是一小章,它以费马原理作为光线光学的理论基础,去分析或追寻光线径迹。从波动光学的眼光看,光射线反映了光能流的传播路线。费马原理的限度表明了光线光学表述的正是光波长趋于零条件下的光传播行为。虽然本章的兴趣在于建立和求解在变折射率介质中的光线方程或光线径迹,仍然以相当篇幅讨论了费马原理与成像的关系,其部分原因来自教学上的考虑。教学经验表明,人们接受马费原理及其数学形式并不困难,难点在于对它的实际运用;只有在实际运用中才能领悟到变分法处理问题的微妙和窍门。

第 2 章波动光学引论,这是一大章,它对光波的电磁性质、数学描写、波前分析、光波的干涉、衍射、偏振的现象和原理,作了全面的论述,它是后续若干章更为专门更为深入内容的理论基础。面对波动光学这么丰富、这么综合的内容,设置这一章作为全书理论框架的第一级平台,是有着明显优点的。假如以本章内容为主体,再撷取后续几章中的感兴趣的某些节段,便可单独构成一个短课程(20~30 学时)。

第 3 章是一小章,仿照金属光学中的术语,这一章被定名为介质界面光学,它以菲涅耳公式为基础,全面考察

了光在介质界面反射折射时的传播特性，即传播方向、能流分配、相位变更和偏振态变化的主要性质。过临界角时透射场出现的隐失波，开阔了人们对光波场性质的认识；近场光学扫描显微镜的介绍，为这一章增添了现代气息。

第4章是一大章，结合几种典型的干涉装置，一方面介绍它们的实际应用，另一方面由此展开讨论光场的时空相干性。将光场的相干性分解为两个侧面，即空间相干性和时间相干性，分别给以阐述并建立相应的物理图像，这种处理方式不仅对基础光学的教学是恰当的，而且对理论光学中的互相关函数、复相干度和相干度的学习也是必要的。激光，作为一大节被安排在这一章，这是因为激光器和激光束基本性质的诸多方面，比如谐振腔的作用、高度单色性、高度相干性的高度走向性，均与本章内容息息相关；至于激活介质受激辐射光放大原理，可作为量子物理学的一般性知识予以介绍，这在本课程的教学上是可行的。新型的傅里叶变换光谱仪、强度相关实验和中子束干涉实验的介绍，为本章增添了新气象。

第5章正如其标题所表明的，关于衍射场与物结构之关系的论述在本章被显著地加强了，而并非仅限于一维光栅的衍射和光栅光谱仪。从一维、二维、三维周期结构，到自相似分形结构和无规分布的结构，它们各自的衍射场均被详细地论述；再三地运用了研究多元多维结构衍射场的数理方法，即位移—相移定理，并倡导了单元编组思想和

逐维分析方法。衍射手段一直是人类认识微结构的重要途径。X 射线衍射用于分析晶体结构,产生了几位诺贝尔物理学奖得主;50 年前凭借 X 射线衍射图确认了 DNA 双螺旋结构,开创了分子生物学新时代;20 年前凭借电子衍射图而发现准晶体,开拓了凝聚态物理学、化学和材料科学研究的新领域。这些历史背景,激励着作者决心在基础光学课程中加强多元多维结构衍射的教学,以适应当前人工微结构研究和纳米材料研究兴旺发展的需要。

第 6 章是一大章,系统地论述了傅里叶变换光学,这并非完全出于作者的偏爱和研究。光学界普遍认为,现代波动光学最重要的进展是引入光学变换的概念,并由此导致空间频谱概念和空间滤波技术,即以频谱被改变的眼光去评价成像系统的像质,用改变频谱的手段对图像实施信息处理。本书以独特的概念体系和所倡导的波前相因子分析方法,阐述了傅里叶变换光学,显得物理图像清晰、数学推演简洁。另外,有了这一章所提供的有关光学变换的概念、思想基础和数理能力,学生即便今后在工作中遇到其他种类的变换,比如,普遍光学变换,分数傅里叶变换和小波变换等,也有信心能较快地掌握它们。本章专列一大节在数学上全面地介绍了傅里叶变换和 δ 函数,旨在供学生们今后学习查考,在教学上并不需要一一讲授。当然,以光学尤其以变换光学为背景,最有利于领会和掌握傅里叶变换和 δ 函数这一得力的数学工具。本章共 13 节,建议可重

点讲授 6.1—6.9 节,约占全章篇幅的 60%。

第 7 章光全息术是一小章,虽然增加了各种全息图的介绍,其实,需要重点讲授的只有第一节全息术原理,从中可以看到崭新的全息术正是波的干涉术和衍射术的综合,也充分展现了波前相因子分析法,在揭示全息图衍射场特征方面的有效功能。

第 8 章光在晶体中的传播,系波动光学的传统内容,即使学时缩紧,也应当保证本章的讲授。

第 9 章光的吸收、色散和散射,增添了若干比较深入的新内容。在色散部分,不仅论及一阶色散效应下的波包群速,而且考量了二阶色散效应下的波包展宽,并由此讨论了波包中心速度和波包前沿的讯号速度,以及波包的寿命。在散射部分,不仅注意到了散射微粒自身的线度,而且还注意到微粒之间的平均距离;前者决定了单元散射因子,后者决定了大量单元散射场叠加的宏观效果;对瑞利散射的频率特性 ω^4 正比律,本章作了进一步的阐释。由脉冲星辐射的视频讯号和光频讯号到达地球的时差,去估算宇宙中自由电子的数密度,或估算光子可能有的非零质量的上限,这是一个颇有兴味的问题。

● 课程建设成果掠影

从 1978 开始至今，经我们近 30 年的持续建设和改革，北大物理学院的这门光学课程，已经成为一门有着现代光学面貌和脉络的基础课程，具有内容丰富、视野开阔、格调多样和充满活力的特点，使学生感到亲切而激动的一门课程，兹将其取得的成果择要罗列于下面。

▶ 1984 年，出版了《光学》一书，赵凯华、钟锡华合著。此书获首届国家级优秀奖（1988 年）。

▶ 1993 年，〈通今溯源 开拓创新〉——光学课程改革的成果总结，获北大教学优秀成果奖（钟锡华、周岳明）。

▶ 1998 年，本光学课程被确定为北大主干基础课；1999 年，它被评定为北大优秀主干基础课；2002 年，它被评定为北大优秀课程。（钟锡华、周岳明、王若鹏、汤俊雄、许方官）

▶ 2000 年，本光学课程被教育部确定为理科基地国家创建名牌课程（钟锡华、周岳明、王若鹏）。

▶ 2001年,〈基础光学课程的现代化研究〉成果,获北大教学优秀成果一等奖(钟锡华、周岳明)。此项研究系教育部立项〈面向21世纪教学体系和教学内容改革〉之大课题下的一个子课题(主持人 钟锡华)。

▶ 2003年,出版了《现代光学基础》一书,钟锡华著;此书于2002年被确定为北京市高等教育精品教材建设之首批立项。

▶ 2004年,《现代光学基础》一书被正式评定为北京市高等教育精品教材。

▶ 2002年,本光学课程的主持人、主讲人钟锡华被北大学生会和研究生会评定为十佳教师之一。课程组成员

王若鹏、周岳明先后获北大教学优秀奖。