

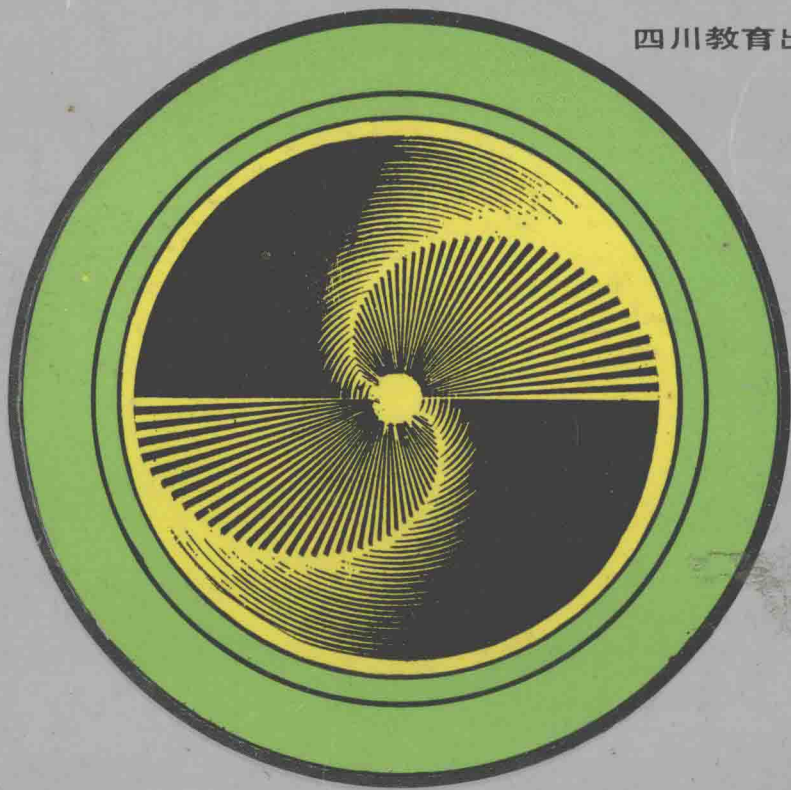


光学讨论

李章铎 孙荣山 张阜权 编著

基础物理教学参考丛书

四川教育出版社





光学讨论

李章铤 孙荣山 张阜权 编著

04/1251

四川教育出版社

基础物理教学参考丛书

责任编辑：赵璧辉

封面设计：许大成

版面设计：顾求实

光学讨论

四川教育出版社出版

四川新华印刷厂排版

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

成都印刷一厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张15.375 插页4 字数360千

1988年3月第一版

1988年3月第一次印刷

印数：1—1,000册

ISBN7-5498-0221-9/G·218

定价：4.90元

出版说明

普通物理是中学物理教师和理工科大专院校学生的必修课程，是大学教师从事物理教学的基石。为了帮助中学教师结合教学实际进修普通物理，从较高角度去驾驭中学物理教材，也为了帮助各类理工科院校、电大及各类成人高等学校师生结合教与学的各种实际问题进一步研究普通物理，我们约请了南京大学物理系、北京师范大学物理系、四川师范大学物理系部分长期从事基础物理教学与研究的同志，如梁昆淼教授、张阜权教授、王忠亮副教授、李章铤副教授、俞超副教授等同志编写了这套基础物理教学参考丛书。

本丛书力求避免与国内已出版的中、外普通物理教材和习题集重复与雷同。选材力求新颖、广泛，注意反映物理学的前沿。

丛书包括《力学讨论》、《电磁学讨论》、《光学讨论》等，共三册。每册按普通物理教材顺序分章，每章分基本内容、问题讨论、参考资料三部分，以问题讨论为主。基本内容力求精炼；问题讨论主要是作者多年教学经验的总结，是一般书上所没有的，并力求生动活泼；参考资料汇集了国内外书刊中一些精华部分的摘要（或目录）。

这本《光学讨论》由李章铤、孙荣山、张阜权编写，其中第一、二、三、十、十一、十二、十三章由李章铤执笔，第四、五、六、七、八、九章由孙荣山执笔，张阜权负责指导和审阅。

为组织这套丛书，四川师范大学封小超等同志作了许多工作，特此鸣谢。

内 容 提 要

本书是系统性、专题性和资料性相结合，以专题讨论为主的普通物理教学参考书。分三册出版。

本册主要是针对光学学习和教学中存在的普遍问题进行较深入的讨论。主要内容有波动方程式、光的衍射、光的干涉、几何光学的基本原理、光阑和像差、光度学、光学仪器原理、光的偏振、光的吸收、色散和散射、光的速度、温度辐射、激光、光子和波粒二象性。适宜于中学物理教师结合教学实践进一步研究光学之用，也可供大学、专科、电大等各类高等学校师生教与学参考。

前 言

这是一套系统性、专题性和资料性相结合，以问题讨论为主要内容的基础物理教学参考丛书。掌握好普通物理，对一个中学物理教师和理工科院校的师生来说，是最基本的要求。近年来，各种类型的普通物理教材，品种日益增多，内容不断丰富。本书的目的，不是要再增加一套详细陈述这些内容的参考书，而是希望针对学习和教学中遇到的各种问题，开展一些讨论，并力求注意以下几点：

(1)一般书上讲得较少而又比较重要的知识，可着重讨论。

(2)一般说法欠妥，常见疏忽，容易误解和混淆的，可提请注意，消除误解和混淆。

(3)一般书上只给了结论，没有谈道理的，可给出分析过程和简单推证。

(4)一般讲法单调或不够理想的，可从不同角度，提出几种选择。

(5)教学中的难点，可介绍克服困难的经验；教学中不易做好的实验，可提供改进意见。

(6)结合教学需要，介绍一些生动的，富于启发性的物理学

史。

在结构上，一般按章编写，不分节，每章包括三部分：

第一部分，基本内容：对本章的基本规律，基本概念等主要内容，作精炼的系统叙述和归纳，使读者用较短的时间，对本章的主要内容有一个全面的、概括的认识，有关的定律、定义、公式和常数也便于查阅、比较。其篇幅约占全书的四分之一。所谓系统性，主要由这一部分体现。

第二部分，问题讨论：针对教学中和阅读这一部分教材中可能遇到的各种问题，选出若干个小专题，一个一个加以阐述，每一个相当于一篇教学讨论或教学研究方面的文章。其篇幅占全书一半以上。本书的特点，主要由这一部分体现。

第三部分，参考资料：提供一些对教学有益，而一般教材又不便写入的参考资料，如介绍一些有关物理学家和物理定律的内容生动、思想性较强的物理学史，国内外教材中一些精华部分的摘要，一些有意义的参考文献等。

本丛书已编写三册。第一册《力学讨论》由梁昆淼、俞超、邱树业编写，梁昆淼并主持、审校全稿，第二册《电磁学讨论》由王忠亮、封小超编写，第三册《光学讨论》由李章铨、孙荣山、张阜权编写。

我们希望本丛书对中学物理教师进修普通物理和解决一些教学中遇到的问题能有所帮助，也希望对理工院校学生和从事普通物理教学工作的教师有所帮助。由于涉及面较广，缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

《基础物理教学参考丛书》编写组

1985年3月

目 录

绪论	1
第一章 波动方程式	7
第一部分 基本内容	7
(一)一维平面简谐波的波动方程式〔 7 〕 (二)光照度和波阵面〔 9 〕 (三)波动方程的复数表示式〔 11 〕 (四)一维平面波动方程的最普遍形式〔 12 〕	
第二部分 问题讨论	15
(一)光遵从独立传播定律已暗示它是一种波动	15
(二)由麦克斯韦方程组导出波动方程式	16
(三)光波是横波的理论证明	18
(四)教学中应该注意的几个问题	20
(五)三维平面波动方程的最普遍形式	24
(六)球面波和柱面波方程式	25
第三部分 参考资料	28
第二章 光的衍射	31
第一部分 基本内容	31
(一)实验事实〔 31 〕 (二)惠更斯-菲涅耳原理〔 33 〕	

(三)圆孔的非涅耳衍射〔 35 〕	(四)单缝的夫琅和费衍射〔 41 〕	(五)圆孔的夫琅和费衍射〔 47 〕	(六)分辨限度〔 50 〕
-------------------	--------------------	--------------------	---------------

第二部分 问题讨论.....55

(一)光衍射现象的简易实验方法.....55
(二)在实验室中观察衍射现象.....56
(三)圆屏的非涅耳衍射.....60
(四)非涅耳波带片.....62
(五)双缝的夫琅和费衍射.....65
(六)光栅的夫琅和费衍射.....68
(七)光栅形成的光谱.....73
(八)X 射线的衍射.....76
(九)非涅耳积分、科纽蜷线及其应用.....78
(十)傅里叶变换在衍射问题中的应用.....88
(十一)教学中应该注意的几个问题.....95

第三部分 参考资料..... 101

第三章 光的干涉..... 103

第一部分 基本内容..... 103

(一)两光束的干涉〔 103 〕	(二)薄膜干涉——等厚干涉条纹〔 109 〕	(三)薄膜干涉——等倾干涉条纹〔 116 〕
------------------	------------------------	------------------------

第二部分 问题讨论..... 121

(一)在杨氏实验中产生干涉条纹的条件,光束的相干度和条纹的能见度..... 121
(二)在两光束干涉的教学中应该注意阐明的几个问题..... 127
(三)如何作好两光束干涉的实验..... 130

(四)光驻波的获得和启示·····	134
(五)用牛顿环测光波波长时应注意的两个问题·····	137
(六)迈克耳逊干涉仪·····	140
(七)迈克耳逊干涉仪的应用·····	143
(八)法布里-珀罗干涉仪·····	150
第三部分 参考资料·····	152
第四章 几何光学的基本原理·····	153
第一部分 基本内容·····	153
(一)光线概念〔153〕 (二)几何光学的基本实验定律〔153〕	
(三)费马原理〔154〕 (四)全内反射〔154〕 (五)棱镜	
的折射〔155〕 (六)几个定义〔156〕 (七)平面反射成	
像〔157〕 (八)平面折射成像〔158〕 (九) 符号法则和	
旁轴条件〔159〕 (十)球面折射成像〔160〕 (十一)球	
面反射成像〔162〕 (十二)共轴球面系统成像〔164〕	
(十三)共轴球面系统的组合〔167〕 (十四)厚透镜〔169〕	
(十五)薄透镜及其组合〔170〕	
第二部分 问题讨论·····	173
(一)惠更斯原理在几何光学中的应用·····	173
(二)费马原理的应用·····	176
(三)光线在非均匀媒质中的非直线传播举例和演示·····	180
(四)光通过一小孔能得到一条“光线”吗·····	183
(五)小孔成像实验中,孔越小像越清晰吗·····	183
(六)一种新型的光学元件——光学纤维·····	185
(七)色散棱镜最小偏向条件的数学推导·····	186
(八)光楔和恒偏向色散棱镜·····	188
(九)反射棱镜·····	190

(十)球面折射和球面反射物像公式的一种简明推导方法.....	194
(十一)物像公式的普遍性.....	196
(十二)由折射公式可直接导出反射公式.....	198
(十三)平面折射和球面折射的作图法.....	199
(十四)物像关系简表.....	200
(十五)关于透镜的光心.....	200
(十六)轴向放大率和角放大率.....	204
(十七)共轴球面系统的角放大率公式和式(4.26)、 (4.27)的证明.....	205
(十八)节点位置的计算和测定.....	206
(十九)用废灯泡作透镜实验及其它.....	207
第三部分 参考资料.....	209
第五章 光阑和像差.....	211
第一部分 基本内容.....	211
(一)光阑[211] (二)像差[213]	
第二部分 问题讨论.....	218
(一)几种简单光学系统的孔径光阑和视场光阑.....	218
(二)像差的演示.....	222
(三)不晕点.....	225
(四)消色差复合透镜.....	228
第三部分 参考资料.....	231
第六章 光度学.....	233
第一部分 基本内容.....	233
(一)重要概念和主要光度学量[233] (二)点光源照明时的 光照度[236]	

第二部分 问题讨论	238
(一)白体和黑体 余弦辐射体	238
(二)光亮度和光出射度的关系	238
(三)光度学量的单位	240
(四)发光元面积所产生的光照度	241
(五)扩展光源所产生的光照度	243
(六)光度学的测量	245
第三部分 参考资料	251
第七章 光学仪器原理	253
第一部分 基本内容	253
(一)眼睛〔253〕 (二)光学仪器放大率 放大镜 目镜 〔255〕 (三)显微镜的放大率〔256〕 (四)望远镜的放大率 〔258〕 (五)光学仪器的分辨本领〔260〕 (六)照相机 和幻灯机〔264〕	
第二部分 问题讨论	267
(一)眼睛视力缺陷的矫正	267
(二)放大镜的放大率的一般表示式	270
(三)惠更斯目镜和冉斯登目镜	272
(四)助视光学仪器和眼睛之间的关系	277
(五)显微镜放大率的一般表示式	277
(六)一些其它形式的望远镜	279
(七)望远镜放大率的一般表示式	282
(八)望远镜和显微镜的正常放大率	284
(九)仪器放大率 Γ 和横向放大率 m 是不同 的	285
(十)望远镜的放大率等于入射光瞳和出射光瞳直径 之比的负数	285

(十一)光学系统所传送的光通量 像的光亮度和光 照度.....	286
(十二)对光的感覺 主观亮度.....	290
(十三)物鏡的集光作用.....	293
第三部分 参考资料.....	296
第八章 光的偏振.....	297
第一部分 基本內容.....	297
(一)各种不同偏振态的光 [297] (二)偏振片的起偏和检 偏马吕斯定律 [298] (三)反射光和折射光的偏振现象 [300] (四) 双折射 [301] (五)惠更斯对双折射现象的 解释 [303] (六)双折射线起偏器 [306] (七)晶片所 引起的位相差 波片 [308] (八)偏振光的干涉 [310] (九)外界作用下产生的各向异性 [312] (十)振动面的 旋转[313]	
第二部分 问题讨论.....	315
(一)各种偏振光的数学表示.....	315
(二)偏振光的矩阵方法.....	321
(三)菲涅耳公式的推导.....	329
(四)布儒斯特定律的推导 反射光和折射光偏振度 的计算.....	332
(五)关于位相突变和附加位相差的讨论.....	334
(六)全反射时反射光的偏振态 菲涅耳菱体.....	345
(七)圆偏振光和椭圆偏振光的检验.....	346
(八)右旋圆偏振光和左旋圆偏振光的获得和检验.....	347
(九)渥拉斯顿棱鏡出射的两束光的夹角公式 (8.7)的推导	350

(十)会聚的偏振光的干涉.....	350
(十一)菲涅耳对旋光性的解释.....	351
(十二)菲涅耳复棱镜和科纽棱镜.....	355
第三部分 参考资料.....	357
第九章 光的吸收、色散和散射.....	359
第一部分 基本内容.....	359
(一)光的吸收〔359〕 (二)光的色散〔360〕 (三)光的散射 〔363〕 (四)散射光的偏振〔364〕	
第二部分 问题讨论.....	367
(一)反射、漫反射、衍射等现象和散射的联系与区 别.....	367
(二)大气散射所造成的蓝天和红日.....	368
(三)棱镜摄谱仪.....	369
(四)光谱的种类和夫琅和费线.....	375
(五)颜色的感觉和物体的颜色.....	376
(六)吸收和色散的经典理论.....	379
第三部分 参考资料.....	385
第十章 光的速度.....	387
第一部分 基本内容.....	387
(一)测定光速的历史概况〔387〕 (二)测定光速的重要意义 〔388〕	
第二部分 问题讨论.....	391
(一)测定光速的症结何在.....	391
(二)罗麦法测光速的原理.....	392
(三)菲索法测光速的实质和关键.....	393
(四)傅科法测光速.....	395

(五)用克尔盒测光速·····	397
(六)用调制后的光波测光速·····	398
(七)应该严格区分的两个概念——相速度和群速度·····	402
(八)迈克耳逊-莫雷实验和建立狭义相对论的实验 基础·····	404
第三部分 参考资料·····	408
第十一章 温度辐射·····	409
第一部分 基本内容·····	409
(一)温度辐射和基尔霍夫定律〔409〕 (二)绝对黑体辐射的 基本实验定律〔411〕	
第二部分 问题讨论·····	415
(一)绝对黑体辐射的理论分析——量子理论的诞生·····	415
(二)从普朗克假设到普朗克公式的获得·····	420
(三)实际辐射源及光测高温学·····	423
(四)绝对黑体辐射规律的应用举例·····	426
第三部分 参考资料·····	429
第十三章 激光·····	431
第一部分 基本内容·····	431
(一)自发发射和受激发射〔431〕 (二)获得激光光束的两个 条件〔433〕	
第二部分 问题讨论·····	435
(一)氦-氖激光器的发光机理及结构·····	435
(二)红宝石激光器的发光机理及结构·····	437
(三)脉冲红宝石激光器的输出特性·····	440
(四)各类激光器综述·····	442
(五)激光应用简介·····	443

第三部分 参考资料	448
第十三章 光子和波粒二象性	449
第一部分 基本内容	449
(一)光具有粒子性的依据之一——光电效应〔449〕	
(二)光具有粒子性的依据之二——康普顿效应〔453〕	
(三)光和实物粒子的波粒二象性概述〔457〕	
第二部分 问题讨论	460
(一)微弱光束的量子起伏现象	460
(二)由光的粒子性如何说明光的折射和反射规律	462
(三)由光的粒子性如何说明光的衍射和干涉	463
(四)提出德·布罗意波方程式的根据和意义	465
(五)用光电效应测定普朗克常数	468
(六)光电效应自动控制演示实验	471
第三部分 参考资料	473

绪 论

(一) 光学的研究对象和系统

光学的一个重要任务就是要回答什么是光(即光的本性)。在学习光学的过程中,我们将对这个问题逐渐加深认识,但是却得不到“最终”的回答。我们不应该奢望得到“最终”的答案,因为事物本身是不可穷尽的。人们对事物本质的认识只能是一个由相对真理逐渐接近绝对真理的不可穷尽的过程。

光学主要研究光的发生、光的传播和光与物质相互作用等三个方面的现象、规律、理论及其实际应用。现概述如下:

(1) 光的发生:包括热辐射、自发发射和受激发射等内容。与这些内容密切相关的实验和理论是光谱学、量子理论(量子力学和量子电动力学)和激光物理学等。

(2) 光的传播:包括光传播的波动性质(由衍射、干涉和偏振等现象表明),直线传播的近似处理和计算以及光在真空、静止介质和运动介质中的传播速度等内容。它们直接涉及到振动和波的理论、麦克斯韦(Maxwell)的电磁理论、光线学理论和狭义相对论等。

(3) 光和物质的相互作用:包括光的吸收、色散、散射、双折射、旋光性、光电效应和康普顿(Compton)效应等内容。其中