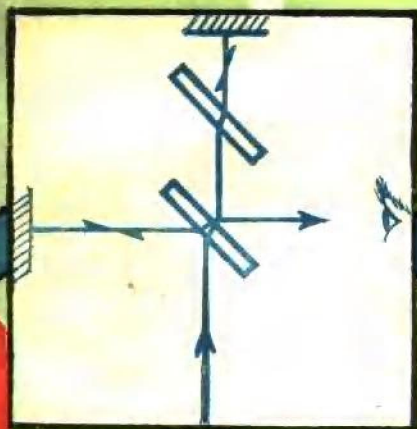


基础光学实验

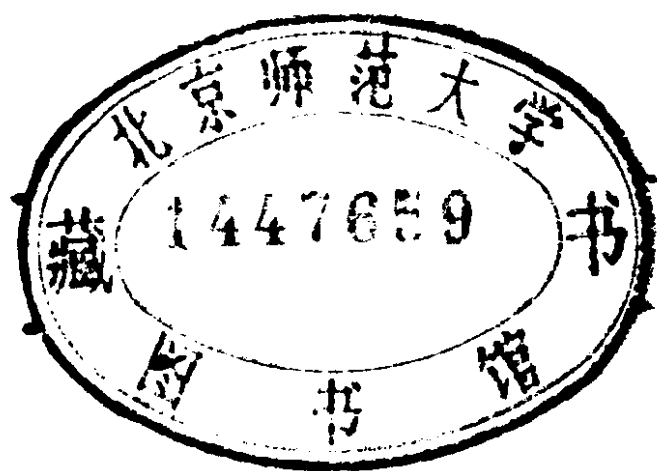
李允中 潘维济 主编



南开大学出版社

基础光学实验

李允中 潘维济 主编



南开大学出版社

1987

基础光学实验
李允中 潘维济 主编

南开大学出版社出版
(天津南开大学校内)
新华书店天津发行所发行
香河县印刷厂印刷

1987 年11月第 1 版	1987 年11月第 1 次印刷
开本: 850×1168 1/32	印张: 12
字数: 306千	印数: 1—2500
统一书号: 13301·36	定价: 1.95元

内 容 简 介

本书内容包括几何光学、波动光学、光谱学、激光、光效应和光学仪器方面的64个实验。可作为高等院校、中等专业学校物理实验课教材或参考书。

本书的特点是：实验内容经过了近年来多次的教学实践，所用仪器均为国产，参考书也以国内出版物为主，编写方法符合我国习惯，便于使用。

读者对象：高等和中等专业院校教师和学生、与光学有关的生产与科研单位工作人员。

前 言

人类获得的大部分信息是通过接收光的器官——眼睛获取的.光,自然地成为人类最早的研究对象之一.从关于光的首次文字记载至今的两千多年历史中,光学积累了十分丰硕的成果,已经发展成为包括一系列分支的广阔学术领域.激光的出现更将光学推向科学技术的最前沿,为光学技术开创了极为广阔的发展前景和应用天地.可以说,光学技术的足迹遍布了大部分的科技领域,无疑地,光学技术已成为认识自然和改造自然的重要手段.

作为光学工作者或物理学工作者,光学实验技能显然是他的一种基本功.周密的光学实验设计,精确的光学量测量,有效的光学监控,熟练的光学实验技能,必然会在他一生的科技生涯中显现出绚丽的色彩.

目前,各高等院校的许多专业已经开设了光学实验课,但是,光学实验课的教材和参考书却很少,这不利于各校之间的相互交流、取长补短.实验课教材又不同于讲课教材,不可能要求各院校各专业设置统一的实验内容.相反,实验课的选题应根据专业特点、设备情况、科研工作、教师专长等在较大范围内进行取舍.因此,实验课大纲及教材除最基本的内容外,应具有较大的灵活性和广泛性.

为了和兄弟院校相互交流,促进光学实验教学共同提高,我们将南开大学、天津大学部分科系历年开设的各级光学实验教材选编成《基础光学实验》和《现代光学实验》两书.《基础光学实验》为开设普物光学实验、中级光学实验提供较为广泛的选

择余地.《现代光学实验》提供一部分中级实验、专业实验和研究生实验内容.从事光学领域科研工作或光学工业生产工作的人员,选作书中有关实验,可以起到训练基本技能的作用.书中的实验课题大多经过教学实践,所用仪器多为国产或自制,便于购买或自行制作.

这两本书是两校许多教师、科技人员多年的集体劳动成果.直接参加两书编、著、校工作的近七十人,已分别署名在各实验的末尾.至于参加过这些实验课题的讲义编写、仪器制作、开设实验和教学实践的人就更多了.编者谨向所有为这些实验作出过贡献的同志表示衷心的感谢.我们特别要向蔡名儒、姚世亨两位教师表示敬意,他们在长期的实验教学中对光学实验作出了巨大贡献.

编者对积极帮助、支持和鼓励本书编写工作的沈寿春教授致以深深的敬意.

作为编写实验教材的第一次尝试,错误和缺点在所难免.我们真诚地欢迎大家随时指出,帮助改进今后的工作.

编者

1986年5月于南开

绪 言

物理学是一门实验性极强的学科。任何一条物理学假设、原理、定律，都是建立在大量的观测和多方面的实验基础之上的。物理学是研究各种物质相互作用的自然科学，离开了对各种物质相互作用现象的仔细观测，就不可能发现物质相互作用的各种规律。存在决定意识，实践检验真理，这是多少年来被大家接受的正确概念。

光学是物理学的一个重要分支，当然，光学的发展绝对离不开各门各类的光学实验。回顾一下三百多年的光学发展史可以知道：任何一个重要的光学立论都有极为雄厚的实验基础。无可非议，光学实验是光学发展的策源地和策动力。

1621年，斯涅耳（Snell）通过大量的实际测量，首先以余割的形式发表了光的折射定律表达式。随后由笛卡儿（Descartes）改写成正弦的形式。折射定律的发现开辟了建立几何光学系统理论的道路。

1676年，丹麦天文学家勒默尔（Römer）通过长期的对木星卫星蚀的仔细观测，得出光飞行日地间距的时间约11分钟，即光速是 2.27×10^8 m/s。虽然，这个数值是很不准的，但是勒默尔第一个宣布光速不是无限大。这个宣布不仅在光学史、而且在物理学史、科学史和哲学史上，都有非常重要的价值。

十八世纪，有关光的本性问题存在着很大意见分歧。微粒论者和波动论者各持己见，争论不休。1802年，英国物理学者杨氏（Young）发表了双孔太阳光干涉实验和有关叠加原理的论文，

从此，光的波动说在一个时期里占了统治地位。

光既是波动，到底是纵波还是横波，这要用实验来鉴定。1808年，法国工程师马勒斯（Malus）通过方解石晶体观察卢森堡宫殿窗子反射出来的光，发现了光的偏振现象。光的横波性就被人们接受了。

光的波动学说虽然已经确立，但这并不能丝毫削弱光的电磁理论的确立对光学发展所作的伟大贡献。在奥斯特（Oersted）、法拉第（Faraday）和亨利（Henry）等人有关电和磁之间关系的大量有意义的实验探索的基础上，英国剑桥大学实验物理教授麦克斯韦（Maxwell）于1864年发表了电磁场的动力学理论的论文，建立了著名的麦克斯韦方程组。光的电磁理论就此诞生。

光是电磁波。那么究竟是光的电矢量还是磁矢量能产生测光材料的观测效应呢？为此，威纳（Wiener）在1890年巧妙地设计了光学驻波实验，从而确定了和感光乳剂起作用的是光的电矢量而不是磁矢量。

1887年所做的迈克耳逊-莫雷（Michelson-Morley）实验也许是所有光学实验中最著名的实验了。实验的目的在于观察可能存在的以太漂移。实验经过精心的设计，耗资巨大。经过很长时间，在不同地点、不同时间，经不同观察者的多次实验，最后得到否定的结论：根本不存在任何以太漂移。狭义相对论的创始人爱因斯坦（Einstein）本人并不承认他所提出的相对论两条基本假设是受到迈克耳逊-莫雷实验结论的启迪。纵然如此，这一著名的实验结论确实可以成为相对论理论成立的背景。迈克耳逊也因为他出色的光学实验工作，于1907年光荣地获得了诺贝尔奖金。

由于光的电磁理论在十九世纪时期内的卓著成效，使人们确信光就是一种电磁波。但是，光只具有波动性质吗？事实上，那

时人们只是认识到光本性的一部分，而并未能对光的本性作全面的认识。特别是在解释光和物质相互作用过程中所表现出来的种种现象时，当时的电磁理论遇到了难以逾越的障碍。首先是在解释黑体辐射规律上，经典理论实在是无能为力。许多科学家制造出各种各样、不同温度的黑体光源，艰苦地准确地对它们的辐射分布进行测量。正是这些可贵的实验曲线促使人们在认识光本性的进程中产生了飞跃。1900年，德国柏林大学教授普朗克（Planck）提出了划时代的能量子假设，成功地说明了黑体辐射规律。能量子的诞生使人们对光本性有了更进一步的认识。能量子作为一把小小的钥匙，打开了通向近代物理学的大门，使人们开始探求微观世界的运动规律，洞察微观世界里的奥秘。黑体辐射实验曲线是孕育能量子的胚胎，它是人们跨向近代物理学的里程碑。

对于光电效应实验所表现出来的种种现象，经典的波动理论同样也难以给出完满的解释。1905年，爱因斯坦站在巨人普朗克的肩上，将能量子假设引用到光这一物质上来，提出了光子学说，列出了爱因斯坦方程，完满地解释了光电效应。人们开始认识到光的波粒二象性本质。

光子不仅具有能量，而且还有动量，并且在和其他粒子相互作用的过程中，遵循能量守恒和动量守恒定律。这是1923年康普顿（Compton）-吴有训 X光散射实验的重要贡献。

1960年，美国人梅曼（Maiman）首先做成红宝石激光器。这种高亮度、方向性和相干性极好的新型光源的出现，使光学技术应用的前景灿烂辉煌，光学面貌焕然一新，迈进了现代光学的新时代。全息术、非线性光学、信息光学等新分支学科，像雨后春笋一般，蓬勃发展起来了。

说到这里，可以打一个不很恰当的比喻，来说明光学实验和光学理论之间的关系。中国有一句古话，“皮之不存，毛将焉

附！”毛是附着在皮上的，要是没有皮，毛就会在空中飘忽不定。理论要是没有实验作为基础，那就成了幻想中的空中楼阁。这里，我们只是强调了实验的重要性，可是另一方面，理论对实验的指导作用也是同样不容忽视的。例如，前面提到了维纳实验，就是在理论指导下精心设计的；戴维森-杰默（Davisson-Germer）电子衍射实验是在波粒二象性理论的指导下进行的。这样的例子很多，没有理论指导的实验是盲目的，不会收到预期的效果。

上面仅仅提到了为数极少的著名的光学实验，它们只是光学实验里极少极少的一部分。不过我们可以从中得到一个必然的规律：不重视光学实验，光学发展就非常缓慢；摒弃光学实验，光学发展必将濒临绝境！

最后谈一点实验教学。实验是一门和讲授课程并行的独立课程。虽然二者都是为提高学生分析问题和解决问题的能力而设置的，但是实验课程有它独特的教学内容、教学方法和教学目的。动手能力（或者是实践能力、操作技能）和计算能力都具有独立性，是不能用理论思维能力来代替的。前面所述光学实验的重要性也就说明了光学实验教学的重要性，让我们为光学实验教学的提高和发展奋斗不息。

1211/49/25

目 录

绪 言

第一章 几 何 光 学

实验 1	调节分光仪并测量棱镜参数·····	1
实验 2	用阿贝折射仪测量折射率·····	11
实验 3	全反射法测量折射率·····	17
实验 4	测量平板玻璃折射率·····	21
实验 5	用 V 棱镜法测量玻璃折射率·····	23
实验 6	物镜焦距、截距的测定·····	27
实验 7	光学系统的入瞳、出瞳和出瞳距·····	31
实验 8	自组显微镜、望远镜·····	35
实验 9	照相实习·····	41

第二章 波 动 光 学

实验 10	牛顿环·····	48
实验 11	分割波阵面的双光束干涉·····	53
实验 12	迈克耳逊干涉仪·····	57
实验 13	测量空气折射率·····	66
实验 14	光拍·····	69
实验 15	激光干涉仪·····	73
实验 16	单狭缝夫琅和费衍射·····	78
实验 17	用分光仪测量光栅参数·····	82

实验 18	微波模拟光波干涉和衍射·····	86
实验 19	电子衍射·····	93
实验 20	真空蒸镀多层介质膜·····	99
实验 21	偏振光的产生与检验·····	107
实验 22	旋光效应·····	114
实验 23	偏光显微镜·····	117
实验 24	阿贝成象原理和空间滤波·····	124
实验 25	全息照相·····	131

第三章 光 谱 学

实验 26	氢原子发射光谱·····	137
实验 27	钠原子的发射和吸收光谱·····	143
实验 28	氢的同位素光谱·····	152
实验 29	单色仪色散曲线·····	157
实验 30	合金钢的光谱定量分析·····	160
实验 31	分光光度计·····	168
实验 32	弗兰克-赫兹实验·····	173
实验 33	塞曼效应·····	176
实验 34	荧光光谱·····	182
实验 35	太阳光谱·····	188

第四章 激 光

实验 36	氦氖激光束光斑大小和发散角·····	193
实验 37	氦氖激光器的增益和损耗·····	198
实验 38	氦氖激光器最佳工作条件·····	202
实验 39	扫描干涉仪与氦氖激光束的模式分析·····	206
实验 40	氦氖激光单频稳频技术·····	214

第五章 光 效 应

实验 41	由光电效应测定普朗克常数	221
实验 42	光电倍增管特性曲线	226
实验 43	光电导效应	232
实验 44	铯铷光电阴极的光电特性	240
实验 45	声光效应	247
实验 46	电光效应	255

第六章 光 学 仪 器

实验 47	吸收系数的测定	264
实验 48	平面光学零件平行性误差的测量	268
实验 49	照相物镜分辨率的测量	277
实验 50	感光材料分辨率的测定	282
实验 51	泰曼干涉仪	286
实验 52	横向剪切干涉法测量波差	295
实验 53	刀口阴影检验法	300
实验 54	用星点法鉴定象质	306
实验 55	摄影物镜畸变的测量	310
实验 56	哈特曼法测量物镜的几何象差	313
实验 57	照相物镜光学传递函数的测量	318
实验 58	平行光管的调整	326
实验 59	物镜的调整	330
实验 60	目镜视度的调整	334
实验 61	度盘偏心误差的调整	339
实验 62	双筒望远镜的调整	344
实验 63	移测显微镜的检验与调整	349
实验 64	经纬仪的调整	356

附 录

一 基本物理常数1986年国际推荐值.....363

二 国际单位制（SI）单位.....364

三 一些常用波长.....365

四 一些物质对 $\lambda_D = 589.3 \text{ nm}$ 的折射率 n_D 366

第一章 几何光学

几何光学是光学中最早发展起来的一个分支，它是光学理论的基础。同样，几何光学实验技术也是光学实验的基础。实验工作中，我们经常需要作有关微小角度的测量、“光杠杆”式的位移放大、有效的照明、精确的准直、材料折射率的测定、焦距的测定以及最佳的成象等工作，所有这些，都会和几何光学实验技术有紧密的联系。

在这一章里，我们列出了为数不多的几个实验项目，它们显然不能代表整个几何光学实验的各个方面，但是这些实验还是比较典型的。通过对折射率的测量、焦距的测定等工作，可以了解各种仪器的合理结构，掌握各种调节技术，学习有关的光学原理。

可以认为：几乎每一个光学实验里都或多或少地牵涉到有关几何光学实验技术的内容。这在以后各章的各个实验里都会有所体现。几何光学实验技术确实是一项重要的基础。

实验 1 调节分光仪并测量棱镜参数

【学习重点】

- 1 了解分光仪的结构原理并掌握其调节方法。
- 2 用分光仪测量三棱镜材料的折射率和色散曲线。

【仪器用具】

分光仪、玻璃三棱镜、平面反射镜、水银灯、照明小灯、放大镜。

【仪器描述】

1 分光仪的结构

分光仪是一种测量光束偏转角的精密仪器，又称测角仪。由于一些物理量如折射率、波长等往往可以用光束的偏折程度来度量，因此分光仪是光学实验中一种常用仪器。

一般分光仪由五个基本部分组成，即底座、望远镜、载物平台、平行光管和刻度盘。现分别介绍如下：

(1) 底座 底座是整个分光仪的支撑部分。座中心有沿铅直方向的转轴，望远镜和刻度盘可绕该轴转动，见图 1-1。

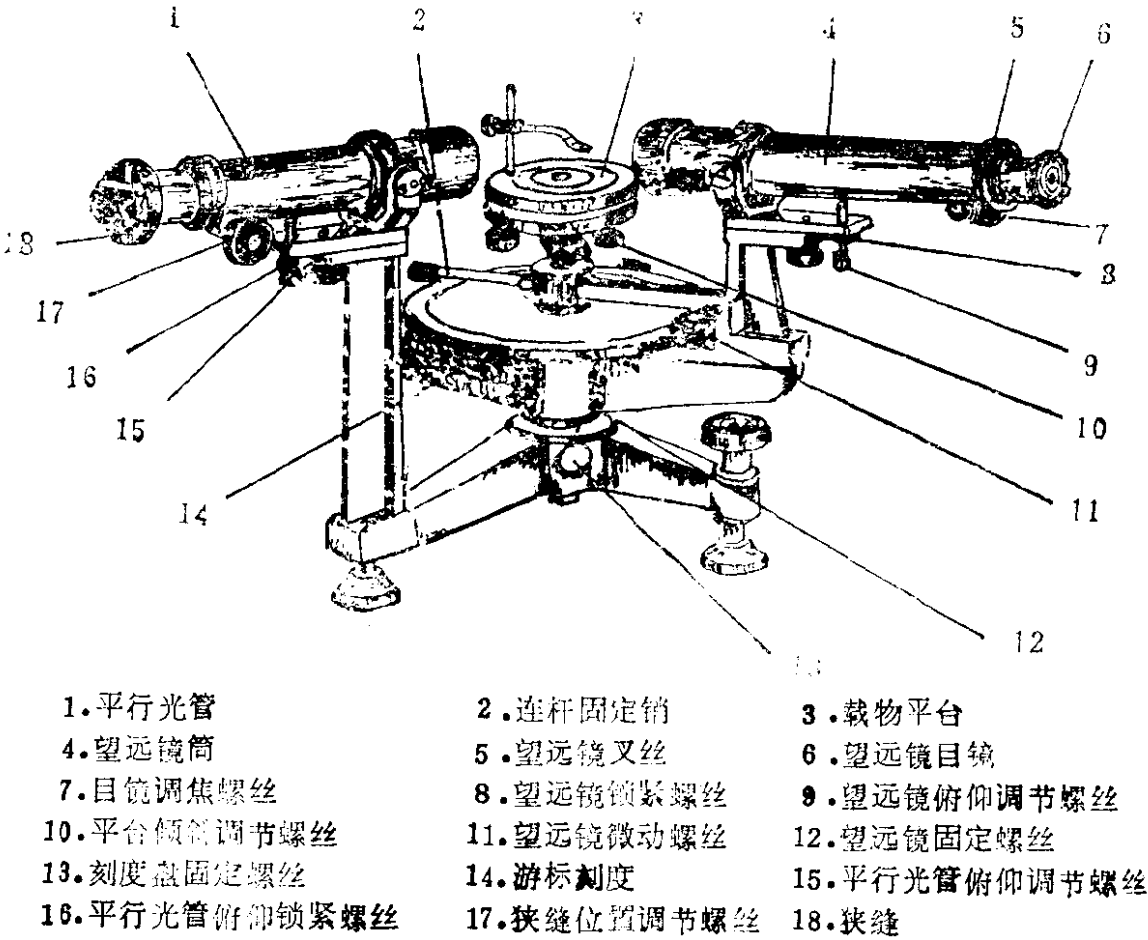


图 1-1 分光仪结构图

(2) 望远镜 望远镜是用来确定平行光方向的，它由物镜和目镜组成，目镜和物镜之间装有叉丝。目镜与叉丝之间的距离，及目镜和叉丝相对于物镜之间的距离均可调节。

目镜由场镜和接目镜组成。常用的目镜有两种。一是高斯目镜，在它的场镜和接目镜间装有一片与镜筒成 45° 的半透半反镜，见图1-2a，旁侧小灯发出的光经半透半反镜反射可将叉丝照

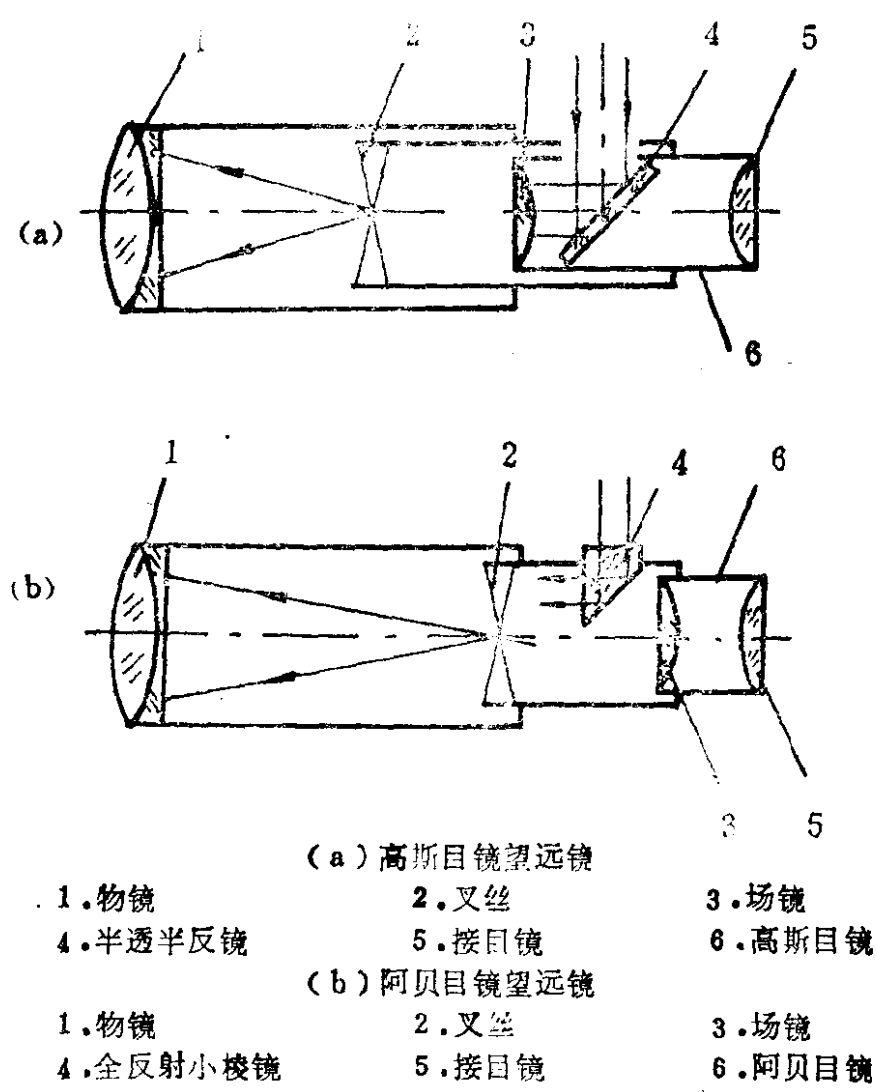


图 1-2 分光仪用的望远镜

亮。二是阿贝目镜，在目镜和叉丝之间装有一个全反射小三棱镜，旁侧小灯发出的光经小三棱镜反射后照亮叉丝的一部分。由目镜望去，这照亮部分刚好被小三棱镜遮住，故只能看到叉丝的