

物理学手册之一

现代光学手册

主 编 刘书声

副主编 王金煜

顾 问 杨仲耆

北 京 出 版 社

(京)新登字200号

现代光学手册

XIANDAI GUANGXUE SHOUCHE

主编 刘书声 副主编 王金煜

*

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

北京朝阳展望印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 30.5印张 771 000字

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

印数 1—950

ISBN 7-200-01702-7/Z·179

定价: 19.00元

前 言

这本手册共分四篇。第一篇主要包括三个部分：经典光学(包括几何光学、干涉和衍射、偏振、辐度及光度学、光源等)、量子光学和近代应用光学(包括激光、光谱学、光导纤维光学、傅里叶光学基础和全息术、光学调制、非线性光学等)。其中，近代光学及其应用所占词条较多，这正是本手册的特色，也反映了光学科学发展的实际现状。

约30年前激光器问世以来，引起了光学技术的革新，使光学这一古老的基础学科面貌焕然一新。由于激光的相干性强，用来实现大容量的光通信。利用激光有特别长的相干长度，使记录三维信息的全息技术大为普及和长量程精密计量等技术水平大大提高。激光脉冲长度的压缩，为研究超快过程和微观瞬态过程提供了有力的手段。激光作为特强的光源，能产生远远超过原子内部电场的场强，它与物质相互作用时激发出一系列非线性光学效应(如倍频、受激散射、自聚焦，等等)，这些不仅有很高的应用价值，并且对物理、化学以及光学本身的发展都有重要意义。可以期望至本世纪末，随着一些激光重大应用课题(如激光核聚变、激光制导和激光武器等)的解决，将会兴起新的激光工业；激光的开发应用，会促进光学、光谱学的迅速发展；激光渗透到其它科学，形成如激光化学、激光生物学等新兴边缘学科。正是由于近代光学有这样多振奋人心的应用，引起人们极大的兴趣，所以我们对此部分提供了较丰富的材料。经典光学也有广泛的重要应用，第

一篇中这部分篇幅虽然少于近代光学，可是普通物理范围内的光学基本定律、基本概念、定理和公式收集的十分详尽。经典光学是学习以至发展近代光学的必不可少的基础。

第二篇光学发展简史包括：历史的回顾，对光学作出贡献的科学家简介和光学大事年表(从公元前至1983年)。读史使人明智，在普通物理学习过程中学点物理学史，可激发起我们钻研科学的兴趣、培养创新精神。举个例子，激光器的发明，从理论基础的准备(特别是爱因斯坦于1917年提出受激辐射概念)，到激光器概念形成，几乎孕育了40年，而第一台激光器的建立(1960年)前后只用了两年时间。可见，基于科学实验的有创见的科学概念(如受激辐射)的提出是非常重要的；物理学史上的创新事例，往往会给人们非常有教益的启发。同时也说明，科学研究上的创造常常是工业部门发展的先驱。

第三篇实验技术，包括：光学实验方法基础、几何光学仪器、光电探测、光敏材料、光学镀膜和基本光学材料性质等六章，内容相当翔实。以第一章光学实验方法为例，其内容涉及实验室常用光源，目镜、物镜、棱镜等光学元件，分光实验技术，波长、光强、光谱、折射率、色散和光速的测量实验方法和手段。这些内容与普通物理实验教材既不重复，又将各有关方法都尽量收集进来，理论原理介绍得简明扼要，深入浅出。光学实验常用主要仪器设备从使用的角度进行介绍，不仅对大学生有用，而且对于从事光学科技实际工作者也会有较大帮助。

这本光学手册由杨仲著作顾问，刘书声主编，王金煜为副主编。各篇编写人按章次顺序如下：

第一篇 刘书声，张复礼，王金煜，孙永达，王清月，李美苓，章若冰，龚正烈；

第二篇 杨玉；

第三篇 王惠棣，张复礼，章若冰，孙永达，龚正烈；

第四篇 王金煜，李美苓。

编者

1991年6月

目 录

第 一 篇

第一章 光学总论

光学的研究对象·····(3)	电光学·····(7)
光的波粒二象性·····(3)	声光学·····(8)
麦克斯韦方程·····(4)	导波和集成光学·····(8)
波动方程和单色平面 波·····(5)	非线性光学·····(9)
光子·····(6)	光学双稳态性能和光 计算机·····(9)
光谱学·····(6)	相位共轭光学·····(10)
现代应用光学·····(7)	

第二章 几何光学

几何光学·····(11)	光的反射和折射定律··(12)
光线·····(11)	法线线汇·····(13)
光的直线传播定律·····(11)	马吕斯-杜宾定理 ····(13)
光的独立传播定律·····(11)	光程·····(13)
光速·····(11)	费马原理·····(14)
折射率·····(12)	全反射和临界角·····(14)

发光点·····(14)	高斯公式和牛顿公式···(29)
光束·····(14)	主光轴和辅助光轴·····(30)
实像与虚像·····(14)	成像作图法·····(30)
实物与虚物·····(15)	平行光线法·····(31)
理想光具组和共轭点···(16)	倾斜光线法·····(33)
物方和像方·····(16)	光焦度(折射本领)、屈
平面反射镜·····(16)	光度·····(35)
平行平面玻璃板·····(17)	横向放大率·····(37)
等光程面·····(17)	轴向(纵向)放大率·····(38)
单球面的折射和符号	角度放大率·····(38)
规定·····(19)	三种放大率之间的关
光线追迹公式·····(20)	系·····(38)
近轴光学(高斯光学,	透镜·····(39)
一阶光学)·····(20)	薄透镜和厚透镜·····(39)
近轴物体·····(21)	光心·····(40)
近轴条件·····(21)	物像性质的图解法·····(40)
单球面的折射成像·····(22)	同轴光组中虚物和虚
球面镜成像·····(22)	像的判断·····(41)
拉格朗日-亥姆霍兹	高斯公式的列线图解···(42)
不变量·····(22)	光阑·····(43)
同轴光组、基点和基	孔径光阑·····(43)
面·····(23)	视场光阑·····(44)
焦点和焦面·····(23)	入射光瞳和出射光瞳···(44)
主点和主面·····(24)	主光线和边部光线·····(45)
节点和节面·····(25)	视场和渐晕·····(45)
焦距·····(27)	遮闪光阑·····(45)
焦节距·····(28)	入射窗和出射窗·····(46)
同轴光组的组合·····(28)	光线追迹的作图法·····(46)

子午光线与不交轴光线·····(47)	物像矩阵·····(50)
近轴光学中的矩阵方法·····(47)	像差·····(50)
折射矩阵、平移矩阵和系统矩阵·····(48)	球差·····(51)
高斯常数·····(49)	彗差·····(51)
	像散和场曲·····(52)
	畸变·····(53)
	色差·····(54)

第三章 干涉和衍射

波的叠加原理·····(55)	·····(64)
波的干涉·····(55)	多光束干涉·····(65)
光的相干条件·····(55)	法布里-珀罗干涉仪(标准具)·····(67)
相干光源·····(56)	干涉条纹的锐度·····(68)
线偏振光产生干涉的条件·····(56)	分辨性的瑞利判据·····(69)
分波阵面干涉仪——	分辨本领·····(70)
杨氏实验·····(56)	自由光谱范围·····(71)
菲涅耳双反射镜·····(57)	光的衍射·····(72)
菲涅耳双棱镜·····(58)	惠更斯-菲涅耳原理
洛埃镜·····(59)	·····(72)
薄膜干涉·····(59)	夫琅和费衍射和菲涅耳衍射·····(72)
等倾条纹·····(60)	夫琅和费单缝衍射·····(73)
劈尖膜产生的条纹——	单缝衍射的光强分布·····(74)
等厚条纹·····(61)	多缝夫琅和费衍射·····(75)
牛顿环·····(62)	衍射光栅·····(77)
迈克耳孙干涉仪·····(62)	衍射光栅的光强度分布·····(78)
迈克耳孙-莫雷实验·····(64)	
特外曼-格临干涉仪	

闪耀光栅……………(81)
衍射光栅的分辨本领、

角色散和自由光谱范
围……………(82)

第四章 偏振

自然光——非偏振光…(84)
反射和折射引起的偏
振(布儒斯特定律)…(84)
方解石中的双折射…(85)
单轴晶体的折射率…(87)
单轴晶体中的波面——
惠更斯作图法…(87)
双折射起偏器…(89)
尼柯耳棱镜…(89)
格兰-傅科起偏器…(90)
格兰-汤普逊起偏器…(90)
渥拉斯顿棱镜…(90)
二向色性与人造偏振
片…(91)
检偏器…(92)
马吕斯定律…(92)

推迟器(晶片)…(92)
从晶片出射的合波…(93)
 $\frac{\lambda}{4}$ 波片、半波片、
全波片…(93)
圆起偏器…(95)
补偿器…(95)
偏振光的干涉…(96)
显色偏振…(97)
光弹性应力分析…(98)
克尔电光效应、克尔
光闸…(98)
泡克耳斯效应、泡克
耳斯盒…(99)
磁场中的人为双折射
……………(101)

第五章 辐度学及光度学

辐射能量和通量…(102)
光谱量和非光谱量…(102)
辐度量 and 光度量…(103)
辐射(发光)强度…(105)
辐亮度(光亮度)…(106)
辐照度(光照度)…(107)

辐射能(光能)密度…(107)
黑体…(108)
绝对黑体辐射: 斯忒
藩-玻尔兹曼定律…(108)
黑体辐射的光谱分布
(普朗克辐射定律)…(108)

黑体辐射的近似光谱分布 (维恩近似和瑞利-金斯近似).....(109)	基尔霍夫定律.....(119)
维恩位移定律.....(111)	反射比.....(120)
黑体辐射的归一化光谱分布函数.....(111)	双向光谱反射比分布函数.....(121)
黑体辐射的归一化积分光谱分布函数.....(112)	部分反射比.....(121)
光量子辐射理论.....(113)	反射比因数.....(123)
黑体光亮度.....(114)	反射比的倒易性.....(123)
黑体辐射的光效能.....(115)	漫射反射比.....(124)
作为辐射参数的温度.....(115)	规则(镜面)反射比.....(125)
黑体辐射的色品.....(116)	透射比.....(126)
辐射比.....(117)	光反射比和透射比.....(127)
吸收比.....(118)	(光)亮度因数.....(128)
	吸收比、透射比和反射比之间的关系.....(128)

第六章 光源

热光源.....(130)	超高压汞灯.....(142)
气体放电光源.....(130)	低压钠灯.....(143)
激光光源.....(132)	高压钠灯.....(144)
太阳.....(133)	金属卤化物灯.....(146)
月亮和行星.....(134)	氙灯.....(149)
光的主基准.....(135)	脉冲灯.....(150)
白炽灯.....(136)	原子光谱灯.....(152)
电弧.....(138)	场致发光屏.....(152)
低压汞灯.....(139)	发光二极管.....(153)
高压汞灯.....(141)	

第七章 色度学

- 色·····(154)
- 色度学·····(154)
- 孔色·····(155)
- 明度、色调和饱和度··(155)
- 加色·····(156)
- 减色·····(157)
- 牛顿色盘·····(157)
- 假同色和真同色·····(158)
- CIE 1931 标准色度
- 观察者·····(158)
- CIE 1931 色度图·····(159)
- 视觉信号表面色·····(161)
- CIE 1976 ($L^*a^*b^*$)
- 空间·····(161)
- CIE 1964 补充标准
- 色度观察者·····(162)
- 标准施照体·····(164)
- 反射率标准·····(165)
- 照明条件和观测条件··(165)
- 颜色的度量·····(165)
- 色度仪器·····(166)

第八章 光谱学

- 辐射·····(168)
- 发射本领·····(168)
- 吸收本领·····(168)
- 黑体辐射流密度·····(169)
- 经典自由振子·····(170)
- 经典阻尼振子·····(170)
- 电偶极子·····(171)
- 多极矩·····(171)
- 偶极辐射·····(172)
- 偶极辐射频谱·····(173)
- 偶极辐射吸收·····(174)
- 自发发射·····(175)
- 受激发射·····(175)
- 受激吸收·····(176)
- 爱因斯坦关系·····(176)
- 偶极矩矩阵元·····(177)
- 跃迁几率·····(177)
- 振子强度·····(178)
- 辐射和吸收功率·····(179)
- 自吸收·····(179)
- 共振陷禁·····(180)
- 光谱线的自然宽度····(180)
- 光谱线的多普勒宽度··(181)
- 碰撞展宽·····(182)
- 斯塔克展宽·····(183)
- 玻尔原子模型及原子

谱线系·····(184)	禁戒谱线·····(189)
光谱项及其符号(不 包括自旋)·····(185)	分子光谱·····(189)
选择定则·····(185)	分子转动光谱·····(190)
包括自旋的原子能级 的光谱项符号·····(186)	分子振动光谱·····(191)
正常塞曼效应·····(186)	电子光谱·····(192)
光谱线精细结构·····(187)	分子光谱的谱带支·····(193)
光谱线的超精细结构··(187)	分子喇曼光谱·····(194)
同位素超精细结构····(187)	激子光谱·····(194)
核矩超精细结构·····(188)	激光饱和吸收光谱····(195)
亚稳态·····(188)	双光子吸收光谱·····(196)
	光声光谱·····(197)

第九章 眼睛和视觉

人眼的构造·····(199)	眼的调节·····(209)
视轴·····(200)	眼的反射像·····(210)
角膜·····(200)	方向灵敏度·····(211)
前房·····(201)	眼的像差·····(211)
瞳孔·····(202)	视觉·····(213)
晶状体·····(203)	视角·····(213)
玻璃体·····(203)	视力·····(214)
眼球赤道线和子午线··(204)	辨别阈值·····(215)
眼球光学媒质的透射 光谱·····(204)	空间频率特性·····(216)
视网膜·····(204)	截止频率·····(217)
视觉过程·····(205)	对比感受性·····(218)
示意眼·····(206)	多通道模型·····(218)
简约眼·····(208)	视野·····(219)
	适应·····(220)

视网膜光照度·····	(221)	不等像视现象·····	(228)
色觉机制·····	(222)	老视眼·····	(228)
色觉的信息处理·····	(223)	眼镜的顶点屈光力·····	(228)
立体视觉·····	(224)	用于近视和远视的眼 镜·····	(229)
辐辏·····	(226)	散光眼镜·····	(229)
感受野·····	(226)	临界闪光频率·····	(230)
X细胞、Y细胞和W细 胞·····	(227)	时间总和和空间总和···	(230)
屈光异常·····	(227)		

第十章 光导纤维光学

光纤·····	(231)	子午射线·····	(238)
多模光纤·····	(232)	歪斜射线·····	(239)
单模光纤·····	(232)	受导射线·····	(239)
阶跃光纤·····	(233)	不受导射线·····	(240)
梯度光纤·····	(233)	泄漏射线·····	(240)
石英光纤·····	(234)	横电波模式·····	(240)
多组分玻璃光纤·····	(234)	横磁波模式·····	(241)
塑料光纤·····	(234)	混合模式·····	(241)
红外光导纤维·····	(235)	简并模式·····	(242)
紫外光导纤维·····	(235)	特征频率·····	(242)
有源光导纤维·····	(235)	受光角·····	(243)
自聚焦光导纤维·····	(235)	数值孔径·····	(243)
传光束·····	(236)	光纤散射损耗·····	(244)
导光缆·····	(236)	光纤吸收损耗·····	(245)
传像束·····	(236)	光纤端面的反射损耗···	(245)
纤维镜·····	(238)	模色散·····	(246)
纤维板·····	(238)	材料色散·····	(247)

波导色散·····	(247)	光纤传递函数·····	(251)
光脉冲加宽·····	(247)	光纤带宽能力·····	(252)
光纤传输带宽·····	(248)	直接耦合·····	(252)
冲击响应及上升沿·····	(249)	透镜耦合·····	(253)
脉冲的半宽度·····	(250)	光纤传感器·····	(253)
均方根脉宽·····	(250)	光纤通信·····	(254)

第十一章 大气的光学性质

大气·····	(255)	大气窗口区域的连续 吸收·····	(267)
大气结构·····	(255)	频带模型法概述·····	(272)
电离层·····	(256)	透射率的强谱线近似 和弱谱线近似·····	(273)
典型的大气模型·····	(257)	经验透射率函数·····	(274)
均匀混合气体的浓度·····	(258)	等效常压路程和吸收 总量·····	(274)
气溶胶的分布·····	(258)	分子吸收的等效海平 面路程长·····	(275)
布格尔定律·····	(259)	氮连续吸收区(4 μ m) 的等效海平面路程 长·····	(230)
光谱吸收率和光谱透 射率·····	(259)	水蒸气连续吸收的等 效海平面路程长·····	(282)
吸收函数和透射函数·····	(260)	分子散射的等效海平 面路程长·····	(284)
衰减系数·····	(261)	气溶胶消光的等效海 平面路程长·····	(286)
分子散射系数和吸收 系数·····	(262)	等效路程图的使用方	
气溶胶散射系数和吸 收系数·····	(262)		
分立谱线的吸收·····	(263)		
大气路程透射率·····	(264)		
散射和吸收系数数据·····	(264)		
内插程序·····	(265)		
低分辨率大气透射率·····	(265)		

法	(287)
预测图的说明和使用	
方法	(288)
臭氧吸收的等效海平	
面路程长	(290)
低分辨率透射率的计	
算精度	(292)

透射和反射的天空辐	
射率	(293)
大气的红外发射	(297)
大气的折射效应	(299)
云雾对大气辐射的影	
响	(301)
吸收剂浓度	(303)

第十二章 水的光学性质

若干关系式(辐射率与	
辐照度间的几何联	
系)	(306)
海洋光学的三个基本	
量	(308)
海洋中颗粒性物质	(309)
瑞利理论	(310)
起伏理论	(310)
海水折射率和色散	(312)
梅氏理论	(312)
体积散射函数	(314)
散射光的偏振	(319)
总入射辐射的频谱分	
布	(320)
直接辐射的反射率	(322)
漫辐射的反射率	(322)
总辐射的反射率	(323)
波浪对反射率的影响	(323)
漫反射系数的概念	(323)

海表面的折射	(324)
海面辐射率与辐照度	
的变化	(325)
散射光的简单积分	(325)
向下辐照度与太阳高	
度的关系	(327)
标量辐照度	(328)
辐射传输方程	(329)
目标表观辐射率的实	
测公式	(331)
钱德拉塞卡方法	(332)
蒙特-卡罗方法	(333)
向上和向下辐照度的	
关系	(333)
辐射率分布的渐近状	
态	(334)
实测辐射率分布	(335)
实测辐射率衰减系数	(336)

单位长度准直光束透射率.....(337)	向上辐照度的实测结果.....(344)
辐照度衰减系数.....(341)	实测标量辐照度.....(345)
向下辐照度的实测结果.....(342)	对比度.....(346)
	场辐射率的能见度.....(348)

第十三章 傅里叶光学基础、全息术

空间频率.....(349)	全息照相原理.....(366)
复振幅.....(350)	全息照相的记录、再现和特点.....(367)
正弦光栅.....(351)	体积全息.....(369)
正弦光栅衍射的特征.....(351)	全息干涉计量术.....(369)
傅里叶频谱面.....(352)	全息显微术.....(369)
透镜的位相变换.....(353)	全息信息存储.....(370)
傅里叶变换.....(355)	全息透镜.....(371)
卷积.....(357)	全息光栅.....(371)
相关.....(358)	复合全息.....(372)
点扩展函数.....(359)	傅里叶全息图.....(373)
光学传递函数.....(359)	匹配滤波器.....(374)
阿贝成像原理.....(361)	特征识别.....(375)
空间滤波.....(361)	散斑.....(376)
相干光学处理系统.....(362)	散斑的形成.....(377)
位相反衬法.....(363)	激光散斑的统计性质.....(377)
分色滤波(θ 调制).....(364)	散斑照相术.....(378)
图像加减法.....(365)	散斑术的应用.....(379)
除法滤波器.....(366)	

第十四章 激光

激光.....(383)	光与物质相互作用的
--------------	-----------

三个过程.....	(383)	数.....	(405)
玻尔兹曼分布律.....	(385)	光学谐振腔的g参数.....	(405)
粒子数的反转分布.....	(386)	光学谐振腔的损耗.....	(405)
泵浦过程.....	(386)	单程损耗因子.....	(406)
三能级系统.....	(387)	损耗速率.....	(406)
四能级系统.....	(388)	光子的平均寿命.....	(407)
泵浦的量子效率.....	(389)	谐振腔的Q值.....	(407)
荧光量子效率.....	(389)	无源谐振腔线宽.....	(407)
三能级系统的速率方		用于光学谐振腔的几	
程.....	(390)	何光学理论.....	(408)
四能级系统的速率方		光线传输的矩阵表示.....	(408)
程.....	(391)	腔内光线往返传播的	
激光的速率方程理论.....	(392)	矩阵表示.....	(410)
自发辐射的经典理论.....	(393)	共轴球面腔的稳定性	
光与物质相互作用的		条件.....	(410)
经典理论.....	(394)	稳定图.....	(411)
光与物质相互作用的		稳定性判别法.....	(412)
半经典理论.....	(395)	衍射积分方程.....	(412)
量子电偶极矩的运动		平行平面腔模的迭代	
方程.....	(396)	解.....	(413)
激光振荡的拉姆理论.....	(398)	稳定球面腔的模式.....	(414)
光与物质相互作用的全		高斯光束.....	(416)
量子理论.....	(400)	谐振频率.....	(417)
激光的全量子理论.....	(400)	模体积.....	(418)
光学谐振腔的类型.....	(401)	基模远场发散角.....	(419)
光学谐振腔的模式.....	(403)	高斯光束的q参数.....	(420)
光学谐振腔的作用.....	(404)	高斯光束在自由空间	
光学谐振腔的费涅尔		的传播.....	(420)