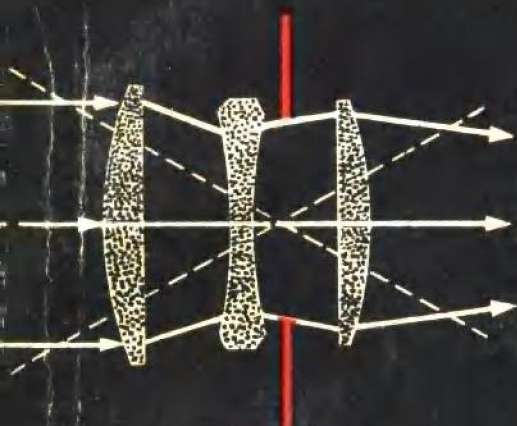


赫克特 A. 赞斯 著 秦克诚 詹达三 林福成 译



光学

上册



高等教育出版社

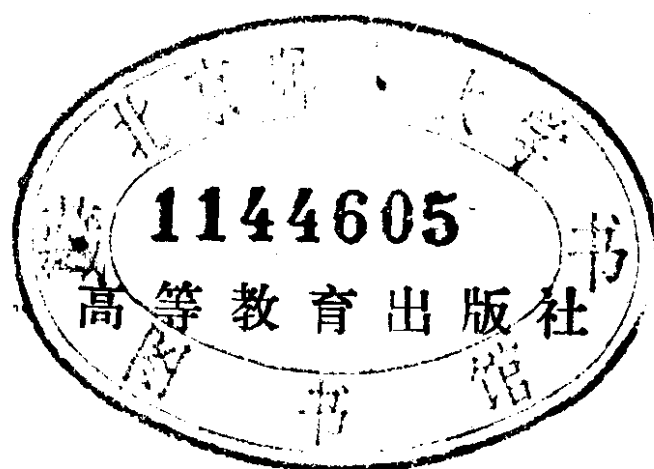
高等学校教学参考书

光 学

上 册

E.赫克特 A.赞斯 著
秦克诚 詹达三 林福成 译

371137/17



本书是为美国大学或学院单开光学课而编写的教材，内容反映了光学研究的新发展和新成就。可供我国大学理工科教学参考，也可供科技工作者学习参考。

中译本分上下两册出版，上册包括前八章及相应的附录附表，下册包括后六章。

中译本责任编辑：曹建庭

本书原由人民教育出版社出版。1983年8月9日，上级同意恢复“高等教育出版社”；本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

Eugene Hecht Alfred Zajac

Optics

This book is in the
Addison-Wesley Series Physics

(1st ed.)

Addison-Wesley Publishing Company, 1976

高等学校教学参考书

光 学

上 册

E. 赫克特 A. 赞斯 著

秦克诚 詹达三 林福成 译

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 18.5 插页 1 字数 448,000

1979年7月第1版 1983年7月第2次印刷

印数 10,001—16,500

书号 13010·0341 定价 1.65元

中文版序

这本书是为学物理的大学生写的——为一切学物理的大学生写的。因此，我们十分愉快地欢迎本书每一种新译本，它使本书能够接触更多的读者，并且为我们的科学事业发挥更大的作用。

对于这一中译本尤其是这样。想到我们能够为中国伟大事业、为她的科学复兴作出哪怕是极菲薄的贡献，的确感到高兴。

E. H.

A. Z.

1980年4月于纽约

中文版序

光学是物理学中近年来迅速发展的一個領域。不但发明了许多新器件、新工艺并获得广泛的应用,而且还形成了许多新概念和新的理论方法。因此,在光学教学中,就需要有一本现代化的教材,除了传统内容之外,它还能反映现代光学的基本内容。

本书就是这样一本教材。它内容丰富,取材新颖,适于教学,并附有大量插图和照片。它是美国高等学校中目前最流行的光学教材之一,而且也为其他一些国家的许多大学所采用。原书初版于1974年,现已四次印刷。除英文本外,还有西班牙文译本,其他语种译本的翻译工作也在进行中。译者相信,这本中译本的出版将为我国学生和教师提供一本有益的参考书。

本书作者 E. 赫克特 (Eugene Hecht) 和 A. 赞斯 (Alfred Zajac) 是美国纽约 Adelphi 大学的物理学教授。承蒙作者热情地为中文版写了序言,我们谨在此表示深切感谢。

秦克诚

1980年4月

作 者 序

近年来,光学研究以疾风骤雨般的活力,以一系列引人注目的成就,以及对于未来发展的使人简直眼花缭乱的前景,已经进入到科学和技术的最前列。这门建立在电磁理论的宏伟结构上的古老的科学,从来没有失去过它的普遍的魅力和适用性。尽管如此,我们现在正处在理论上和方法上激动人心的巨大变革之中。光学正在朝新的方向发展,这可以从下面这些多种多样的新形式和新内容看出来:光子、空间波、纤维光学、薄膜、当然还有激光器和它的无数的理论涵意和实用潜力。

Drude、Sommerfeld、Wood、Rossi、Sears、Ditchburn、Born 和 Wolf、Jenkins 和 White、Strong、Towne 和许多别的作者关于光学的经典著作,有其永久的存在价值并不断使人们感兴趣。但是现在也迫切要求写一本新的光学教科书,它使用皮(10^{-12})秒、兆(10^6)赫、纳(10^{-9})米的现代术语,讲述Q开关、相干长度、频率稳定性和带宽等现代内容;并把在教学法上有价值的经典方法同各种主要的现代发展、技术和重点结合起来。

本书从简略地概述光学的历史发展开始。光的本性的近代理论是作为人类两千多年活动的总结而提出的。但是在这幅已建立的变化图象的前景中应当理解:虽然我们清楚地看出这架梯子的下一级,但是我们肯定没有到顶。

对于大部分光学现象,光的量子力学特征是模糊的,在其表现中占主导地位的是它的波动本性。因此,第二章讨论波动的数学描述。我们从很简单的考虑导出波动方程,而不需要微分方程的

知识。第三章从最基本的事实出发推演电磁理论。到了这一步，基础已经奠定了，经典光学的其余内容(包括几何光学)主要通过波的相互作用来表述。

编入本书字里行间的主题之一是：光学是物理学，并且是物理学的基础。只要有可能，我们就尽量探索原子过程同有关的光学现象之间的相互关系。我们不把光学孤立起来，而是力图强调物理学各个领域之间所存在的明显的连续性。

我们在书中还描述了许多简单的实验，这些实验可以在实验室外面做。在许多情况下，用照片表示出所得到的光学结果，以强调并不一定总是需要精心制造的昂贵设备。用几片显微镜玻片，就可以看到许多现象，我们鼓励读者去“看”。

本书是打算用来作大学中只开一次光学课程的教科书。因此，它的适应面应当比较广。为此，本书的大部分内容是这样准备的，只要对普通物理和微积分的引论性课程有透彻的了解就可以使用。较难的题目就放在有关章节的末尾。例如，关于衍射的一章从夫琅和费衍射开始，经过简单的惠更斯-菲涅耳理论，再讨论较复杂的菲涅耳衍射，然后以讨论基尔霍夫的处理方法和边界衍射波结束。先进的学生将有力量去胜任钻研一些更复杂的方法，诸如讨论衍射和成象理论的傅里叶方法，讨论偏振的矩阵方法，傍轴光线描述以及多层薄膜的矩阵方法等。

本书提供了同现代光学有关的相当广泛的内容，教师可以从其中挑选，以制定出反映他自己的重点和适应学生需要的教程。例如，一门初等课程就不一定包括第十一章、第十二章和第十三章，即傅里叶光学、相干性和量子光学。即使这样，和这些材料有关的方面，也贯穿在本书前面部分进行了讨论。此外，有几节不讲学生也能看懂，可以指定为课外阅读材料。

我们非常注意使叙述一贯清晰，而避免对于难懂之处写得过

分简洁。需要进一步讨论才能明瞭的观念,或者用脚注加以注解,或者放到习题中去并在必要时加一点引导。大约三分之二的习题有完备的解答,附在本书的最后。(习题题号后面附星号者表示该题不附解答)。

我们鼓励读者去阅读文献,书中引用了许多“可读的”论文,其中一些是由于所编排的参考文献目录而选入的。所引用的书籍只给出了作者和书名,至于出版者,出版日期等则在书后所附的完备的参考书目中给出。

作者有幸曾得到 **A. Ahner** 教授、**D. Albert** 教授和 **M. Garr-ell** 教授这些朋友和同事们的有益帮助。我们也感谢 **A. Dalisa** 博士、**J. DeVelis** 博士、**S. Jacobs** 博士和 **M. Scully** 博士,他们的讨论和评论对我们很有帮助。我们特别感谢 **Howard A. Robinson** 博士,苏联光学工艺杂志(*Soviet Journal of Optical Technology*)的译文编辑,他仔细通读了全书,并且提出了许多有价值和有见地的建议。我们还感谢以下各位在准备本书手稿过程中的协助,他们是:**H. Merkl Villez**, **M. La Rosa**, **R. Auerbach**, **S. Auerbach**;特别是 **Carolyn Eisen Hecht**,她的合作和耐心极大地支持了作者的工作。

最后,我们要感谢我的许多学生,他们曾用过本书的早期打字稿,做过我们的实验和习题,拍摄过本书中的一些照片,本书就是在他们使用过程中成长起来的。

E. H.

A. Z.

1973 年 9 月于纽约

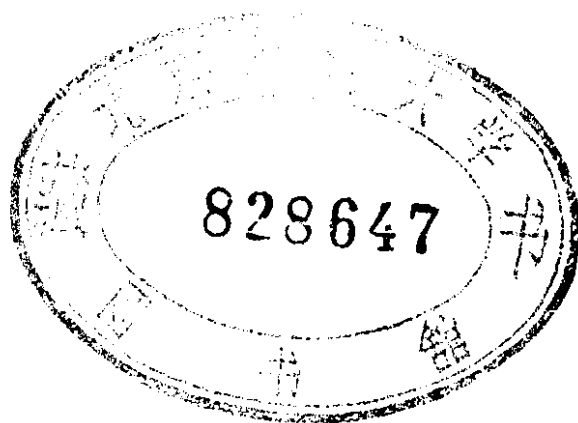
高等学校教学参考书

光 学

下 册

E. 赫克特 A. 赞斯 著
詹达三 秦克诚 林福成 译

541/157/17



人民教育出版社

目 录

第一章 简史	1
1.1 序	1
1.2 初始时期	1
1.3 从十七世纪到十八世纪	4
1.4 十九世纪	10
1.5 二十世纪的光学	16
第二章 波动的数学	22
2.1 一维波动	23
2.2 简谐波	27
2.3 位相和相速度	31
2.4 复数表示	34
2.5 平面波	37
2.6 三维的波动微分方程	42
2.7 球面波	44
2.8 柱面波	49
2.9 标量波和矢量波	51
习题	53
第三章 电磁理论、光子和光	56
3.1 电磁理论的基本定律	58
3.2 电磁波	67
3.3 不导电的媒质	73
3.4 能量和动量	87
3.5 辐射	94
习题	113
第四章 光的传播	117
4.1 引言	117
4.2 反射定律和折射定律	118

4.3	电磁理论	137
4.4	光和物质相互作用的一些熟知的现象	174
4.5	斯托克斯对反射和折射的处理方法	178
4.6	光子与反射和折射定律	181
	习题	183
第五章 几何光学——傍轴理论		192
5.1	绪言	192
5.2	透镜	193
5.3	光阑	224
5.4	反射镜	231
5.5	棱镜	248
5.6	纤维光学	260
5.7	光学系统	267
	习题	310
第六章 几何光学——进一步讨论		318
6.1	厚透镜和透镜组	318
6.2	解析法光线描述	325
6.3	象差	335
	习题	370
第七章 波的叠加		371
7.1	代数方法	373
7.2	复数方法	379
7.3	相矢量的相加	380
7.4	驻波	382
7.5	拍	386
7.6	群速度	389
7.7	非简谐周期波——傅里叶分析	392
7.8	非周期波——傅里叶积分	401
7.9	脉冲和波包	404
7.10	光学带宽	409
	习题	413

第八章 偏振	418
8.1 偏振光的性质	418
8.2 起偏器	429
8.3 二向色性	432
8.4 双折射	438
8.5 散射和偏振	457
8.6 反射引起偏振	464
8.7 推迟器	470
8.8 圆起偏器	479
8.9 多色光的偏振	481
8.10 旋光性	484
8.11 感生光学效应——光调制器	494
8.12 偏振的数学描述	505
习题	516
附录 1	524
附录 2	528
附表 1	530
部分习题解答	540
参考文献	574

目 录

第九章 干涉	581
9.1 一般考虑	582
9.2 发生干涉的条件	589
9.3 分波阵面干涉仪	591
9.4 分振幅干涉仪	601
9.5 电介质膜——双光束干涉	614
9.6 干涉条纹的类型和位置	627
9.7 多光束干涉	630
9.8 法布里-珀罗干涉仪	639
9.9 单层膜和多层膜的应用	649
9.10 干涉量度学的应用	659
9.11 旋转的 Sagnac 干涉仪	674
习题	677
第十章 衍射	682
10.1 引言	682
10.2 夫琅和费衍射	696
10.3 菲涅耳衍射	747
10.4 基尔霍夫标量衍射理论	794
10.5 边界衍射波	799
习题	801
第十一章 傅里叶光学	807
11.1 引言	807
11.2 傅里叶变换式	807
11.3 光学中的应用	822
习题	861
第十二章 相干性理论基础	863
12.1 引言	863

12.2 可见度·····	867
12.3 互相干函数和相干度·····	876
12.4 相干性和测星干涉量度术·····	883
习题·····	893
第十三章 光的量子本性的某些方面 ·····	895
13.1 量子场·····	895
13.2 黑体辐射——普朗克的量子假说·····	896
13.3 光电效应——爱因斯坦的光子概念·····	900
13.4 粒子和波·····	907
13.5 几率和波动光学·····	915
13.6 费马、费因曼和光子·····	918
13.7 吸收、发射和散射·····	922
习题·····	928
第十四章 当代光学中的一些课题 ·····	932
14.1 成象——光学信息的空间分布·····	932
14.2 激光器和激光·····	966
14.3 全息术·····	985
14.4 非线性光学·····	1006
习题·····	1016
部分习题解答 ·····	1020
索引 ·····	1036

第一章 简 史

1.1 序

在下面各章里，我们将对光学这门科学的许多内容展开系统的讨论，特别着重于现代感兴趣的那些方面。这个题目包括了大约三千年的人类历史舞台中所积累起来的大量知识。在开始研究关于光学的近代观点之前，让我们简短地回顾人类获得今天的知识所走过的路程，即使不为别的，只是为了对它的全貌有一概括的了解^①。

整个故事有着数不清的细致情节和角色：主角、配角、偶尔也有一两个反面人物。不过由于我们处于事后进行总结的有利地位，我们可以从这几千年的纠结中理出四条主要线索，那就是：反射光学和折射光学，光的波动理论和光的量子理论。

1.2 初始时期

光学工艺的起源可以追溯到远古。旧约《出埃及记》^②（约公元

① 作者在本章所述的光学史，仅限于西方的光学史。我国历史悠久，在古代的典籍中有着关于物理学和光学的丰富记载，作者没有提到。例如《周礼·考工记》中记载着，周朝就已经会用“金燧”（铜凹面镜）取火，对制造“燧”和“鉴”（照人的镜子）的合金成分也有记载：“金锡半谓之鉴燧之齐”，金就是铜，齐就是合金。先秦时代的《墨经》（约公元前 400 年）中，有关于几何光学的记载八条，从光的直线传播到平面镜、凹面镜和凸面镜的反射成象，系统而且完整。见钱临照：《我国先秦时代的科学著作——墨经》，科学大众 1954 年 12 月号。后来到宋朝，沈括在《梦溪笔谈》中也对凹面镜、凸面镜的成象和凹面镜的焦点作了详细记载。——译者注

② 《出埃及记》是旧约的第二篇，记述以色列人在摩西带领下逃出埃及的传说。法柜是装十诫碑的柜子，会幕是移动式神殿。——译者注

前 1200 年)第三十八章八节记述了比撒列(Bezaleel)在准备法柜和会幕时,如何把“妇人的镜子”重新铸成铜洗礼盆(宗教仪式用的水盆)。早期的镜子是用铜和青铜磨光做成,后来用镜合金做,这是一种富含锡的铜合金。一些标本从古埃及残存下来——在尼罗河谷中瑟索斯特里斯二世(Sesostris II)金字塔(约公元前 1900 年)附近的工匠区,一面完好的镜子同一些工具一起出土了。希腊哲学家如毕达哥拉斯、德谟克利特、恩培多克勒、柏拉图、亚里士多德和别的人,发展了好几种关于光的本性的理论(亚里士多德的理论 and 十九世纪的以太理论很相似)。在欧几里得(公元前 300 年)在他的书《反射光学》里宣布了反射定律时,人们已经知道了光的直线传播。亚历山大里亚的希洛(Hero of Alexandria)试图通过断言光在两点之间走最短的路程,来解释这两种现象。阿里斯托芬在他的喜剧《云》里(公元前 424 年),曾隐约提到过点火的镜子(一块正透镜)。柏拉图在《共和国》一书中讲述了物体部分浸在水里发生表观屈折的现象。折射曾被克里奥默德(Cleomedes, 公元 50 年)、后来并被亚历山大里亚的托勒密(公元 130 年)研究过,后者列举了对几种媒质的入射角和折射角的精确测量结果。从历史学家普林尼(Pliny, 公元 23—79 年)的记述中清楚知道罗马人也有点火镜。在罗马废墟中曾找到几个玻璃球和水晶球,它们可能是用来点火的;在庞贝^①发现了一面平凸透镜。罗马哲学家塞涅卡(Seneca, 公元前 3 年—公元 65 年)曾指出,一个盛满水的玻璃泡可以用来放大。某些罗马工匠也许已用放大镜来进行非常精巧的工作,这是完全可能的。

西罗马帝国的灭亡(公元 475 年)大体上标志着黑暗时代的开始,在此之后,欧洲在很长一段时期里很少有或者根本没有什么科

^① 庞贝(Pompeii)是意大利的一座古城,位于维苏威火山脚下,公元 79 年因维苏威火山爆发被火山灰掩埋,1763 年开始发掘。——译者注

学进步。地中海周围各国，希腊-罗马-基督教文化的支配地位由于被征服很快就让位于阿拉^①的统治。亚历山大里亚于公元642年沦于穆斯林，到七世纪末，伊斯兰的国土已从波斯跨越地中海南岸一直伸展到西班牙。学术中心移到了阿拉伯世界，在这里翻译并保存了过去的科学和哲学宝藏。光学在这段时期里并不是原封未动地置放着，而是在休眠中，在一个名叫阿尔哈增（Alhazen，大约公元1000年）的人的手中它甚至有所发展。他令入射角和反射角在垂直于界面的同一平面内，从而更精密地表述了反射定律；他研究过球面镜和抛物面镜，并对人眼作了详细的描述。

到十三世纪后半叶，欧洲才刚刚从理智的麻木中醒过来。阿尔哈增的著作译成了拉丁文，它对林肯郡主教格罗塞特斯特（R. Grosseteste，1175—1253）和波兰数学家维特洛（Vitello）的著作有很大的影响，这两个人对于重新激起对光学的研究都起过作用。他们的著作被圣芳济会修士罗杰尔·培根（Roger Bacon，1215—94）知道了，许多人都认为他是第一个近代意义上的科学家。他似乎已经有了用透镜来改正视觉的想法，并且甚至暗示过把透镜组合起来构成一具望远镜的可能性。培根对光线穿过透镜的方式也有一些了解。在他死后，光学又衰落了。尽管如此，到十四世纪中叶，欧洲的绘画中已经出现了戴眼镜的僧侣的形象。炼金术士也找到一种液体的锡-汞合金，把它涂到玻璃板的背面以制造镜子。达芬奇（1452—1519）描绘过成象暗箱（camera obscura），后来由于波尔塔（G. B. D. Porta，1535—1615）的工作，成象暗箱得到了普及。波尔塔还在其《自然的魔法》（1589）一书里讨论过多重反射镜以及正透镜和负透镜的组合。

以上所说的基本上是各个事件的朴实的列举，它可谓是光学

① 阿拉（Allah），伊斯兰教的上帝，真主。——译者注