

用氦氛激光器的 光学实验

北京工业大学应用物理系
资 料 室

1983.9

译 者 前 言

这是美国纽约州教育中心的物理教师、教育顾问 Herbert H. Gottlieb 就如何利用氦氖激光器进行光学实验所写的一本参考资料和实验指导书，根据该书第五版译出。

本书为读者利用 Metrologic 仪器公司提供的光学教具箱中的零件设计了31个光学实验。我们利用普通的 He—Ne 激光器和普通光学零件，就能做好上述实验。这些实验的特点是设备简单、构思新颖，善于启发学生自己去设计实验，增进学生对实验的兴趣和动手能力。对于设计教学演示实验更有其价值。

原文中明显的笔误已在翻译时做了更正。由于水平有限，错误在所难免，欢迎批评指正。

本指导书的译校工作由专业教师承担，署名在每部分的后面；总校工作由王靖华同志完成。

目 录

安全事项	(1)
引言	(2)
光学教育成套设备(目录)	(4)
实验设备备件的使用说明	(12)
激光工作原理	(18)
什么是激光	(23)
实验1 光的散射	(38)
实验2 颜色	(40)
实验3 光束强度	(41)
实验4 激光束的发散性	(43)
实验5 眼睛验光术	(45)
实验6 反射	(46)
实验7 偏振效应	(49)
实验8 临界角的测量	(51)
实验9 光导管和纤维光学	(53)
实验10 液体折射率的测量	(54)
实验11 气体折射率的测量	(56)
实验12 玻璃折射率的测量	(59)
实验13 棱镜的折射率	(61)
实验14 通过透镜的光束的发散性和会聚性	(63)
实验15 傅科刀刃检验	(65)
实验16 刀刃和单缝衍射	(67)
实验17 双缝衍射	(68)

实验18	光栅的多缝衍射	(70)
实验19	玻璃中多次内反射形成的干涉	(72)
实验20	洛埃镜	(74)
实验21	迈克尔逊干涉仪 (基本形式)	(77)
实验22	楔形空气薄膜形成的干涉	(80)
实验23	小孔衍射	(82)
实验24	观察全息图	(84)
实验25	空间滤波	(87)
实验26	自制 360° 全息图	(89)
实验27	多普勒效应	(91)
实验28	由直尺产生的衍射花样	(92)
实验29	彩虹的颜色	(94)
实验30	光学放大器	(97)
实验31	光速的测量	(101)
设备的保管与维修		(105)

安 全 事 项

激光是学校里做精彩演示和学生自己做实验的一种有用光源。虽然大功率激光器用作金属焊接和打孔，但小功率的He-Ne激光器没有这么大的破坏力，甚至把这种激光对准衣服和皮肤组织也无任何危险。然而，正像警告人们不能直接对着太阳看那样，也应警告人们，不能直接对着激光看。假如有个学生在近距离直接对着激光看一段时间，那么从等离子体管中发出的紫外线辐射能导致类似于太阳晒斑的眼结膜损伤和角膜损伤。同样，虽然大功率激光器用来粘接分离的视网膜以及作其它的眼科手术，但许多动物和人类的眼睛在受到短时间的小功率激光束照射，没有发生过明显的损坏。然而为了绝对安全起见，还是要注意以下几点：

1. 应该把激光看成像弧光探照灯发出的光束那样，既不能对着激光看，也不能看从镜子表面反射回来的激光束。

2. 严禁把激光射到他人的眼睛附近。

3. 一切He-Ne激光器中，都附有带地线的三芯插销。这种插销应该插入三眼插座，或者在操作前就应该把激光器外壳接地。

4. 激光器内有高压，能触电致死。激光器接上电源后切勿打开机壳。

5. 所有He-Ne激光器是按美国政府的安全要求生产的。不准打开激光器外罩。

引 言

自从1958年 L. Schawlow 和 H. Townes 提出激光器这个概念以来, 经过较短时间, 激光器已经从昂贵的实验仪器变为在工业、医学、航空、通讯和现代科学教育中得到应用的经济的工具了。现在 He-Ne 气体激光器已是一种便宜而可靠的单色强光源了。从小学的自然课到大学的研究生物理课中, 在演示实验和学生实验中, 激光器都是十分重要的仪器。

本说明书包含的实验, 均由广大教师发展起来的, 并且在典型的教室条件下做了充分的试验。只要把设备作适当改进, 更加熟练应用作为教学工具的激光器, 就还可以做一些附加实验。为了解这方面的新进展, 可直接向 Metrologic 公司询问。

虽然在本实验说明书中描述的实验可用学校实验室已有的平面镜、透镜和滤光片来做, 但还是要说明一下, “Metrologic 光学教学成套仪器” 中的附件应该尽可能加以应用, 这些附件均是特别制作和挑选出来的, 很适合于与价格便宜的 He-Ne 激光器配合使用。

每个实验前都有一简单的原理性介绍, 这些是开始实验前必须了解的。在进行实验和数据处理时, 再进一步介绍更深入的概念。希望这样能在学生有所长进时激发他为得到更完全的知识而更深入地钻研书籍和杂志的欲望。说明书中还

提到许多可以进一步扩展的实验内容，这些实验是否进行要由学生是否感到兴趣和时间是否许可来决定。

我们建议按说明书上给出的次序来做实验。开始四个实验是检查性练习，通过这些实验使学生逐渐熟悉他所使用的激光器的特性和功能，同时学到若干较重要的光学原理。

紧跟这些初步练习实验后的是大家熟知的光的反射和折射实验。狭窄的强激光束的应用使实验得到了改进。这些实验把能使学生得到精确数据的长距离测量技术与比较粗糙和不太昂贵的测量仪器结合起来了。

说明书的后半部分描述了在典型学校实验室中用普通光源很难做出或根本不可能做出的近代物理实验。激光器作为科学教育必不可少的一种仪器，在这些领域内，前途是无量的。

这里我们企图把学生分成几组做这些练习实验——要求这些实验能同时被几个或较多同学看到。

光学教育成套设备 (目录)

“Metrologic激光光学第一套仪器”包含有做本说明书中大部分实验的基本光学零件。这套仪器特别配置了磁性元件支架。这些配件能使安排实验速度快, 调节方便, 并且一经调整后能使零件位置保持不变。

“激光光学第二套仪器”包含已经校准的定量研究用的仪器。这种高级设备要跟“激光光学第一套仪器”中的零件联合起来使用。

在下表中列出了每一项的目录号和价格。这些价格若有变化不再另行通知。

表 I 第一套激光仪器 (实验室练习装置): 60-600

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
60-028 \$ 5.00	1 件	实验说明书	包括用He-Ne激光器做30多个实验的指导书。它也包括激光安全事项、激光器工作原理和激光的一般介绍。
60-624 \$ 4.00	1 件	平面全息图 70 mm × 100 mm	一张高分辨率干涉花样图, 用激光再现时能看到三维的物体。
60-631	1 件	焦距为-8 mm	利用磁力把此透镜装在激光

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
\$5.00		的透镜, 装在 圆形陶瓷磁铁 上	器输出孔外用于激光扩束。 因为照全息相和做其它实验 要用宽束激光。
60-644 \$5.00	3 件	“U”形零件 载物架	它把光学零件固定在激光束 光路中所要求的位置上。它 由一个磁性底座和两个相距 3 cm 左右的垂直磁性立柱 组成。
60-645 \$5.00	2 件	“L”形零件 载物架	用磁力把它装在“U”形零件 载物架上, 以便光学零件能 按要求的角度固定起来。
60-646 \$3.00	1 件	平 面 镜 正面38mm × 25mm	此平面镜反射光线时不会引 起不需要的折射和重象, 用 于干涉实验和全息术。
60-647 \$4.00	1 件	平 面 镜 正面64mm × 85mm	此平面镜用在需要大面积的 反射实验中。
60-648 \$25.00	1 件	钢 平 台 30cm × 20cm × 0.2cm	万用光学支架, 能牢固地固 定磁性零件载物架。
60-651 \$4.00	1 件	焦距为-8mm 的透镜, 钢座	这些透 镜 安 装 在 面 积 为 64mm ² 的不锈钢座中央。 借助于磁性座, 这些透镜能
60-652 \$4.00	1 件	焦距为+36mm 的透镜, 钢座	牢固地固定在任何需要的位 置, 不管水平角和垂直角如 何。这些透镜可组成望远

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
60-654 \$ 4.00	1 件	焦距为 +167mm 的透镜, 钢座	镜、准直仪和说明书中介绍的其它光具组。
60-655 \$ 4.00	1 套	偏振片, 50mm ² 塑料架, 一套 二件	这套偏振片用来产生或检查偏振激光束。当激光束同时通过这两个偏振片时, 旋转其中之一亦可用来调节激光束强度。
60-656 \$ 2.50	1 套	彩色滤光片, 50mm ² , 塑料 架, 一套四件	滤光片分红、黄、绿和蓝四种颜色, 用来研究激光辐射的颜色特性。
60-657 \$ 2.50	1 件	扩 束 器 24mm × 13mm	平凸透镜。利用磁力把它安装在激光器输出孔外, 在几何光学实验中用来改变激光束截面, 从很小的光点到很窄的光束。
60-658 \$ 5.00	1 件	衍射镶嵌板 50mm ² , 塑料 架	它包括三个不同光栅常数的衍射光栅和四个双缝。
60-659 \$ 7.00	1 件	分 束 器 38mm × 25mm × 6mm	它是一块经过抛光并镀有介质膜的直角玻璃棱镜, 可把激光束分为两部分, 用来进行干涉研究。
60-660 \$ 1.00	2 件	涂有粘合剂的 磁性片	它是磁性支座的更换材料, 也可用来做其它实验中用的光学零件的常规支座。
60-661	1 件	空气薄膜, 尖	两块平整的玻璃板, 边缘绞

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
\$2.00		劈 50mm × 25mm	合在一起形成一个空气尖劈。当通以激光束就可研究说明薄膜干涉的条纹了。
60-662 \$1.00	1 件	Scotch-Lite 窄带, 50mm ²	它把激光束向光源方向反射, 在不利的照明条件下寻找激光束时用到。
60-663 \$1.00	2 件	单面剃刀	当它放在激光束光路中时, 锐利的刀口会产生边缘衍射花样和单缝干涉花样。
60-667 \$1.00	1 件	复制的衍射 光 栅, 13400 条/时, 50mm ² , 塑料架	此光栅刻得很密, 近于528条/毫米。它可使衍射花样分布的范围很宽。
60-668 \$7.50	1 件	旋转罗盘板	它是一个直径为9 cm、沿圆周刻有度数的圆钢板, 和目录号为60-744的罗盘装配在一起, 它以可调整光学零件和激光束之间的角度。
60-669 \$2.00	2 件	薄平面镜 10mm ²	一块质量很小的平面镜, 可以粘在振动物体上去反射激光束。这种装置可产生微小机械位移, 用在光学放大器结构中。
60-726 \$4.50	1 件	三角棱镜每边 长25mm	用磁力把它安装在旋转罗盘板上, 可研究激光偏转角跟

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
60-728 \$ 4.50	1 件	直角棱镜 26mm×38mm	入射角的函数关系。 平行的两底面也经抛光的玻璃板。用磁力把它安装在旋转罗盘板上来观察光的折射。
60-730 \$ 4.00	2 件	圆形陶瓷磁铁	圆形磁铁，直径为2cm，中心有一个直径为0.5cm的小孔。实验者用自己选择的光学元件，自行设计磁性座时用到它。
60-732 \$ 4.00	1 件	有螺纹的钢盒， 3/4"，每吋32个螺纹	它插在激光器的附件座中，能使棱镜和其它零件被磁力固定到激光器上。
60-736 \$ 0.20	2 件	玻璃板77mm× 26mm	这是显微镜的载玻片，用它来产生奇特的干涉花样。
60-740 \$ 0.50	1 件	一包重约2盎 司的油灰	不硬化且柔软，用来把光学零件以所需的角度粘在激光束光路中。
60-744 \$ 7.50	1 件	罗盘座 10cm×6.4cm	这是一个可用磁力固定的带有凹孔的零件载物架，用来安装60-668号的旋转罗盘板。
60-745 \$ 0.75	1 件	150mm长的刻 度尺	这是一根有细黑刻度线的塑料尺，以毫米和1/32吋为单位，它用来测量两个光学零件之间的距离和两干涉条纹

目录号 价 格	数量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
60-664 \$10.00	1 件	运载箱 (60-660)	之间的距离。 此运载箱带有衬垫的小隔 断，用来盛装上面所述的 60-600号仪器的全部零件。

**表 II 带有 ML-620 激光器的激光光学第
一套仪器：60-601**

60-601号整套仪器除了有60-600号仪器的全部零件外，
还包括下列仪器：

目录号 价 格	数量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
ML-620	1 件	72mm × 72mm × 240mm	功率为0.8mw、模为TEM ₀₀ 的BRH II级He-Ne激光器， 带有工作电压为105—125伏 (AC)的接地电源线。此 激光器有固体电路的可调直 流电源、可调附件座和固定 座（螺纹1/4" — 每吋20个螺 纹），它发出632.8nm的相 干光。
60-666 \$10.00	1 件	运载箱	此运载箱带有衬垫的小隔 断，用来盛装激光器和60- 601号整套仪器的全部零 件。（代替60-600号整套仪 器用的60-664号运载箱）

表 III 激光光学第二套仪器: 60-622

目录号 价 格	数 量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
60-132 \$ 40.00	1 件	带有万向接头 支座的平面镜 65mm × 65mm	万向接头支座直立在铝制基座上。平面镜能在水平和垂直平面内细调。在研究干涉现象时这种细调特别有用。
60-230 \$ 80.00	1 件	已校准的光度计	这是一只电池供电的光探测器, 由灵敏微安表和与之用电缆相连的灵敏硅光电池组成, 它包含一个固体集成电路放大器和一个内接头。由面板转换开关可选择 8 个量程来定量测定入射光强度。输出插孔可外接投影表头、音频放大系统或图示记录仪。它需要二节 9 伏晶体管收音机电池 (本仪器未提供)。
60-660 \$ 1.00	2 件	涂有粘合剂的 磁片	它能粘在万向接头支座的基座上, 使它固定在 60-648 号磁性基座的平台上。
60-666 \$ 10.00	1 件	运载箱/60-622	此运载箱有衬垫隔断, 盛装 60-622 整套零件。
60-746 \$ 7.00	1 件	Crofon 光导纤维, 长 2 米, 直径为 40 密耳	这是一根光导管, 允许激光束弯曲传播。
60-678	1 件	气体折射率测	用于在物理实验中测量空气

目录号 价 格	数量	项 目 名 称	描 述 和 用 途
\$ 50.00		试附件	和其它气体折射率的元件，它由三部分组成：一端是玻璃窗口，另一端前表面是反射镜的密闭容器；真空泵和带有真空压强显示器的压缩阀门。

(任鸿兴译，廖理几校)

实验设备备件的使用说明

在Metrologic仪器公司实验室内，工程师们在设计新型激光器及光学元件的过程中，为了他们工作方便，首先设计了一些临时性的磁性支座。这些支座对于安排实验以及在研究工作中使激光光学附件保持在适当角度上都是很有有效的，并能节约大量时间。因此自然也就将它们作为标准附件供应给学校和研究实验室了。工程师们称之为“磁性支座”，这名称是恰当的。

磁性支座由铬钢制成，其表面打磨得很粗糙，使入射光产生强烈的漫射，使用5mw的氦—氖激光器时，它所产生的反射，对于最敏感的眼睛，也完全不会造成损害。使用时它们安装在坚实的钢平台上。为了进一步减少不希望的反射，钢平台镀成黑色。

在实验中你可能会掌握如何使用这些支座的许多新的方法，这里仅仅提出一些建议，开始工作时这些建议可能是有益的。

A. 将透镜安装在U形元件支架上

透镜的安装应使支座的角伸出在支架的顶部及两侧。这样，在调整透镜位置时，容易握住支座的角。（图1）

B. 将发散透镜装在激光器的输出光孔上。

第一套激光仪器中包括有装在陶瓷磁铁上的透镜，有一个挑了螺纹的钢套，可以将磁体附着在激光器上，在磁性透



图 1

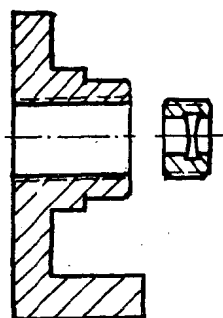


图 2

镜使用以前要将钢套拧到激光器的附件支座上(图 2)。

有些激光器具有钢质附件支座，并不需要过渡接头。有些则没有附件支座，在采用没有附件支座的激光器时，可将随同实验器材一起供应的磁带粘在激光器的外壳上通光孔附近(图 3)。

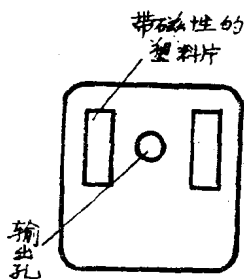


图 3

● 将扩束器装在激光器的出光孔上。

和发散透镜类似的扩束器装在圆形陶瓷磁铁上。这个透镜能使光束扩展成细线，通过转动透镜可使细线的取向随意