

# 加强光学教学与现代工程应用的联系\*

毛红敏 王晓丹 臧涛成

(苏州科技大学 江苏 苏州 215009)

(收稿日期:2017-02-09)

**摘要:**为实现高等教育培养创新创业人才的目标,以光学课程的课堂教学为例,分析了反射和折射理论在光纤通信、智能产品、生物检测等现代工程应用中的具体案例,展示了基础理论的多领域应用特性;通过课堂教学中理论和实践的联系,使学生重视基础理论的学习,同时提高学生利用理论知识分析问题、解决问题的能力,从而培养学生的创新能力,激发学生的创业精神.

**关键词:**大学物理教学 光学理论 工程应用

为适应从制造大国向创新强国的转变,国家对高等教育提出新的要求,培养具有创新能力和创业精神,善于将创新的理论成果转化为现实生产力的高素质人才<sup>[1]</sup>.但是,目前高等学校部分课程的课堂教学还不能适应创新创业人才的培养目标.例如,在光学课程教学中:

(1) 反射定律、折射定律、干涉、衍射和偏振等理论讲解的重点仅仅是向学生传输光学知识,不重视这些知识与现代工程应用的具体联系;

(2) 实验课程教学的重点在于单个理论或知识点的验证工作,如反射系数测量,光偏振态的检验<sup>[2]</sup>,双缝干涉和牛顿环等现象的观察,而基于光学理论开展的综合性、设计性实验较少.

光学理论和实验教学侧重于向学生单向输入知识,侧重于增加学生掌握知识的数量,这种教学模式忽视了培养学生输出知识的能力,即应用知识解决实际问题的能力.然而大学生毕业后进入实际岗位工作,大学时期学习的只有较少比例的基础理论能够直接应用到实践中,导致在学校认真做作业、考高分的学生较难在工作中展现出明显的优势.这种现象使部分学生认为大学学习的理论知识没有太多的实际用处,不重视学习.优化课堂教学内容,增加理

论知识在现代工程中应用的具体案例,使学生理解理论的基础性和在工程应用中的指导性地位,在此基础上,借助设计性实验培养学生运用基础理论解决实际问题的能力,从而实现高等教育培养创新型人才的目标.

本文以学生熟悉的反射和折射定律为例,介绍其在光纤通信、智能产品及生物检测等不同领域中的应用.

## 1 光的反射理论在现代工程中的应用

光的反射定律内容比较简单,使部分学生对反射定律在现代工程应用中的重要性认识不足,认为其主要应用是制造各种反射镜.事实上,目前仍然有很多看似复杂的工程技术问题可以利用反射理论进行解决.

### 1.1 反射理论在光通信工程中的应用

光纤通信在现代通信网络中起着举足轻重的作用,是各种信息传送的主要方式.如何测量一卷通信光缆的长度,如何确定地震等自然灾害引起海底光缆断裂的具体位置,如何检验成品光缆的损耗参数等,都是看似非常复杂的工程技术问题,然而基于光的反射原理设计制造的光时域反射计(OTDR)能

\* 教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会、中国高等学校实验物理教学研究会物理实验教学研究项目,项目编号:01-201601-36;校级重点专业(应用物理学)建设项目,项目编号:2013ZYXZ-08

作者简介:毛红敏(1976- ),女,博士,讲师,主要从事光电子技术及电磁波在介质中传播研究.

够方便地解决这些问题.

OTDR 基本结构<sup>[3]</sup>如图1所示,主要由激光器、控制系统、探测器、显示器和光纤耦合器构成,其基本原理是激光器输出光信号,通过耦合器进入待测光纤,光纤中的反射光通过耦合器进入探测器,再由控制系统和显示系统处理显示.

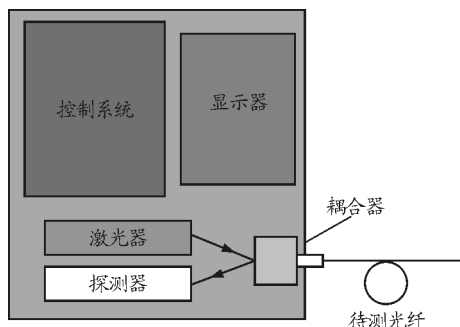


图1 OTDR 原理示意图

OTDR 测量光纤长度的原理曲线如图2所示, A 和 B 两个较强光信号, 分别对应于入射端和出射端的反射光信号.

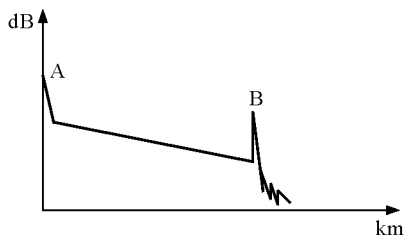


图2 OTDR 测量光纤长度原理图

因为在光纤始端,光从空气进入光纤,具有较强的反射光;在光纤末端,光从光纤进入空气,也具有较强的反射光.利用公式(1),根据接收到的末端反射光信号与发射光信号的时间差  $\Delta t$ ,即可计算出光纤的长度.

$$L = \frac{\Delta t \cdot c}{2n} \quad (1)$$

式(1)中  $n$  是待测光纤的折射率,  $c$  是光在真空中的速度.基于光的反射原理设计制造的 OTDR,只需要利用光纤的1个端口进行光信号的输入,就能够快捷方便地测量光纤长度,确定光纤断裂点的位置.

图3为国产 OTDR 仪器的实物图,光学系统结合控制和显示系统,能够得到通信光路中光缆的更多参数信息,如光缆的损耗和光缆通道中各种连接

方式等参数.



图3 国产 OTDR 仪器图

## 1.2 反射理论在半导体激光器光路中的应用

半导体激光二极管对温度非常敏感,其输出功率随温度的变化会发生较大幅度的波动.因此,在半导体激光器中需要有温度控制系统或功率控制系统对其输出功率进行调控.如图4所示的功率控制系统,需从激光二极管的输出光路中分离出部分能量用于反馈.利用玻璃和空气界面光的反射,在输出光路中放置一片平板玻璃,能够方便地分离部分光能量,提供给探测反馈系统,实现半导体激光器功率的稳定输出.

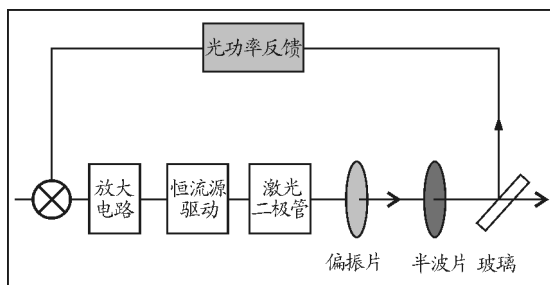


图4 半导体激光器功率控制模块原理图

## 2 光折射理论在现代工程中的应用

透镜是利用折射定律制造的典型光学元件,应用领域广泛,传统应用包括望远镜、照相机、显微镜和投影仪等典型光学系统.目前,车载摄像记录仪、小区监控摄像机、视频门禁对讲机、智能手机、无人机及智能家居控制系统等迅速发展的新型产业,都与透镜光路系统紧密联系.另外,棱镜和柱面透镜在工程技术领域也得到广泛应用.

### 2.1 棱镜在指纹识别系统的应用

光学式指纹识别系统在指纹考勤机,指纹锁及考试身份识别机领域得到广泛应用.图5为光学指

纹识别原理图,光从光源射向三棱镜,棱镜底面指纹凹陷处,光线被全反射,指纹凸起处由于油脂和汗液与棱镜接触,光线被散射.光学器件收集到全反射和散射的光,再通过成像系统成像在传感器上,由信息控制系统进行处理,生成一副高对比度的黑白图像与原有图像进行对比判断.

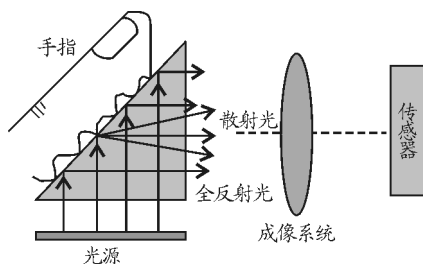


图5 光学指纹识别原理图

## 2.2 柱面透镜原理及在流式细胞仪的应用

光学系统不仅仅在信息领域发挥着重要作用,在生物、医学等领域也有广泛的应用空间.

### 2.2.1 柱面透镜成像原理

大学仍然是以圆透镜为主进行理论的讲解,而由一个平面和一个柱面构成的柱面透镜,在光学系统中广泛应用.柱面透镜的基本原理仍然是光的折射定律.图6所示的平凸柱面透镜只在与轴垂直的方向(屈光力子午线方向)聚焦而与轴平行的方向(轴向子午线方向)没有聚焦功能<sup>[4]</sup>.图6(a)所示光线沿屈光力子午线方向通过柱面透镜时,会出现聚散度的改变,图6(b)中光线沿轴向子午线方向通过柱面透镜时不会出现聚散度的改变.把两个柱面透镜垂直方向放置,能根据需要获得长短轴不同比例的椭圆光斑.

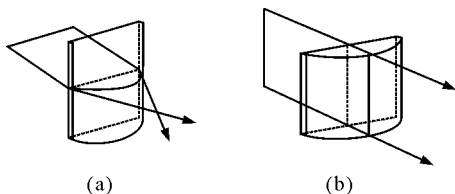


图6 光线通过柱面透镜传播原理图

### 2.2.2 柱面透镜在流式细胞仪的应用

流式细胞仪是对细胞进行自动分析和分选的装置,可以快速测量、存贮、显示悬浮在液体中的分散细胞的特征参量<sup>[5]</sup>,利用流式细胞仪对生物医学细

胞进行检测,需要长短轴特定比例的椭圆光斑,照射到待测细胞上.激光二极管发出的光斑形状很难直接满足测量的要求,实际应用中,在光的传播光路中放置柱面透镜对光斑形状进行整形.如图7所示为流式细胞仪的光路部分示意图,半导体激光器发出的光束经透镜进行会聚后,再由柱面透镜系统整形为特定比例的椭圆光斑.根据椭圆光斑参数的需要,选择合适的柱透镜参数及位置,能够实现特定形状椭圆光斑参数的要求.

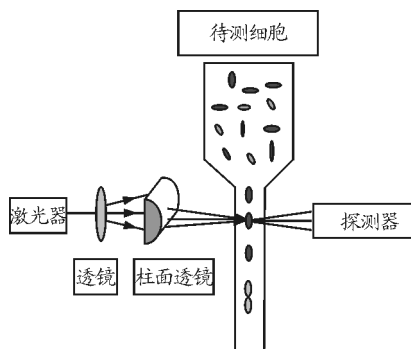


图7 流式细胞仪光路示意图

## 3 结论

反射和折射定律及其在不同方面的工程应用表明基础理论是相对固定的,但基础理论的应用是多领域的;基础理论的创新是比较困难的,但基础理论在应用领域的创新却是每位同学通过努力能够实现的.因此,教师在课堂教学过程中,讲解理论之前提出问题,让学生思考理论在实际中如何得到应用,理论讲完之后结合实例分析理论的具体应用.课堂教学既重视基础理论的讲解,也与时俱进,把基础理论与现代工程应用结合起来,使学生感受到理论的实际价值,激发学生学习的主动性和能动性.在课堂教学过程中,通过提高学生的学习热情,优化学生的思维方式,培养学生的创新能力,使在学校认真学习、积极思考的优秀学生,充满自信的离开大学校园,在工作岗位上展现出优秀的工作实力.

### 参考文献

- 1 李孟歆,栾方军,刘剑,等.高等学校创新创业人才培养模式探索与实践.教育教学论坛,2015,51(12):118 ~ 119

(下转第23页)

## 参考文献

- 1 林抒, 龚镇雄. 普通物理实验. 北京: 人民教育出版社, 1981. 328 ~ 332
- 2 周殿清. 普通物理实验教程. 武汉: 武汉大学出版社, 2005. 98 ~ 104
- 3 褚圣麟. 原子物理学. 北京: 高等教育出版社, 1979. 42 ~ 61
- 4 H·哈肯, H·C·沃尔夫, 著. 原子与量子物理学. 刘歧元, 译. 北京: 科学出版社, 1993. 241 ~ 243
- 5 郭奕玲. 斯特恩-盖拉赫实验, 大学物理, 1984, 3(10): 27 ~ 30
- 6 宁长春, 汪亚平, 胡海冰, 等. 斯特恩-盖拉赫实验历史概述. 大学物理, 2016, 35(3): 43 ~ 49
- 7 吴榕生. 斯特恩-盖拉赫实验中原子受力的分析. 大学物理, 1986(2): 5 ~ 7
- 8 郭大钧. 大学数学手册. 济南: 山东科学技术出版社, 1985. 70 ~ 73

## A Geometric Lemma and the Equivalent Linear Fixed Point of Parabolic Deflection

Zhou Guoquan

(School of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430072)

**Abstract:** The existence and specific properties of the equivalent linear fixed points, for the parabolic deflection about the moving path of a point charge in a uniform electric field, and an atom with magnetic moment in a non-uniform magnetic field, were thrown light on, and a unified deflection formula was also deduced.

**Key words:** parabola; electric deflection; magnetic deflection; fixed point; Stern - Gerlach experiment; deflection formula

(上接第 19 页)

- 2 刘建一, 王旒菡, 李思嘉, 等. 多能功偏振光演示仪在教学中的应用. 物理实验, 2014, 34(10): 41 ~ 44
- 3 秦双华. OTDR 测试原理与常见测试曲线简析. 有线电视技术, 2012(3): 110 ~ 113
- 4 胡玉禧. 应用光学(第 2 版). 合肥: 中国科技大学出版社, 2009. 222 ~ 223
- 5 赵书涛, 武晓东, 王策, 等. 流式细胞仪的原理、应用及最新进展. 现代生物医学进展, 2011, 11(22): 4 378 ~ 4 381

## Strengthening the Connection of Optical Teaching and the Modern Engineering Application

Mao Hongmin Wang Xiaodan Zang Taocheng

(Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215009)

**Abstract:** In order to realize the goal of cultivating innovative talents in higher education, the optical reflection and refraction theories are analyzed in modern engineering applications, such as optical fiber communication, intelligent products and biological detection, etc. These concrete cases show that the basic theory is used in multiple industries. These examples enable the students recognize the importance of the basic theory, and promote the students to analyze and solve problems with the theory knowledge. So it is achieved to cultivate students' innovation ability and arouse their entrepreneurial spirit.

**Key words:** college physics teaching; optical theory; engineering application