

Practice advances optics to the turning—New progress in the optical experiments

Facheng-Yang, Yunfei-Yang

Experimental testing institute, Kalamayi xingjiang

Email: yangfacheng2006@163.com

Abstract

Optical experiments, using 0.65um wavelength red laser irradiation with different aperture such as 0.08mm, 0.20mm, 0.30mm have different number of holes, rings, carefully observe the video and photos, found that the number of optical images with diameter 0.20 mm and 0.30 mm of the central lines is much more than the pore size of 0.08 mm. In the next experiment, the laser was irradiated with a hole of 0.12 mm, and a small hole in the carbon nanotube material was made of viscose, demonstrating that only one spot without a ring appeared on the viewing screen. Therefore, in practice, the small aperture diffraction or light diffraction of light is closely related to the material directly involved with light.

Keywords

Laser; Aperture diffraction; Elliptical Kong Yanshe; Carbon nanotube

Subject Areas Math & Physics**实践将光学推向拐弯处——光学实验新进展**

杨发成, 杨云飞

实验检测研究院, 新疆 克拉玛依市

Email: yangfacheng2006@163.com

收稿日期: 2017年9月6日; 发布日期: 2017年9月7日

摘要

光学实验中, 使用波长为0.65um 红色激光照射不同孔径如0.08mm、0.20mm、0.30mm小孔, 得到环纹数量不同, 仔细观察视频及照片, 发现孔径0.20 mm、0.30 mm的光学图片中环纹数量比孔径0.08 mm的多很多。接下来的实验里, 用激光照射被粘胶有“碳纳米管”材料、孔径0.12 mm的小孔, 演示观察屏上只出现一个没有环纹的孤斑。所以从实践中感悟, 光的小孔衍射或光的衍射现象跟光直接发生作用的材料密切相关。

关键词

激光器; 小孔衍射; 椭圆孔衍射; 碳纳米管

1. 引言

光学实验过程中, 作者仔细观察光屏发现, 直径分别为 0.20 mm、0.30 mm 的圆孔(光)衍射环纹数量远比孔径 0.08 mm 的多, 详细研究光屏照片及 CCD 成像照片, 情况相同, 不过 CCD 像片更为清晰。作者除对已知领域的虔诚及未知领域的好奇外, 还发生在多年前教学中的一次学生提问。当年(2011), 学校安排我讲高三物理课, 在讲解《物理选修 3-4》时, 有几位学生向我提问。大意是: 老师, 按照波动理论【见附件 1】, 只有在小孔或狭缝的几何线度等于或小于波长情况下衍射才能够发生, 这是你亲口讲的; 那么, 请你算一算, 狭缝的宽度【见附件 2】是光波长的多少倍, 难道《光学》里的波衍射是例外吗? 这一问, 还真有些让我下不了(讲)

台。为了挽回点面子，不得不翻开教材嚷嚷道，专家编写的，难道有错吗？不好好学习，高考你们还要不要分数？！其实，我心是虚的。为了不再在教学中现丑，查阅了大量资料，也思考了很多，但做的工作仍微不足道。现归纳如下：

一，实验测得红光波长约 650 纳米 (nm)；经螺旋测微仪（又称千分尺）测得小圆孔的孔径分别为 $0.08 \times 10^6 \text{ nm}$ 、 $0.20 \times 10^6 \text{ nm}$ 、 $0.30 \times 10^6 \text{ nm}$ ；孔径与波长的比值分别为 $0.08 \times 10^6 / 650 = 123.1$ 、 $0.20 \times 10^6 / 650 = 307.7$ 、 $0.30 \times 10^6 / 650 = 461.5$ 。即便宽度为 0.02 mm 狭缝衍射，缝的宽度也是红光波长的 $0.02 \times 10^6 / 650 = 30.8$ 倍【见附件 2】。当缝宽继续调小至零之前，光屏上只会呈献一片“光雾”。

二，将圆孔衍射屏的小孔边缘均匀（胶粘）涂层碳纳米管——对可见光波段吸收率超过 99%，再用激光照射小孔，像屏上只出现一个没有环纹的孤斑。本实验结果皆经多次重复，无一例外。

三，作者对实验设备如小孔、单缝、双缝等做了详尽考查、检测及波长^[1]测算，均没发现有异常情况；又查阅了相关文献资料如《物理演示实验教程》^[2]，即有衍射屏孔径 0.20mm、0.50mm 的数据信息。其它教程、文献资料等^[3-5]，均没具体数据而含糊不清。

四、从实践中“隐约”感悟到，光的传统波动论或真有可能出了问题！或真实的光波理论、“波-粒”理论正等待人们去深入思考和探索。

2. 实践及现象

2.1. 实验时间、地点和目的

实验时间： 2014 年 3 月 11 日下午，星期二；天气：多云，室温 23℃。

实验地点： 中国新疆 克拉玛依市 实验检测研究院。

实验人员： 杨发成，杨云飞（助手）。

实验目的： 分别使用不同孔径的衍射屏及椭圆孔衍射屏做光衍射实验，达到像屏“明-暗”相间环纹数不同的目的，且椭圆孔衍射纹理不是闭合态椭圆；用激光照射经“碳纳米管”涂层的小圆孔，像屏出现一小亮斑，没有明-暗相间的衍射环纹。

2.2. 实验设备

1. 小圆孔衍射屏：三张平直正方形金属薄板，规格 30.0 mm×30.0mm，板厚 0.2mm。三块薄板上各开有一小圆孔，孔径分别为 0.08 mm、0.20 mm、0.30 mm；另添加一个小圆孔为经碳纳米管涂层的小圆孔屏。

2. 现象观察：光屏或观察接收屏或毛玻璃观察屏，数码照相机或摄像机。

3. 光源：红色激光，波长约 650 nm = 6500 Å，频率约 4.50×10^{14} HZ。

4. 光具座：衍射屏与光屏相距 1.0 m~1.50 m，与扩束镜相距 0.15 m~0.20 m，与摄像机相距 0.15 m~0.25 m。

5. 衍射屏调节器：衍射屏垂直于激光束传播方向，调节孔屏，使激光束光斑完全覆盖（照射）小孔。

2.3. 实验步骤

1、本实验系统原理是：调节器将调节不同孔径的小孔衍射屏，使红色激光垂直通过小孔、椭圆孔，并同时打开照相机；视频录像 3~5 分钟后移走照相机。比较视频图象和演示观察屏上的环纹数量及分布规律。

2、实验仪结构及功能：如图1所示，在图1(a)中的光具座上，相关元件自左向右依次排序是：1). 半导体激光器或激光笔，输出高纯态红色激光束；2). 扩束镜，用于扩展较细激光光束及调整光强作用；3). 实验操作平台及转动手轮；4). 摄像或照相机。光源、扩束镜、照相机镜头在同一直线上，镜头可以左右微调，使它正对着光学元件。图1(b)为两块硅基板碳纳米管阵列。

*说明：因大多数光学元件属自制，很难装置于实验室的干涉仪里，所以，实验使用自制实验仪。使用干涉仪也可以【见附件3】，效果相同，但是，光学元件更换、操作较麻烦。

3、具体操作：使用经扩束镜扩束后的激光束，以避免光强度不均匀对实验的干扰。

4、调焦距，使相机自W（广角）向着T（长焦）功能进展。以减少系统误差，至图象清晰为止。

5、用厚度 $D=0.2\text{mm}$ 金属板若干，制做三个不同孔径圆孔衍射屏和椭圆孔衍射屏，实验过程中观察像屏上出现的现象，同时开机拍摄视频录像。



图1. 实验设备及器材 (a) 实验仪， (b) 超黑材料

3.实验结果

3.1.小孔实验

我们观察到孔径 0.08 mm 时的实验现象，像屏上有四条亮环纹，如图2(a)所示。图2(b)为照相机镜头对着从衍射屏小孔里射来的光线拍摄照片。用肉眼对着光孔观察，金红色的光圈非常震撼。*注意，一定要用扩束镜将光强度调小至不伤眼睛方可。

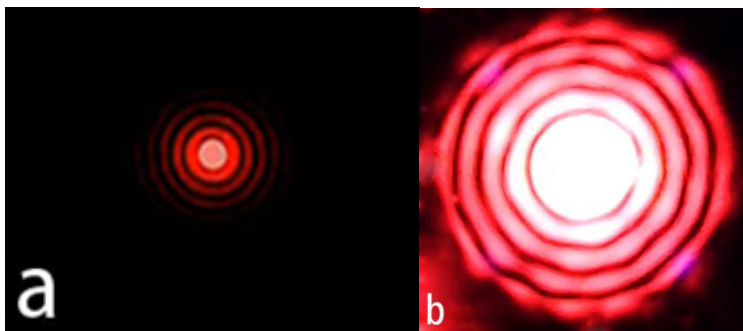


图2. 小孔衍射照片 (a) 孔径 0.08 mm 光屏成像， (b) 0.08 mm 孔径的CCD成像

摄像机镜头对不同孔径衍射屏小孔传播而来的光线实施拍摄，结果发现，小圆孔的孔径越大，环纹数量越多，如图 3 (a) 和 3 (b) 所示。

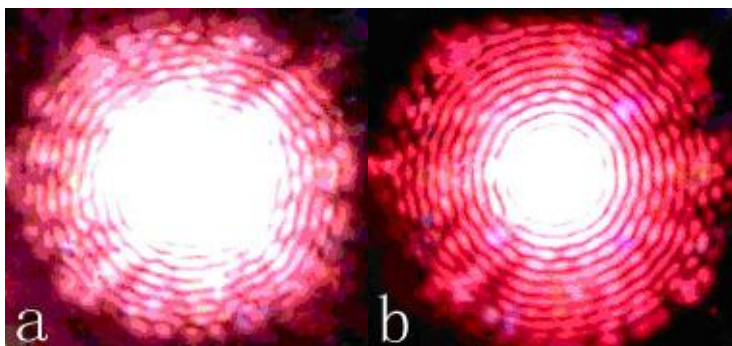


图 3. 不同孔径小孔衍射 CCD 成像 (a) 孔径 0.20mm 照片, (b) 孔径 0.30mm 照片

3.2. 椭圆孔衍射实验

椭圆孔衍射屏：平直正方形金属薄板一块，边长分别约 30.0 mm × 40.0 mm，板厚 0.2mm。薄板上开一椭圆小孔，椭孔长、短轴分别为 0.45mm 和 0.32mm，【见附件 3】。

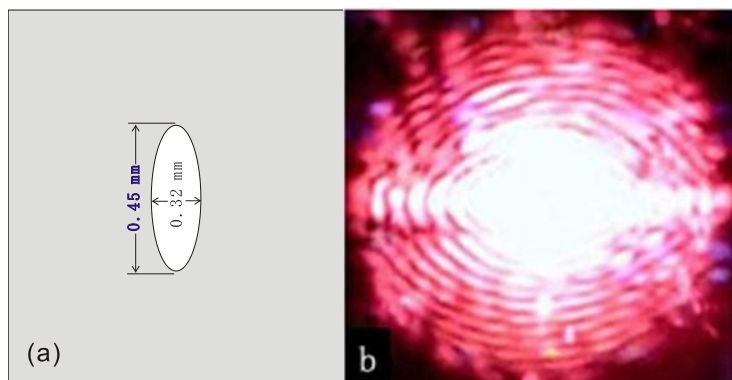


图 4. 椭圆孔衍射实验 (a) 椭圆孔几何尺寸, (b) CCD 成像照片

3.1. 超黑小圆孔实验

2013 年冬，经上海交大范同祥教授引荐，2014-03-03 于清华大学物理系、清华-富士康纳米科技研究中心购得对可见光波段吸收率超过 99% 的硅基板碳纳米管阵列，材料规格 20.0 mm × 10.0mm。将本实验得到环纹数量最多、孔径为 0.30mm 小圆孔边缘匀涂粘胶，填充适量碳纳米管，待两小时或足够时间干燥后，用直径约 0.10mm 针尖旋转穿刺小孔。尔后，使激光垂直照射小孔，演示观察屏或摄像机镜头里只出现一个没有环纹的孤斑，如图 5 所示。图 5 (a) 为演示观察屏（光屏）亮斑；图 5 (b) 中，亮斑周围的雾态光点为碳纳米管壁对光的散射干扰。

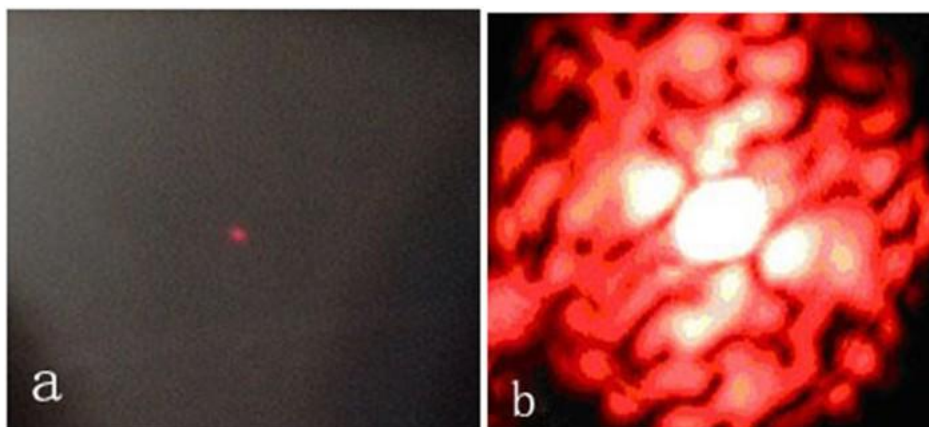


图 5. 超黑孔屏光学实验 (a) 演示观察屏成像, (b) CCD 成像照片

4.结束语

我们可使用不同规格、不同光学性能的特殊材料和激光器做系列光学实验,为探索光的本性做些积极工作。

附件 1:

图 6 (a) 为介质波的传播及衍射示意图, 6 (b) 为介质波的传播、衍射理论简介, 6 (c) 为光的波动理论。摘自: 人教版《物理学》, 中等师范学校课本。

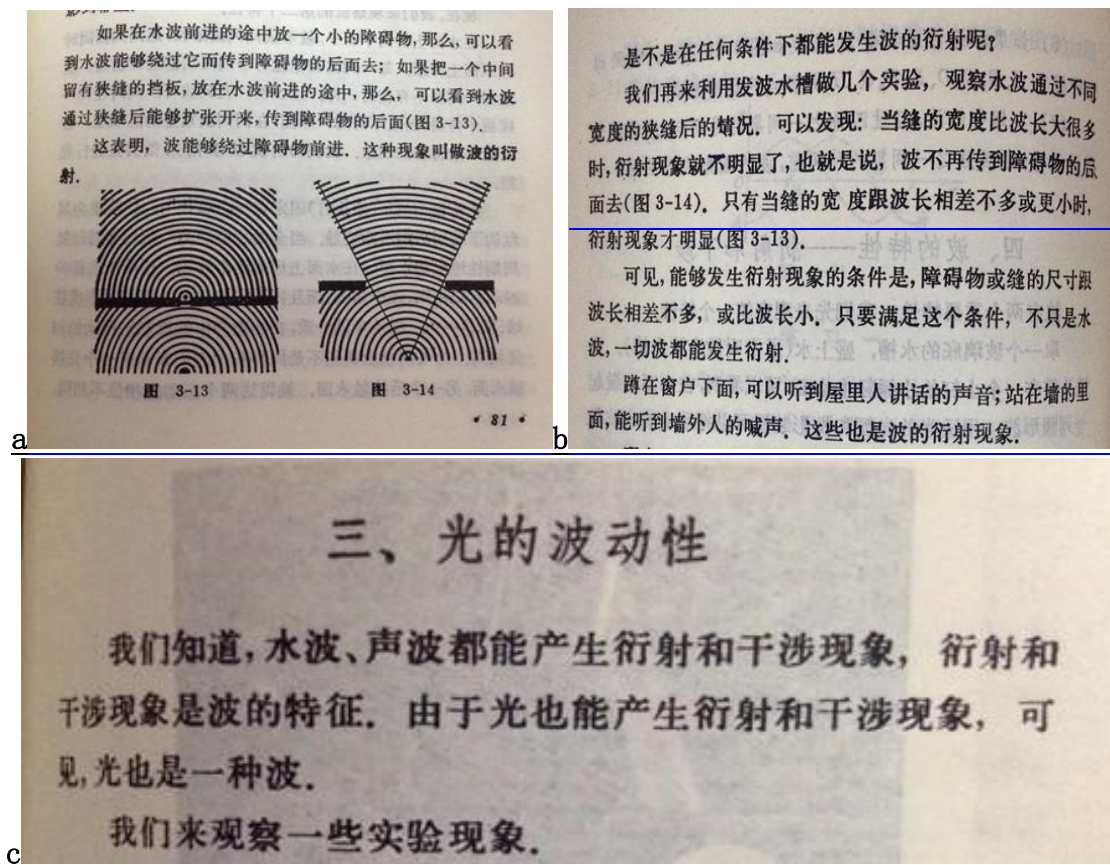


图 6. 波的传播、衍射示意图

附件 2:

图 7 为不同宽度的狭缝衍射图示。在图 7 (d) 中，缝宽为 0.02mm，经计算，缝的宽度是红光波长的 30.8 倍。当狭缝宽度继续调小，一级亮纹（图示中绿色阿拉伯数字“1”标示）将移出光屏，光屏上只剩下中央明纹的扩展态——光雾。*注：图 7 中实为一系列与狭缝垂直的明暗相间的光斑^[2]。当激光经过扩束镜扩束后照射狭缝时，观察屏上显示出平行于狭缝的明暗相间的条纹，如图 8 (a) 所示。8 (b) 为没使用扩束镜的单缝衍射。

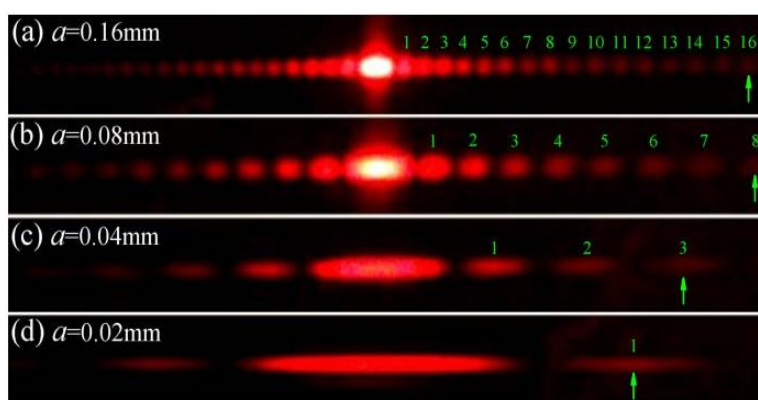

<http://prep.istic.ac.cn>
图 3: 单缝衍射的实验结果，随着狭缝宽度 a 的较小，同一级衍射极大的衍射角不断加大。

图 7. (图片来源: 国家科技图书文献中心《预印本》, 作者 黄秀清 教授)

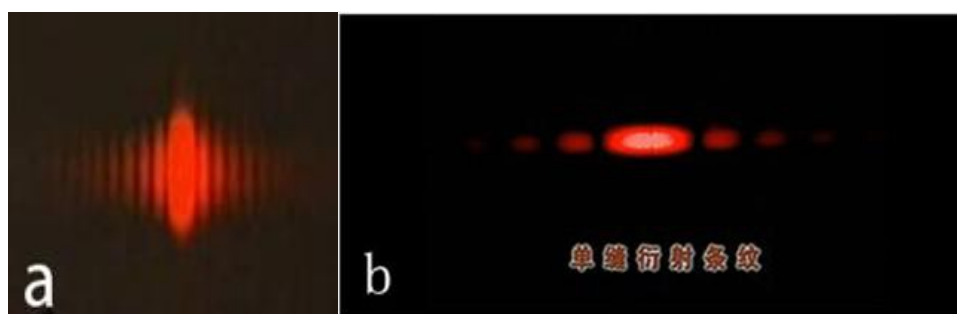


图 8. 单缝衍射 (a) 经过扩束镜扩束后的单缝衍射, (b) 没使用扩束镜的单缝衍射

附件 3:

图 9 为 30 倍放大镜下的系列照片。图 9 (a) 中的椭圆“黑点”，即是本文中图 4 (a) 里实验时使用的椭圆孔；图 9 (b) 为垂直椭圆孔长轴方向放置的、直径 $D=0.3\text{mm}$ 银针与椭孔的对比照片；从图片中显示，银针直径小于椭圆孔长轴约 0.15 mm，照片右侧白色为放大镜照明灯的散射光。图 9 (c) 为干涉实验仪。

*附：换算单位， $1.0\text{m}=1.0\times 10^3\text{mm}=1.0\times 10^6\text{um}=1.0\times 10^9\text{nm}=1.0\times 10^{10}\text{Å}$ ；米(m)、毫米(mm)、微米(um)、纳米(nm)、埃(Å)。

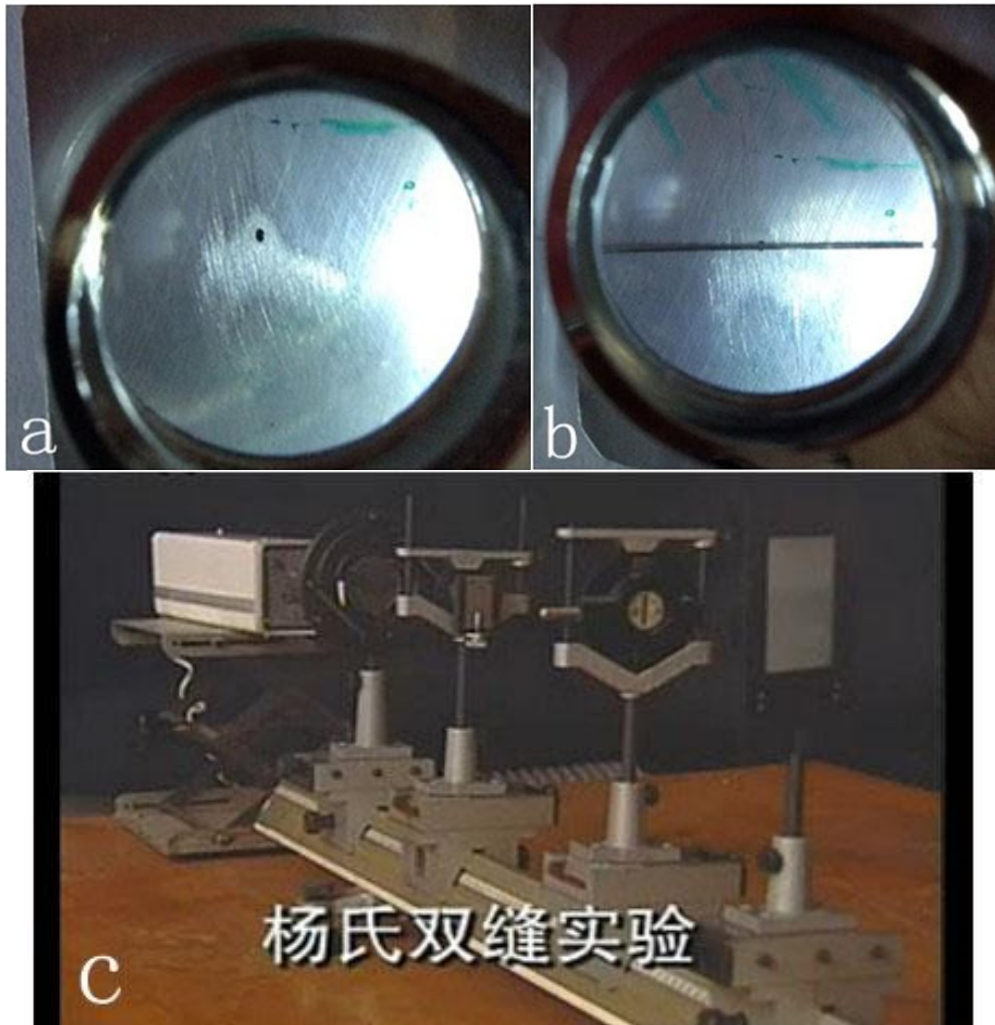


图9. 椭圆孔衍射屏照片 (a) 椭圆孔照片, (b) 银针与椭孔的对比照片, (c) 干涉仪

参考文献(References)

- [1]阎金铎, 张计怀, 窦国兴 编 物理学[M]北京: 人民教育出版社, 1998.
- [2]沈黄晋 主编 物理演示实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [3]赵凯华, 钟锡华, 光学(下册)[M]. 北京: 北京大学出版社, 1984.
- [4]Max Born and Emil Wolf . *Principles of Optics* [M], Pergamon Press, 1975 .
- [5]程守洙, 江之永 编 普通物理学[M]北京: 高等教育出版社, 1979.