

光发生明显衍射的实验探究与分析

唐大旺

(六盘水市第八中学 贵州 六盘水 553004)

(收稿日期:2019-05-28)

摘要:用市售激光笔发出的红色激光和蓝色激光作为照射光,对不同尺寸的圆屏、圆孔及单缝的衍射现象进行分析,给出光发生明显衍射的条件,并由此指出过去和现行不同版本的高中物理教材对光发生明显衍射条件表述的不恰当之处.

关键词:明显衍射 实验探究 圆屏衍射 圆孔衍射 单缝衍射

关于光的衍射,在过去及现行不同版本的高中物理教材^[1~4]都有这样或类似的表述:当障碍物(或孔、缝)的尺寸比光的波长大多时,衍射效果不明显;只有当障碍物(或孔、缝)的尺寸跟光的波长相差不大或比波长小时,光才会发生明显衍射.但我们发现这与实际情况不相吻合,甚至差别很大.为此,本文通过实验对光的衍射进行探究与分析,以期加深对光发生明显衍射条件的认识和理解,并与同行们探讨.

1 实验过程与实验现象

1.1 主要器材准备或制作

(1)市售红色激光笔1支(激光中心波长约632.8 nm),市售蓝色激光笔1支(激光中心波长约459.0 nm);

(2)50分度游标卡尺1把(相当于宽度可调的单缝);

(3)8 cm×8 cm透明平板玻璃1块(用黑色签字笔在其上点上直径不同的若干个小圆点,相当于直径不同的圆屏);

(4)8 cm×8 cm漆黑平板玻璃1块(用小刀片在其上刮出直径不同的若干个透光圆形小孔,相当于直径不同的圆孔);

(5) $\phi 30$ mm扩束透镜1只(可将细束激光扩束), $\phi 80$ mm凸透镜1只(可将扩束后的激光变成平

行光);

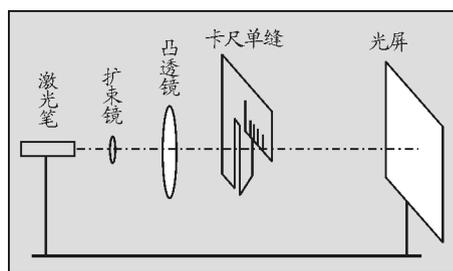
(6)10 cm×10 cm白屏1块(也可用白色墙壁代替);

(7)铁架台1个,光学支座若干.

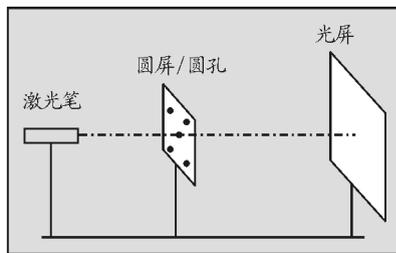
同时,自备智能手机1部,便于获取图片.

1.2 光路设计

如图1所示,单缝衍射用平行光束照射,而圆屏衍射或圆孔衍射直接用激光笔发出的细束光束照射.安装时注意调整各原件中心等高,并与水平激光束共线.



(a) 单缝衍射



(b) 圆屏/圆孔衍射

图1 实验光路

各元件主截面与水平激光束垂直,扩束镜位于

凸透镜的焦点位置,单缝、圆屏或圆孔与光屏之间的距离约为1 m.

整个实验过程在光线相对较暗的房间里进行.让激光束通过单缝、圆屏或圆孔照射到光屏上,调节单缝宽度在0.05 mm~1.00 mm之间变化或更换直径不同的圆屏及圆孔.

表1 障碍物尺寸 δ 与照射光波长 λ 以及相应的衍射情况对照

λ/nm	δ/nm	$\frac{\delta}{\lambda}$	衍射情况	λ/nm	δ/nm	$\frac{\delta}{\lambda}$	衍射情况		
632.8 (红色光)	单缝	0.05	79	比较明显	458.6 (蓝色光)	单缝	0.05	109	比较明显
		0.5	790	特别明显			0.5	1 090	比较明显
		1.0	1 580	直线传播			1.0	2 181	直线传播
	圆孔	0.05	79	零星斑点		圆孔	0.05	109	比较明显
		0.5	790	特别明显			0.5	1 090	比较明显
		1.0	1 580	直线传播			1.0	2 181	直线传播
	圆屏	0.05	79	一片红光		圆屏	0.05	109	一片蓝光
		0.5	790	特别明显			0.5	1 090	比较明显
		1.0	1 580	直线传播			1.0	2 181	直线传播

从表1中数据和衍射情况及图2的衍射图样可以得出:

(1) 对于单缝衍射或圆孔衍射,当缝或孔的尺寸约是照射光波长的几十倍到几百倍时,衍射效果很明显.

(2) 对于圆屏衍射,当屏的直径在照射光波长的几百倍以下时,衍射效果很明显.

(3) 当单缝、圆孔、圆屏的尺寸大于照射光波长的1 000倍以上时,光主要体现为直线传播.

2 实验结果说明

文献[5]中关于孔、缝限度数量级与衍射效果关系界定是这样表述的:

$\rho \approx 10^3\lambda$ 以上,衍射效果不明显;

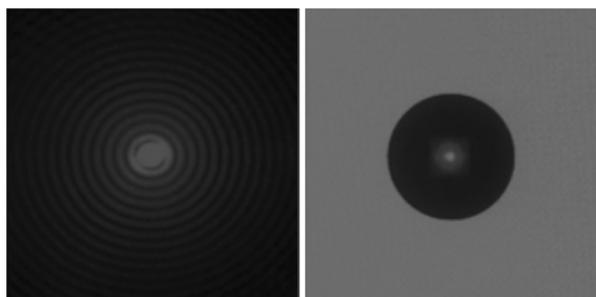
$\rho \approx 10^3\lambda \sim 10\lambda$,衍射效果明显;

$\rho \approx 10\lambda$,向散射过渡.

显然,这一界定与我们的实验结果是比较吻合的.

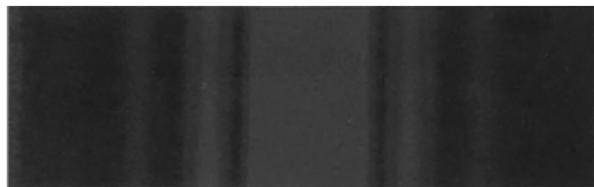
根据实验结果与文献[5]的这一界定可以说明

(下转第122页)

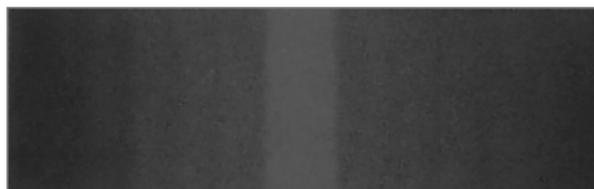


(a) 红色光圆孔衍射

(b) 红色光圆屏衍射



(c) 红色光单缝衍射



(d) 蓝色光单缝衍射

图2 衍射图样

$$U = \frac{nf_2}{K_J} \quad (10)$$

$$R = \frac{R_K}{i} \quad (11)$$

其中, n 和 i 为整数, f_1 和 f_2 分别是约瑟夫森电压的测量频率, K_J 为约瑟夫森常量, R_K 为克里青常量.

将式(9)、(10)、(11)代入式(8)中, 得出

$$m = \frac{n^2 f_1 f_2 i}{4g\nu} h \quad (12)$$

由此, 就将质量与普朗克常量联系起来, 实现了用物理常量定义质量单位.

4 结论

新定义的复现方式是利用瓦特天平测量普朗克常量, 其中电压的测量与电阻的测量分别基于国际电压基准和量子化电阻标准. 以机械功率和电功率的关系将质量与普朗克常量相关, 实现用普朗克常

(上接第 115 页)

两个问题:

(1) 现行及过去的各个版本的高中物理教材中关于光是否发生明显衍射的表述是不客观的, 甚至是错误的.

(2) 当孔、缝的尺寸大约为照射光波长的几十倍到几百倍或屏的尺寸大约为照射光波长的几百倍时, 能够发生明显衍射. 这可认为是光发生明显衍射的条件.

3 结束语与讨论

光波属于电磁波. 对于电磁波发生明显衍射的条件, 不能简单地模仿机械波, 而要根据不同波段具体分析. 有几点值得商榷讨论:

(1) 在无线电波、微波范畴的电磁波, 其波长与机械波相当. 因此, 这一范畴的电磁波, 发生明显衍射的条件可参照机械波.

(2) 对于可见光波, 其波长已经比机械波小得

量定义千克. 千克定义的更新影响着教学领域、测量领域、科技领域, 对大众的科学素养的提高也有着广泛的意义.

参考文献

- 1 沈乃激. 质量单位千克定义的历史、现状和发展趋势[J]. 物理, 2014, 43(09): 606 ~ 612
- 2 国际单位制迎来历史性变革“千克”等4项基本单位被重新定义[J]. 计量与测试技术, 2018, 45(11): 123 ~ 124
- 3 冯杰. 大学物理专题研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011. 61 ~ 62
- 4 任孝平, 蔡常青, 张跃, 等. 质量单位重新定义后的量值传递研究[J]. 中国计量, 2016(09): 77 ~ 78
- 5 朱星, David B. Newell. 采用自然恒量的新国际单位制[J]. 物理, 2014, 43(07): 468 ~ 469
- 6 沈乃激. 计量学与基本物理常数质量单位千克重新定义的方案(一)[J]. 中国计量, 2012(11): 54 ~ 56
- 7 李正坤, 张钟华, 鲁云峰, 等. 能量天平及千克单位重新定义研究进展[J]. 物理学报, 2018, 67(16): 68 ~ 81

很多, 故机械波发生明显衍射条件不能简单迁移使用.

(3) 波长越短的电磁波, 要发生明显衍射, 必须使障碍物(孔、缝、屏)的尺寸比波长大得越多.

致谢: 本文的完成得助于安顺学院黄绍书教授的悉心指导和提出宝贵的修改意见, 再此真诚感谢.

参考文献

- 1 高级中学课本物理第二册(必修)[M]. 北京: 人民教育出版社, 1990. 230 ~ 232
- 2 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·选修3-4[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010. 59 ~ 60
- 3 束炳如, 何瑞伟. 普通高中课程标准实验教科书物理·选修3-4[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2007. 83 ~ 85
- 4 廖伯琴. 普通高中课程标准实验教科书物理·选修3-4[M]. 山东: 山东科学技术出版社, 2011. 100 ~ 102
- 5 赵凯华. 新概念物理教程光学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. 163 ~ 166