

光盘上的折射 衍射 偏振实验

鲁 斌

(浙江省余姚中学 浙江 宁波 315400)

(收稿日期:2021-07-11)

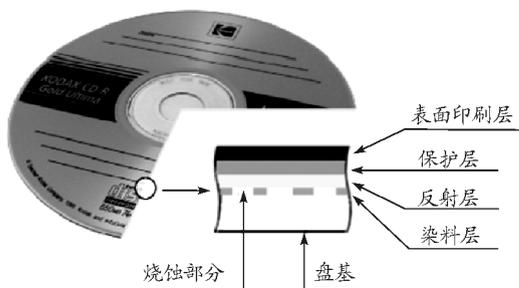
摘要:介绍了在光盘上完成光的折射、衍射、偏振实验的方法,测量了光盘基板折射率、光道间距等数据,比较了空白和非空白光盘对于偏振实验的影响。

关键词:光盘 折射 衍射 偏振

在高中物理课堂中,涉及的光学内容较为丰富,例如光的反射、折射、干涉、衍射、偏振等.笔者尝试用生活中常见的光盘进行课堂演示实验,有利于增加课堂的趣味性并引导学生充分理解光学现象的物理内涵.

1 CD-R 光盘的结构

如图1所示,CD-R光盘是由基板(基盘)、染料层、反射层、保护层、印刷层组成.其中,基板由PC(树脂)材料构成,染料层厚度约100 nm.



◎ 刻录盘轴向剖面局部放大图

图1 CD-R光盘的结构

如图2所示,CD光盘的2个相邻螺旋光道的间距约为 $1.5\mu\text{m}$ ^[1].这种存储元件主要依靠其信息存储层上的“凹坑”结构进行信息的记录与存储.当此光盘在进行烧录时,激光就会对在基板上涂的有机染料进行烧录,直接烧录成一个接一个的“坑”,这样有“坑”和没有“坑”的状态就形成了“0”和“1”的信号.这一连串的“0”“1”信息,就组成了二进制代码,从而表示特定的数据.

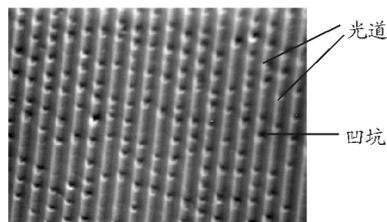


图2 光道和凹坑

2 光盘上的折射实验

由于基板由PC材料构成,可透光,又具有厚度,则可将侧面为界面进行折射实验.

2.1 折射率的测量

如图3所示,光从左后侧进入光盘后发生折射.入射光、反射光、折射光都很清晰,反射光能够在界面进行多次折射与反射.我们挑选一个较为特殊的位置,即3条反射光构成一个正三角形.经过测量,入射角 $i=50.1^\circ$,折射角 $r=30.0^\circ$.根据折射定律

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = 1.534$$

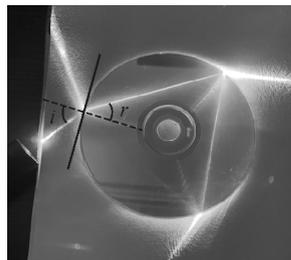


图3 折射实验

2021年6月浙江选考第12题正是利用此实验进行光学内容的考查.

2.2 掠入射

如图4所示,我们可以将光线掠入射进入,在界

面进行了多次反射与折射. 测量临界角 $c = 40.1^\circ$

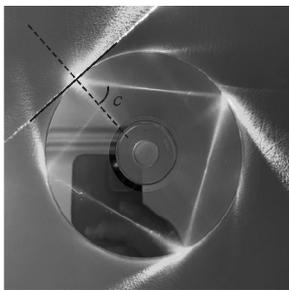


图4 掠入射

根据折射率与临界角的关系

$$n = \frac{1}{\sin c} = 1.552$$

这与之前的结果符合得很好.

2.3 其他实验

如图5所示,由于光盘中间有一小孔,孔中为空气,故光在此交界面也会发生折射,进而再次进入树脂材料,实现了多次折射. 在课堂教学中,可以让学生通过预判,绘制相应光路图,并用实验验证.

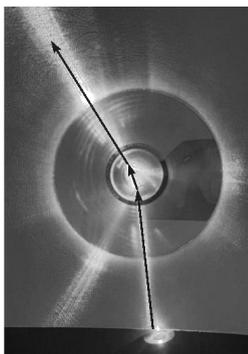


图5 多次折射

如图6所示,由于小孔中空气为光疏介质,则增大入射角时,在交界面会发生全反射现象. 在课堂教学中,可以通过测量刚发生全反射时的临界角,计算材料折射率.

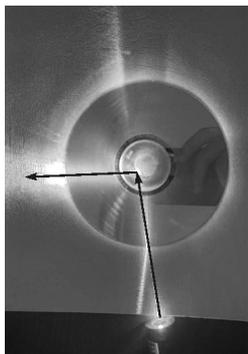


图6 全反射

3 光盘上的衍射实验

CD光盘的2个相邻螺旋光道的间距约为 $1.5 \mu\text{m}$. 由于光盘内径和外径为 cm 量级,故光道近似平行且等间距,当激光照射在光盘面时,光盘像反射光栅一样能够发生光栅衍射现象. 对于白光的衍射,如图7所示,我们可以观察到明显的色散现象.

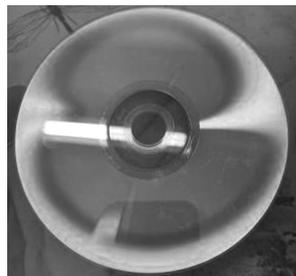


图7 衍射产生的色散

3.1 衍射现象的观察

实验原理图如图8所示,将光盘竖直放置,激光器垂直入射光盘,使其能够反射到墙面,得到相应的衍射条纹.

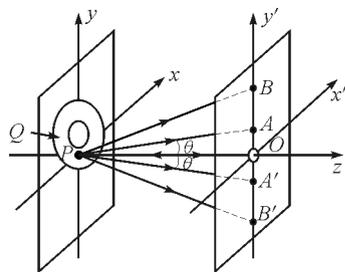


图8 光栅衍射原理图

当入射点为最低点 P 时,由于光道近似水平分布,则产生如图9所示的衍射现象.

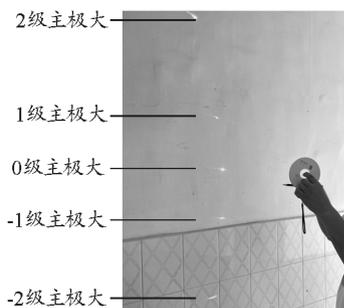


图9 光盘反射光栅衍射图样

当入射点为 Q 时,由于光道近似竖直分布,则产生如图10所示的衍射现象. 另外,由于光道存在一定的弧度,则衍射条纹也产生一定的弯曲分布.

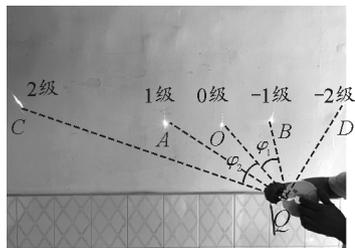


图10 光盘反射光栅衍射图样

3.2 光栅常数的测量

使用绿色激光笔作为激光源,其波长为 532 nm.当激光束垂直照射在光盘面时,其光栅方程为

$$d \sin \theta = k \lambda$$

式中 d 为光栅常数, θ 为主极大的衍射角, k 为衍射级次.通过测量光栅衍射主极大的坐标位置,计算光栅常数.

光盘与墙面的距离 $OQ = 62.00$ cm, 1级主极大的位置为 x_1 , 1级主极大衍射角为 φ_1 ; 2级主极大位置为 x_2 , 2级主极大衍射角 φ_2 . 所得数据如表 1 所示.

表1 光栅衍射数据

x_1/cm	$\varphi_1/(\text{°})$	$\sin \theta_1$	$d_1/\mu\text{m}$
24.12	21.25	0.362	1.47
x_2/cm	$\varphi_2/(\text{°})$	$\sin \theta_2$	$d_2/\mu\text{m}$
79.08	51.90	0.787	1.48

实验测得光道的间距为 $1.48 \mu\text{m}$, 与一般的参数符合得很好.

4 光盘上的偏振实验

4.1 空白光盘上的偏振实验

首先,将偏振片置于手电筒前,转动偏振片,发现墙面的光斑强弱不变,说明手电筒发出的光不是偏振光.之后,准备一张空白光盘,即数据未写入的光盘.

实验装置如图 11 所示,光源发出的光经过空白光盘反射后,在墙上留下清晰的反射斑.接着,将一块偏振片放在反射光的路径上,转动偏振片,可以看到反射光斑的强弱发生变化,说明反射光是部分偏振光.在布儒斯特角下,强弱变化尤为明显.这与光在桌面、水表面等界面反射的效果一致.这说明,光

盘内部虽然存在光道,但由于数据未写入,几乎不存在“凹坑”,反射光的反射较为整齐,属于镜面反射,未改变反射光的偏振方向(图 12).

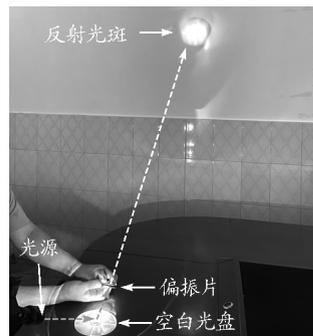


图11 反射光的偏振

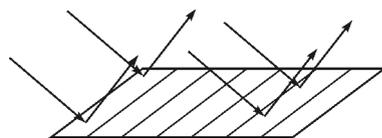


图12 在光盘表面发生“镜面反射”

4.2 非空白光盘上的实验

将原实验光路中的空白光盘替换为非空白光盘,再进行上述实验,发现无论偏振片如何转动,都不能观察到明暗交替出现的现象.这说明,由于数据的写入,存在较多的“凹坑”,入射光到达光盘表面进行漫反射,反射不再整齐,偏振方向发生转动(图 13).

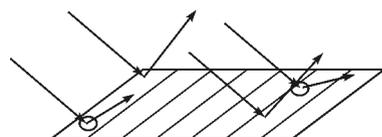


图13 在光盘表面发生漫反射

5 结束语

光盘作为常见数据存储器件,学生接触较多,也较容易得到.我们在光盘上进行折射、衍射、偏振实验,仪器简单,方法明确,效果显著.将这 3 个实验引入课堂教学,有利于增强学生对于这些光学现象的理解,进一步激发学生探索生活中物理现象的兴趣.

参考文献

- 王文麒,乐永康.光盘结构及实验中的光学现象[J].物理实验,2013(4):44~47