

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2	教师签字	
学号	202010401061	组别		成绩	
日期	2021.11.19	题目	激光波长的测定		

[实验目的]

1. 观察激光双缝干涉、单缝衍射和光栅衍射图样,了解双缝间距变化引起的干涉图样变化的规律
2. 了解激光产生的机理以及激光的几个重要特性,测定其波长
3. 加深对大学物理课程中关于光的干涉、衍射的理解

[实验仪器]

半导体激光器 光具座 光屏 双缝 单缝 光栅

[实验步骤]

1. 观察双缝干涉、单缝衍射、光栅衍射图样

将激光器电源接通,调节双缝的高度使其与激光共轴。为使干涉条纹分得开,看到明显的干涉现象,屏与双缝的间距应尽量大。旋转屏上的游标移动旋钮,使屏上的条纹关于屏中央对称分布。调节双缝支架切换到不同距离的双缝,观察干涉图样的变化。观察单缝和光栅衍射图样。

2. 利用最窄的双缝测波长

- (1) 调节仪器使屏上出现最窄干涉条纹,锁死滑块,读出距离D
- (2) 旋转旋钮,使第k级暗条纹中心与屏上中央刻度线重合。读取此时的位置 x_k ,移动游标,依次将中央刻线与k+1, k+2...对齐,记录坐标
- (3) 代入公式,计算波长

因为 x_k 和 x_{k+1} 的不确定度相同,所以 λ 的相对不确定度传播规律为:

$$u_r(\lambda) = \frac{u(\lambda)}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(x_k)}{x_{k+1} - x_k}\right)^2}$$

λ 的不确定度为:

$$u(\lambda) = \lambda u_r(\lambda)$$

相对误差:

$$E_r = \frac{|\lambda_{理} - \lambda_{测}|}{\lambda_{理}} \times 100\%$$

3. 利用单缝衍射,光栅衍射测波长

调节双缝支架的游标切换到单缝或光栅上,根据二者的实验原理,自拟数据表格,进行测量的数据处理并估算 λ 的不确定度

[实验原理概述]

一. 杨氏双缝干涉原理

1. 相干条件

- (1) 振动方向相同
- (2) 频率相同
- (3) 相位差恒定

2. 干涉原理

$$\delta = r_2 - r_1 = a \sin \theta$$

$$\sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta = \frac{x_k}{D}$$

$$\delta = a \sin \theta = a \frac{x_k}{D}$$

$$\delta = a \sin \theta = a \frac{x_k}{D} = \begin{cases} \pm 2k \frac{\lambda}{2} & \text{干涉相长 } (k=0, 1, 2, \dots) \\ \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} & \text{干涉相消 } (k=1, 2, \dots) \end{cases}$$

$$x_k = \begin{cases} \pm \frac{D}{a} k \lambda & \text{第k级明条纹 } (k=0, 1, 2, \dots) \\ \pm \frac{D}{a} (2k-1) \frac{\lambda}{2} & \text{第k级暗条纹 } (k=1, 2, \dots) \end{cases}$$

各级明暗条纹宽度为:

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{D \lambda}{a} \quad \text{被测波长: } \lambda = \frac{a \Delta x}{D}$$

二. 单缝衍射原理

暗条纹中心: $a \sin \theta = \pm k \lambda \quad (k=1, 2, 3, \dots)$

明条纹中心: $a \sin \theta = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k=1, 2, 3, \dots)$

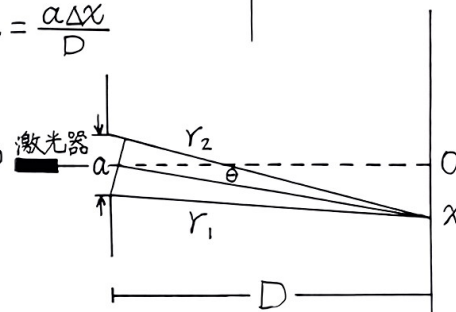
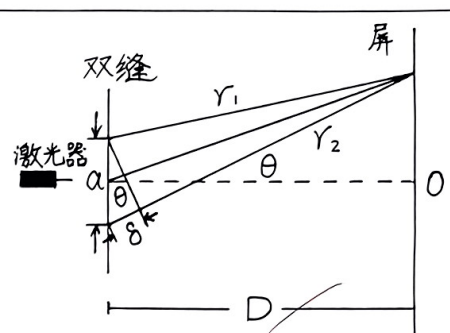
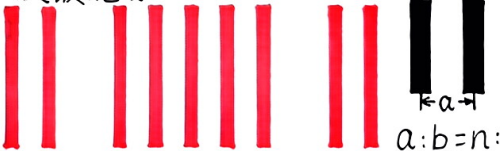
$$\sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta = \frac{x_k}{D} \Rightarrow x_k = \frac{k \lambda D}{a}$$

测出 x_{+k} 与 x_{-k} 的暗纹坐标,得

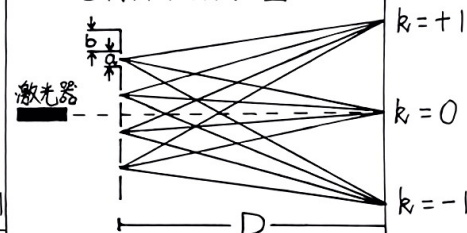
$$\lambda = \frac{a |x_{+k} - x_{-k}|}{2kD}$$

三. 缺级现象

若 $a:b=n:m$,双缝干涉的第n级明条纹将缺失,变为暗条纹,这就是缺级现象



四. 光栅衍射原理



$$\lambda = \frac{(a+b)}{kD} |x_k - x_0|$$

$$(a+b) = 0.020 \text{ mm}$$

[实验数据记录] 双缝干涉法测量激光波长				
$D = 862.3\text{mm}; a = 0.200\text{mm}$				
k	+2	+1	-1	-2
x_k	61.287mm	58.395mm	55.642mm	52.850mm
ΔX	2.892mm	2.753mm	2.792mm	—

单缝衍射法测量激光波长						
$D = 862.3\text{mm}; a = 0.080\text{mm}$						
k	+3	+2	+1	-1	-2	-3
x_k	77.293mm	70.310mm	63.886mm	49.575mm	42.660mm	36.083mm
$ x_{+k} - x_{-k} $	41.21mm	27.65mm	14.311mm	—	—	—

光栅衍射法测量激光波长			
$D = 862.3\text{mm}; a+b = 0.020\text{mm}$			
k	+1	0	-1
x_k	86.136mm	57.762mm	29.725mm
$ x_k - x_0 $	28.374mm	—	28.037mm

[数据处理及结果表达]

双缝干涉法测量激光波长:

$$\overline{\Delta X} = \frac{2.892 + 2.753 + 2.792}{3} = 2.812\text{mm}$$

$$\lambda = \frac{a}{D} \overline{\Delta X} = 652.21\text{nm}$$

$$E_{r1} = \frac{|652.21 - 650|}{650} = 0.34\%$$

单缝衍射法测量激光波长

$$\lambda_1 = \frac{a|x_{+1} - x_{-1}|}{2 \times 1 \times D} = 663.85\text{nm} \quad \lambda_2 = \frac{a|x_{+2} - x_{-2}|}{2 \times 2 \times D} = 641.31\text{nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{a|x_{+3} - x_{-3}|}{2 \times 3 \times D} = 637.21\text{nm} \quad \lambda = \frac{1}{3}(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) = 647.46\text{nm}$$

说明: 实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分, 这三项要求课前完成; 实验原理概述 15 分 (课后完成); 数据记录 5 分 (课上完成); 数据处理及结果表达 10 分 (课后完成); 思考题 5 分 (课后完成); 实验心得 5 分 (课后完成); 报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分, 未按时交实验报告扣 10 分, 补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”, 实验数据首先记录于此, 经教师检查确定后再誊抄到实验报告上, 无“原始实验数据记录本”扣 20 分。

$$E_{r2} = |647.46 - 650|/650 = 0.39\%$$

光栅衍射法测量激光波长

$$\lambda_1 = \frac{(a+b)}{1 \times D} |x_1 - x_0| = 658.10\text{nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{(a+b)}{1 \times D} |x_{-1} - x_0| = 650.28\text{nm}$$

$$\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2)/2 = 654.19\text{nm}$$

思考题]

$$E_{r3} = |654.19 - 650|/650 = 0.64\%$$

$$E_{r1} < E_{r2} < E_{r3}$$

因此, 双缝干涉法测量激光波长更准确些

1. 观察玻璃片反射回的光束是否正射向激光头, 如果是则说明激光垂直射入双缝。在保证垂直射入的情况下, 在光屏上接收到具有对称性质的图像, 则说明三者共轴。

2. 存在。测量时转动微调读数轮要保证单向旋转, 即滑块单向移动, 避免回程误差。

3. 先通过已知参数的单缝或双缝或光栅测出激光的波长, 再由公式

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$$

计算未知双缝的间距。

实验心得]

1. 努力写好每一份报告, 可能不一定做到最好, 要接受现实

2. 目光要长远, 暂不计较当下的得失

3. 要有良好的个人素质以及某些时候的不妥协, 不让劣币驱逐良币

4. 有所不为, 才能有所为

5. 某些情况或时候, 无法确定对错, 微调读数轮尚且可能出错, 何况是人