

实验名称 光的等厚干涉-牛顿环实验

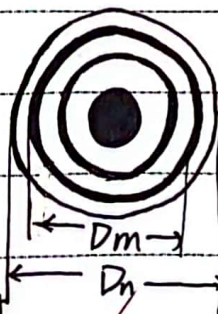
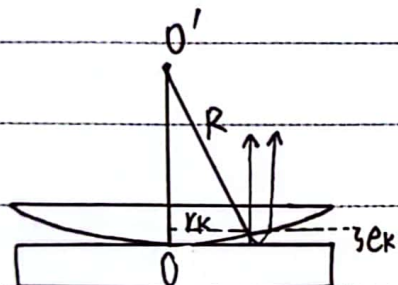
实验目的:

- ① 观察光的等厚干涉现象,了解等厚干涉的特点,加深对光的波动性认识。
- ② 熟悉读数显微镜的使用技巧和注意事项
- ③ 掌握利用牛顿环测量透镜曲率半径的实验方法
- ④ 学会分别用逐差法和图解法处理实验数据。
- ⑤ 进一步熟练掌握不确定度计算及修约规则。

实验仪器:

钠光灯、读数显微镜、牛顿环仪

实验原理:



- ① 光线在空气层的下表面和上表面反射,

形成明暗相间、内疏外密的同心圆环,即牛顿环。

- ② 牛顿环干涉图样的物理原理:

光线在空气薄层的下表面反射的光有半波损失 $\lambda/2$,

则两相干光相遇时光程差为: $\delta = 2e_k + \lambda/2$

当牛顿环为暗纹时满足 $\delta = 2e_k + \lambda/2 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$,

则: $e_k = k \cdot \lambda/2$

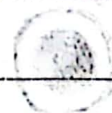
由此可得第 k 环半径满足: $R^2 = r_k^2 + (R - e_k)^2$.

则第 k 个暗纹半径: $r_k^2 = 2Re_k = 2R \cdot k \cdot \lambda / 2 = R \cdot \lambda \cdot k$

则: 第 k 个暗环直径 D_k 满足: $D_k^2 = 4R\lambda k$.

则: 由 $\begin{cases} D_m^2 = 4R\lambda m \\ D_n^2 = 4R\lambda n \end{cases}$ 得:

$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda}$, 即可求透镜曲率半径.



实验步骤:

一、准备及调节工作:

- ① 调节目镜和目镜套筒,使得视场中的黑色十字叉丝清晰,呈“横平竖直”
- ② 转动读数鼓轮,将镜筒位于读数标尺中间部分,保证测量时镜筒两侧有较大的移动空间。
- ③ 牛顿环放在载物台上,调节 45° 透光反射镜,使得钠光垂直打在牛顿环上,显微镜视场中有着清晰干涉条纹,并轻微移动牛顿环,将条纹中心移到视场中央。

二、测量:

- ① 朝一个方向持续转动测微鼓轮,为避免空程差,从牛顿环中心暗斑开始数到第35暗环,然后反转鼓轮退回第30暗环,记录此时的位置读数 x_{30} ,然后缓慢转动测微鼓轮,使黑色叉丝依次对齐第25、20、15、10和5暗环线条纹,读出示数 ② 继续缓慢转动测微鼓轮,使得十字叉丝越过牛顿环中心暗斑,向另一侧平移,记录5、10、15、20、25、30对应的条

实验数据表格及数据处理:

表 3.9.1 牛顿环等厚干涉实验数据表格

环的级数 k (左)	30	25	20	15	10	5
位置读数 x_k / mm	29.416	29.096	28.727	28.329	27.840	27.241
环的级数 k (右)	30	25	20	15	10	5
位置读数 x'_k / mm	21.448	21.782	22.155	22.578	23.022	23.729
环的直径 D_k / mm	7.968	7.314	6.572	5.751	4.818	3.512
D_k^2 / mm^2	63.489	53.495	43.191	33.074	23.213	12.334
$D_m^2 - D_n^2 / \text{mm}^2$	30.857		30.282		30.415	
$\overline{D_m^2 - D_n^2} / \text{mm}^2$	30.518					
$\bar{R} / \text{mm}$	863					

1. 计算半径 R :

$$\langle 1 \rangle \quad \bar{R} = \frac{\overline{D_m^2 - D_n^2}}{4(m-n)\lambda} = \frac{30.518 \times 10^{-6}}{4 \times 15 \times 589.3 \times 10^{-9}} = 0.863 \text{ m}$$

 $\langle 2 \rangle$ 计算不确定度 U_R :

$$U_R = \bar{R} \sqrt{\left(\frac{U_\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U_{m-n}}{m-n}\right)^2 + \left(\frac{U_{D_m^2 - D_n^2}}{D_m^2 - D_n^2}\right)^2}$$

其中: $U_\lambda = 0.3 \text{ nm}$, $U_{m-n} = 0.2$, $U_{D_m^2 - D_n^2} = U_A$

$$\text{可知: } U_A = \frac{t}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= 2.48 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times [(30.857 - 30.518)^2 + (30.518 - 30.282)^2 + (30.518 - 30.4)^2]}$$

$$= 0.7465 \text{ mm}$$

$$\text{则: } \frac{U_{D_m^2 - D_n^2}}{D_m^2 - D_n^2} = \frac{0.7465 \text{ mm}}{30.518 \text{ mm}^2} = 0.024 (1/\text{mm})$$

$$\text{则: } U_R = 863 \times \sqrt{\left(\frac{0.3}{589.3}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{15}\right)^2 + (0.024)^2}$$

$$= 23.560 \text{ mm} = 0.02356 \text{ m}$$

$$\text{修约后: } U_R = 0.024 \text{ m}$$

$$\text{则: } R = \bar{R} \pm U_R = (0.863 \pm 0.024) \text{ m}$$

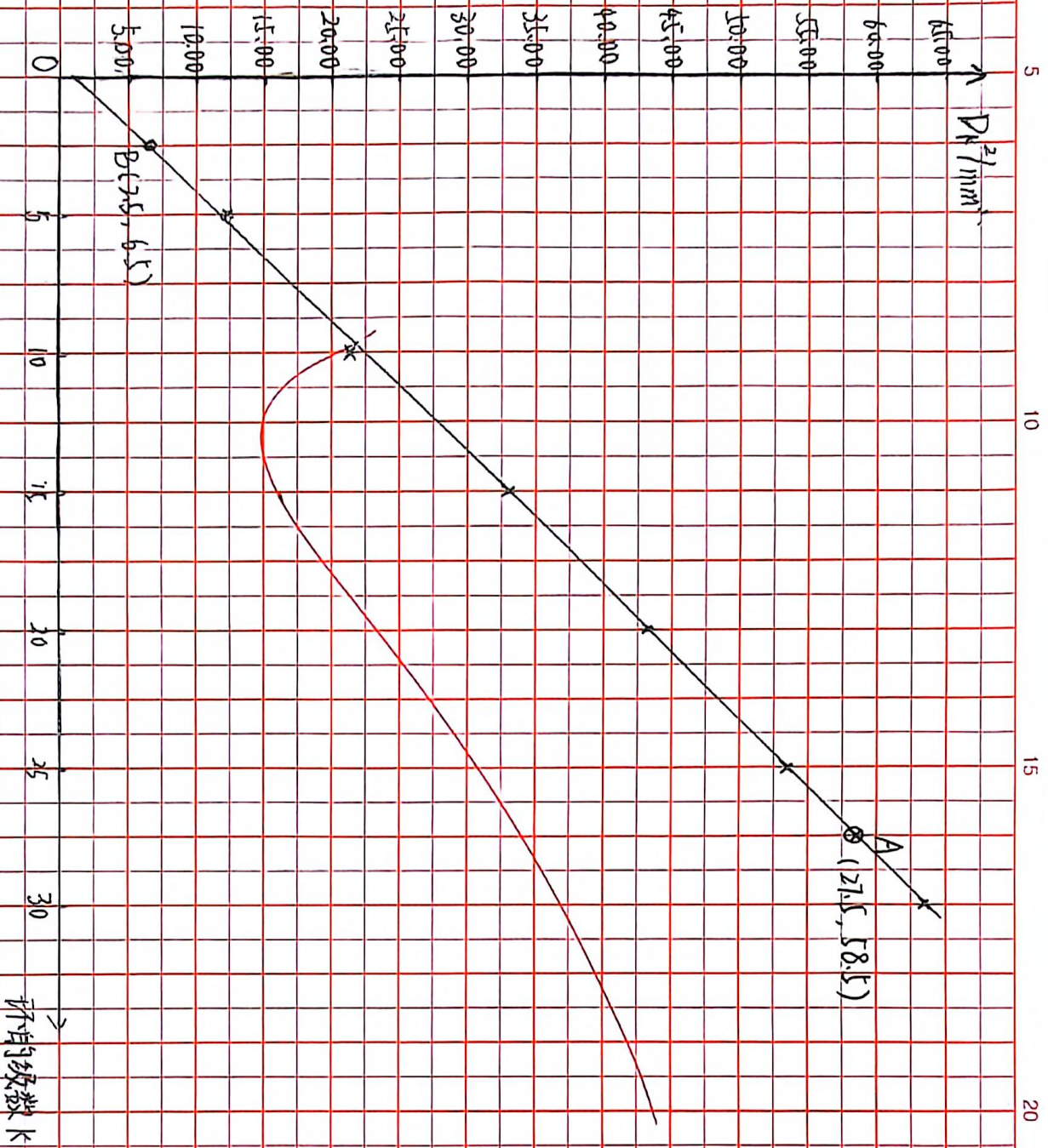
二、图解法: $D_k = 4R\lambda \cdot k$

由图可知: 取 $A(27.5, 58.5)$, $B(2.5, 6.5)$

$$\text{则斜率 } k = \frac{58.5 - 6.5}{27.5 - 2.5} = 2.08 \text{ mm}$$

$$\text{则: } R = \frac{k}{4\lambda} = \frac{2.08}{4 \times 589.3 \times 10^{-6}} = 882 \text{ mm} = 0.882 \text{ m}$$

实验结果及讨论:



D_k^2 与级数 k 的关系曲线图