

实验二十：夫琅禾费衍射

朱寅杰 1600017721

2017年12月8日

根据夫琅禾费衍射的定量计算结果，有

$$I = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2 \left(\frac{\sin N\beta}{N\beta} \right)^2, u = (x - x_0) \frac{\pi a}{\lambda z}, \beta = (x - x_0) \frac{\pi d}{\lambda z}$$

其中 I 为在 x 处的光强， a 为缝宽， d 为缝间距， $N = 1, 2, 3, 4\dots$ 为缝的数目， z 为缝到接收面的距离（做了 $z \gg x$ 的近似）， λ 为激光波长。

实验时使用波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ 的氦氖激光器作为光源，在光学平台上搭出夫琅禾费衍射的光路。使用硅光电二极管传感器配合一台步进电机测量接受面上不同位置的光强，当 x 每改变 0.005 mm 时记录一个 I 的数据。由衍射所得的 $I - x$ 关系，从上面的公式中拟合出 $\frac{\pi a}{\lambda z}$ 与 $\frac{\pi d}{\lambda z}$ 的数值，从而得到缝宽和缝间距的测量结果。

对于单缝衍射， $N = 1$ 。用固定在平台上的钢尺测量出 $z = 94.10 \text{ cm} - 28.20 \text{ cm} + 4 \text{ mm} = 66.3 \text{ cm}$ （将传感器与缝的位置坐标相减，并加上传感器实际位置的一个修正）。 z 的不确定度按 1 mm 估计吧。使用Origin软件对该数据进行拟合，通过内置的迭代方法计算出一个所谓的相关系数 $r^2 = 0.99977$ ，以及各参量 $I_0 = 3243.6 \pm 0.6$, $x_0 = (18.8967 \pm 0.0003) \text{ mm}$,

$$\frac{\pi a}{\lambda z} = (0.9383 \pm 0.0002) / \text{mm}$$

于是可以计算出缝宽 $a = (1.253 \pm 0.002) \times 10^{-4} \text{ m}$

对于双缝衍射， $N = 2$ 。用固定在平台上的钢尺测量出 $z = 94.10 \text{ cm} - 37.80 \text{ cm} + 4 \text{ mm} = 56.7 \text{ cm}$ 。 z 的不确定度按 1 mm 估计。使用Origin软件对光强数据进行拟合，通过内置的迭代方法计算出一个所谓的相关系数 $r^2 = 0.99108$ ，以及参量 $I_0 = 900.6 \pm 0.8$, $x_0 = (32.3569 \pm 0.0009) \text{ mm}$,

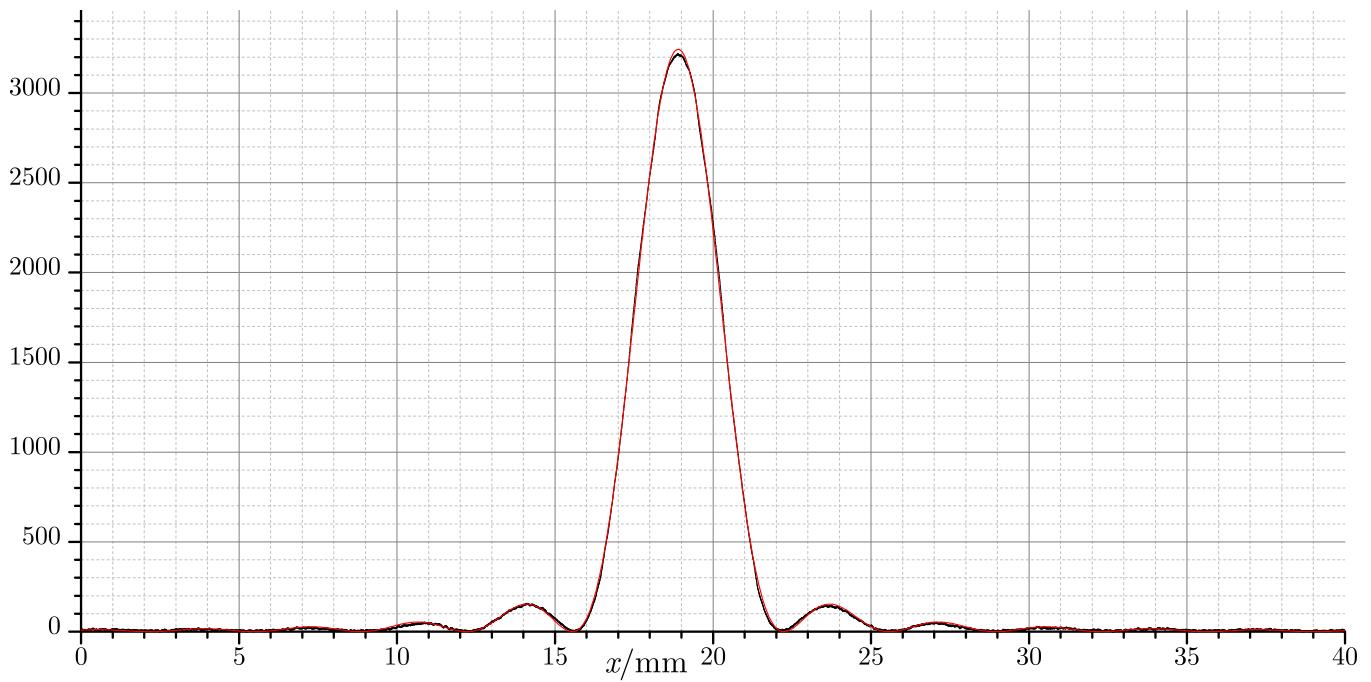
$$\frac{\pi a}{\lambda z} = (0.4049 \pm 0.0003) / \text{mm}, \frac{\pi d}{\lambda z} = (0.7652 \pm 0.0003) / \text{mm}$$

于是可以计算出缝宽 $a = (4.624 \pm 0.009) \times 10^{-5} \text{ m}$ ，缝间距 $b = (8.74 \pm 0.02) \times 10^{-5} \text{ m}$ 。

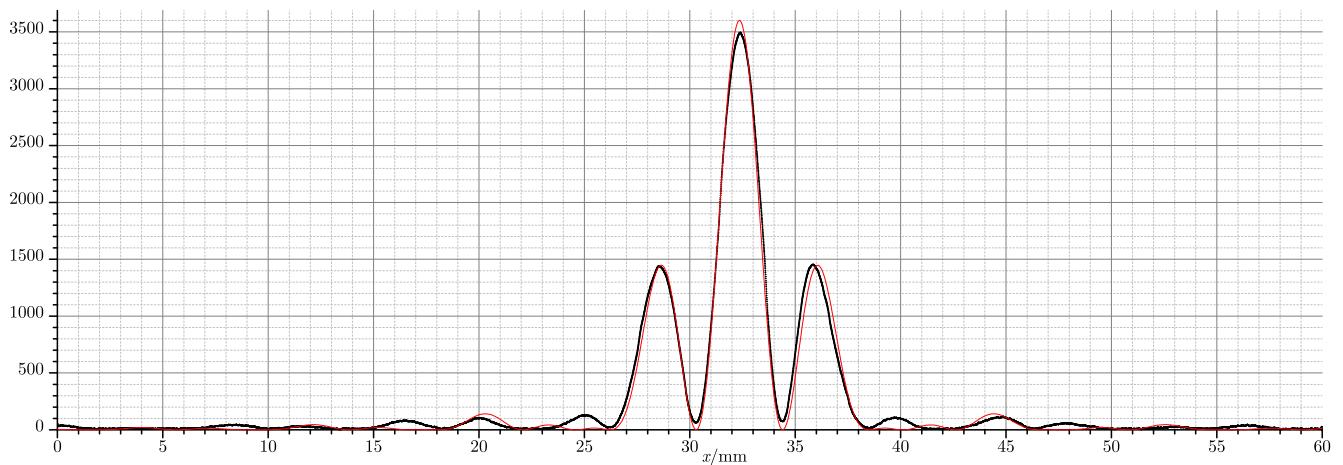
对于四缝衍射， $N = 4$ 。用固定在平台上的钢尺测量出 $z = 94.10 \text{ cm} - 28.58 \text{ cm} + 4 \text{ mm} = 65.92 \text{ cm}$ 。 z 的不确定度按 1 mm 估计。使用Origin软件对光强数据进行拟合，通过内置的迭代方法计算出一个相关系数 $r^2 = 0.98952$ ，以及各参量 $I_0 = 237.6 \pm 0.3$, $x_0 = (16.5486 \pm 0.0006) \text{ mm}$,

$$\frac{\pi a}{\lambda z} = (0.3017 \pm 0.0004) / \text{mm}, \frac{\pi d}{\lambda z} = (0.6978 \pm 0.0002) / \text{mm},$$

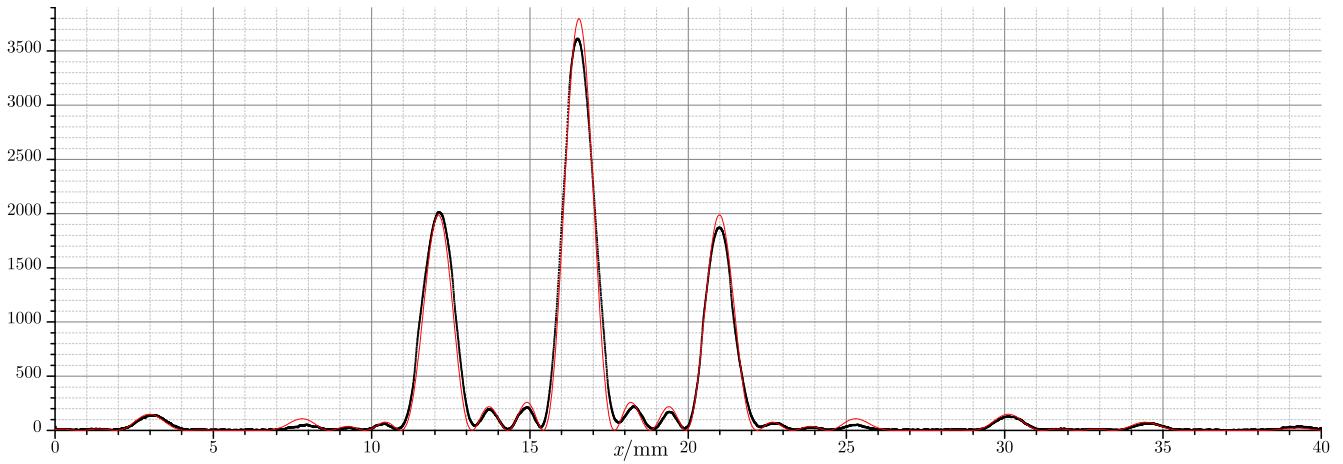
于是可以计算出缝宽 $a = (4.006 \pm 0.006) \times 10^{-5} \text{ m}$ ，缝间距 $b = (9.265 \pm 0.014) \times 10^{-5} \text{ m}$ 。



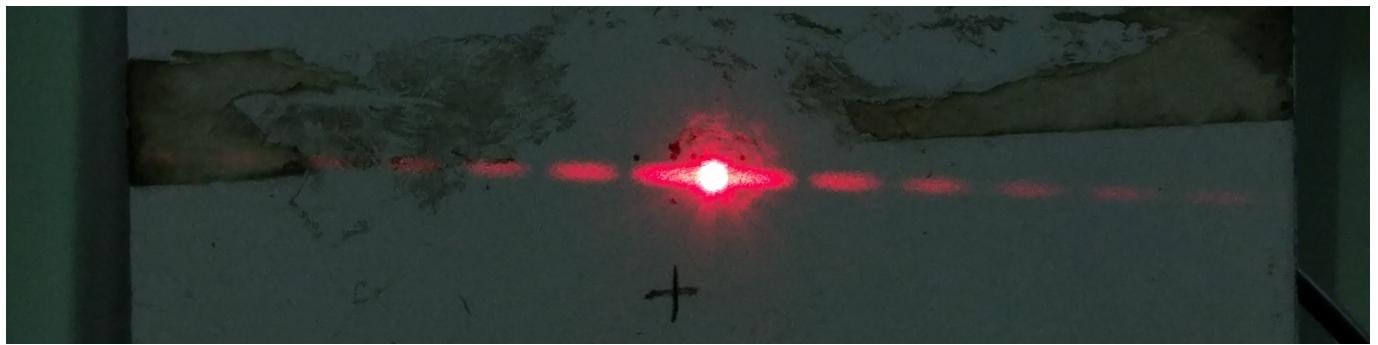
(a) 单缝衍射的 $I - x$ 图线与拟合曲线。



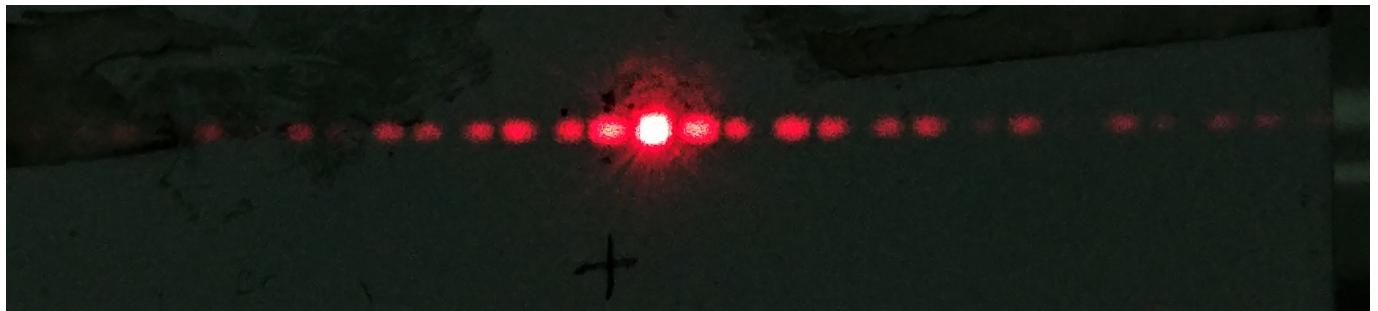
(b) 双缝衍射的 $I - x$ 图线与拟合曲线。



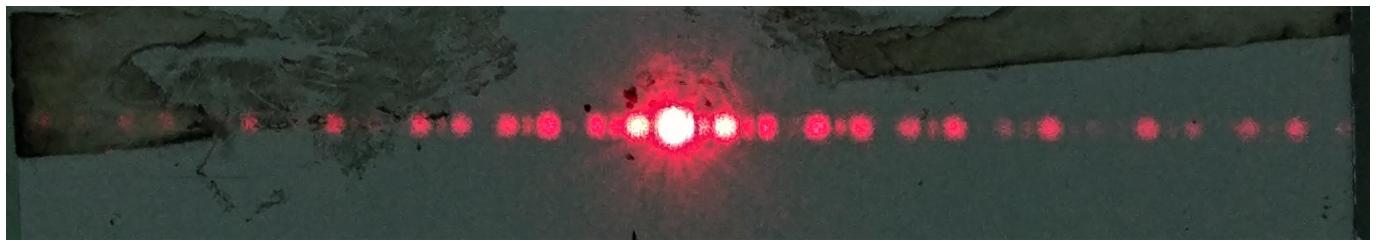
(c) 四缝衍射的 $I - x$ 图线与拟合曲线。



(d) 衍射物为单丝。



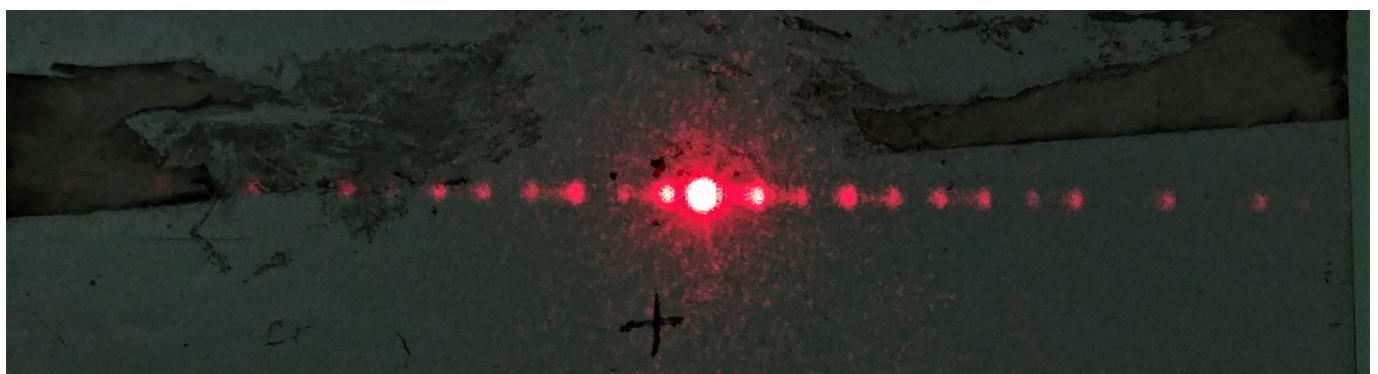
(e) 衍射物为双丝。



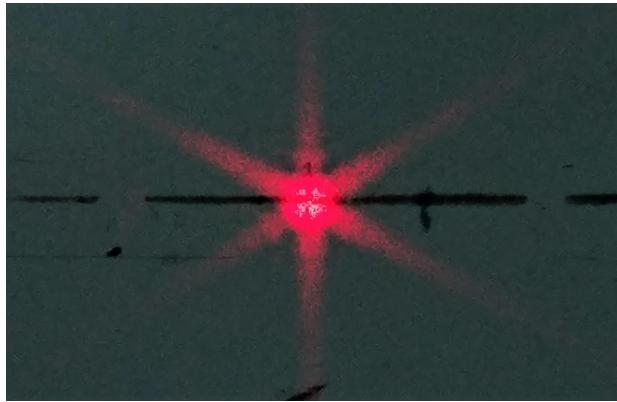
(f) 衍射物为三丝。



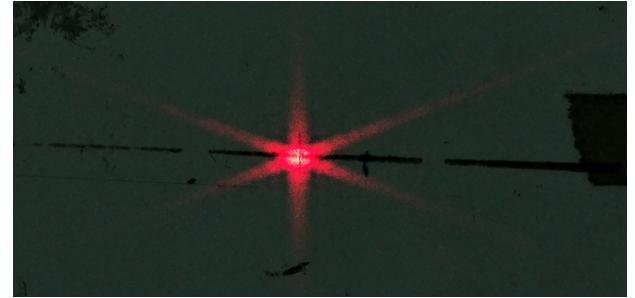
(g) 衍射物为四丝。



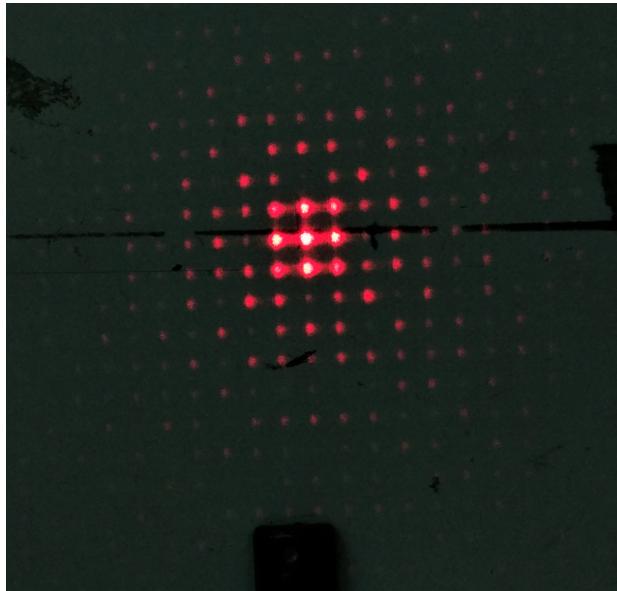
(h) 衍射物为五丝。



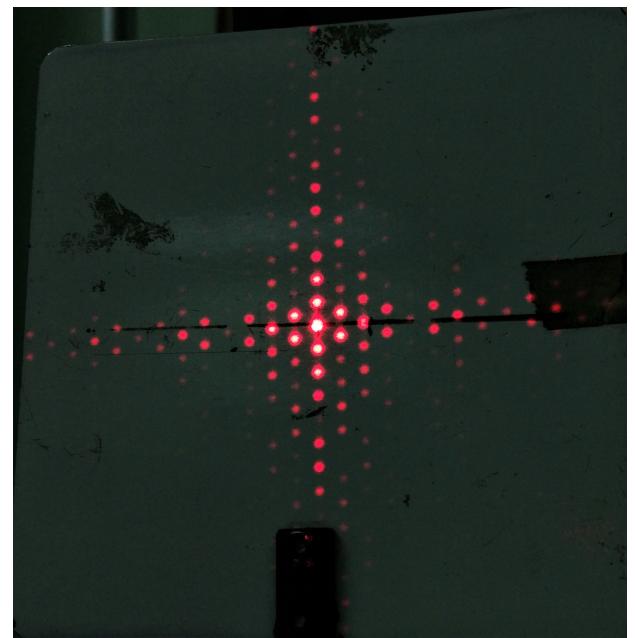
(i) 等边三角形孔的衍射花样。



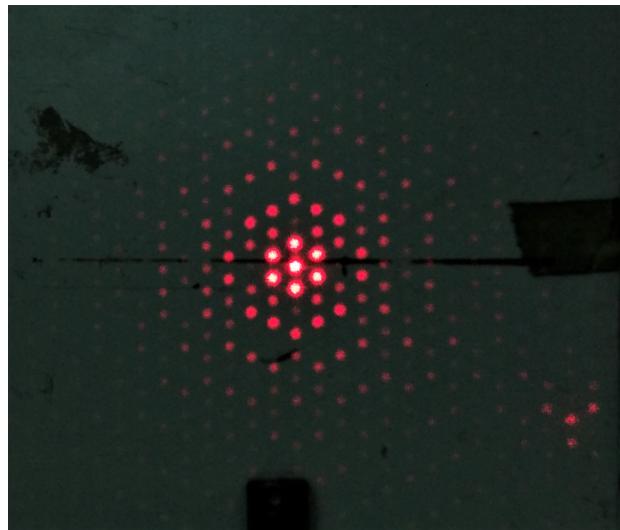
(j) 等腰三角形孔的衍射花样。



(k) 方孔方阵的衍射花样。



(l) 密堆方孔的衍射花样。



(m) 密堆圆孔的衍射花样。