普物实验报告 1900011413 吴熙楠

光衍射定量实验

目录

摘要

光在传播过程中，遇到障碍物或小孔时，光将偏离直线传播的路径而绕到障碍物后面传播的现象叫光的衍射。光的衍射和光的干涉一样证明了光具有波动性。光的衍射决定光学仪器的分辨本领，在现代光学乃至现代物理学和科学技术中，光的衍射得到了越来越广泛的应用。在我们本次试验中，我们将定量研究远场条件下夫琅禾费衍射的相关性质。

关键词：夫琅禾费衍射，波动性，远场条件

1 实验目的

(1) 掌握在光学平台上组装，调整光路的基本方法；
(2) 观察并定量测量不同衍射元件产生的光衍射图像；
(3) 了解光强测量的一种方法；
(4) 学习微机自动控制和测量衍射光强分布及相关参量。

2 实验仪器

光学平台及附件，激光器及电源，衍射元件，反射镜，光探测器，光栅尺，A/D 转换器，微机等。

3 测量单缝衍射的光强分布

从记录实验中测得的 txt 文件中，我们得到主极强的相对光强为：

$$I_0 = 3419$$

而左右两个次极强的位置和相对光强为：

$$x_1 = 2.455mm, \quad I_1 = 170$$

$$x_2 = 12.695mm, \quad I_2 = 179$$

通过计算可得：

$$\frac{I_1 + I_2}{2I_0} = 5.1\% \in (4\%, 5.5\%)$$

$$\frac{|I_1 - I_2|}{(I_1 + I_2)/2} = 5.2\% < 10\%$$

因此符合实验要求

3.1 利用衍射次极强计算缝宽 a

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在次极强的位置周围 $0.005mm$ 内光相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.010mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 5.120mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.004mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 16.00 + 0.40)cm = 73.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$

我们有公式 $sin\theta = 1.43\frac{\lambda}{a}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore a = 1.43\frac{\lambda}{\Delta x/z} = 129.58\mu m$$

缝宽 a 的不确定度为：

$$\sigma_a = a\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 0.14\mu m$$

因此最后结果为：$a = (129.58 \pm 0.14)\mu m$

3.2 利用一级暗纹计算缝宽 a

由 txt 文件，左右两个暗纹的位置为：

$$x_1 = 3.880mm, \quad x_2 = 11.075mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左右暗纹的位置周围 $0.005mm$ 内光相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.010mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 3.598mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.004mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 16.00 + 0.40)cm = 73.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$
我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{a}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore a = \frac{\lambda}{\Delta x/z} = 129.92\mu m$$

缝宽 a 的不确定度为：

$$\sigma_a = a\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 0.18\mu m$$

因此最后结果为：$a = (129.92 \pm 0.18)\mu m$

3.3 数据可视化

3.3.1 原始数据绘图

我们可以将得到的 txt 文件画出散点图，通过数据可视化的方法来得到单缝衍射光强的分布。

由原始数据作出的散点图如下图所示：

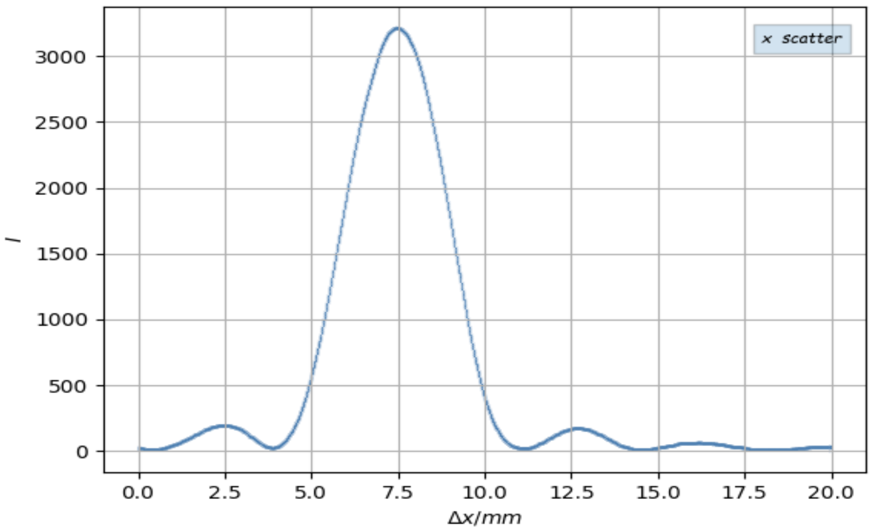

图 1: 单缝衍射光强分布原始数据散点图

3.3.2 理论与实验比较

为检验理论与实验的符合程度，我们将两者的曲线进行比较分析。
在 3.1 与 3.2 节中，我们计算用两种方法出了 $a_1 = (129.58 \pm 0.14)\mu m, \quad a_2 = (129.92 \pm 0.18)\mu m$

我们不妨取 $\bar{a} = \dfrac{a_1 + a_2}{2} = 129.75\mu m$，且傍轴条件使得 $sin\theta = \Delta x/z$
因此我们带入 $\bar{a}$ 绘制图像如下图所示：

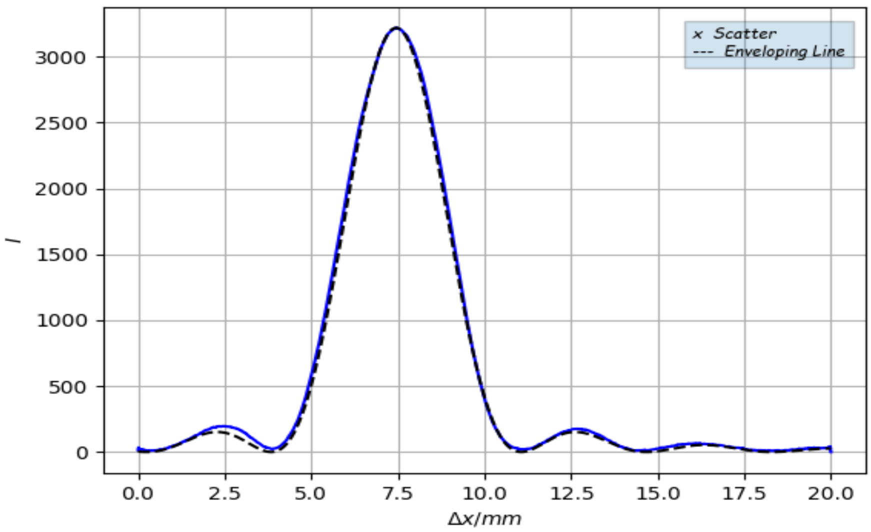

图 2: 单缝衍射光强分布原始数据与理论对比曲线

其中黑色虚线为代入狭缝宽度和中心光强后的理论曲线，蓝色散点图为通过实验数据画出的散点图，从上图我们可以看到，我们的实验曲线和理论曲线的吻合程度还是相当高的，从而验证了理论的正确性以及实验的准确性。

3.3.3 曲线拟合绘图

除了直接通过原始数据计算以外，我们还可以通过理论公式进行曲线的拟合计算，来求得最适合的拟合参数，即缝宽 a 和中心相对光强 I_0。

我们将全部原始数据输入，并使得曲线调整至最佳收敛状态，得到的曲线如下图所示：

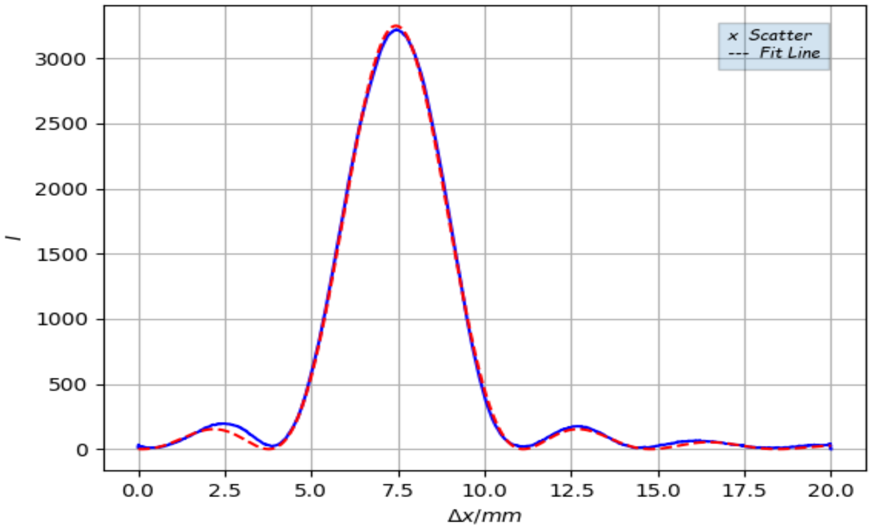

图 3: 单缝衍射光强分布原始数据与拟合曲线

其中红色虚线为拟合曲线，蓝色曲线为原始数据散点图，这样我们观察图像可知 $I = I_0(\frac{sinu}{u})^2 = 3448.8(\frac{sinu}{u})^2$

其中 $I_0 = 3448.8 \pm 1.3, \quad x_0 = (7.4426 \pm 0.0007)mm, \quad u = (0.8552 \pm 0.0004)(x - x_0)$ (其中的不确定度可以由拟合曲线后的协方差矩阵 $\sum$ 得出)

因此我们可以计算各参量的不确定度为：

①中心最大相对光强:$I_0 = 3448.8 \pm 1.3$

②中心最大相对光强位置:$x_0 = (7.4426 \pm 0.0007)mm$

③缝宽:$a = (126.26 \pm 0.05)\mu m$

$\therefore$ 拟合出来的 $a = (126.26 \pm 0.05)\mu m$, 与我们的计算值 $129.75\mu m$ 也较为接近，实验数据也比较合理。

3.3.4 python 代码拟合作图

我们在程序中将 $I_0 = 3448.8, x_0 = 7.4426mm$ 定为常量，只拟合缝宽 a, 我们取缝宽 a 从 $120\mu m$~$130\mu m$ 等间距取 100 个点，拟合作图如下 ($python$ 代码在后面)：

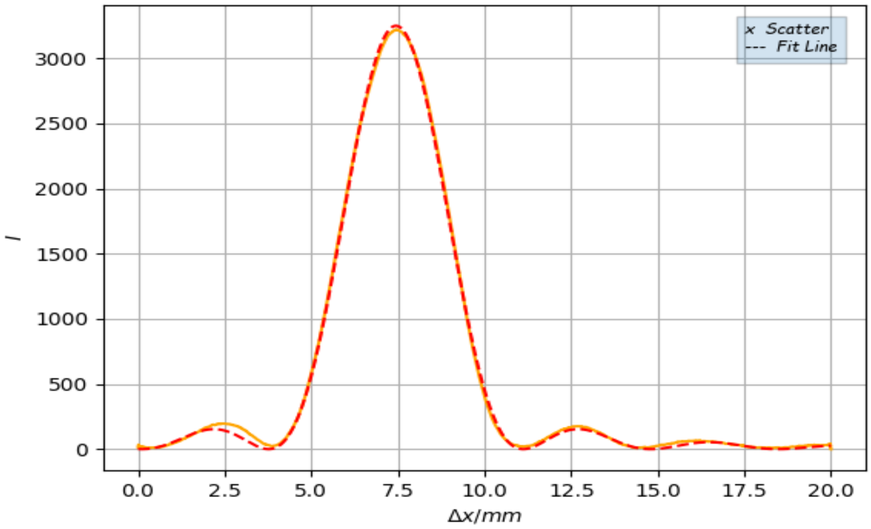

图 4: 单缝衍射光强分布原始数据与代码拟合曲线

其中红色虚线为拟合曲线，橙色曲线为原始数据的散点图，我们通过代码运行给出的参数有:

$$a = \frac{(0.812757 + 63 \times 0.00067) \times 632.8 \times 0.733}{\pi} \mu m = 126.23 \mu m$$

从中我们可以看到与软件曲线拟合的参数极为接近，画出来的图几乎没有差别，可以验证我们的代码的正确性以及数据的正确性。

4 测量双缝衍射的光强分布

4.1 利用衍射次极强计算缝间距 d

由 txt 文件，左右两个次极强的位置为：

$$x_1 = 28.710mm, \quad x_2 = 38.580mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左次极强的位置周围 $0.065mm$ 内光相对强度没有变化，右次极强的位置周围 $0.035mm$ 内光的强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.065mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 4.935mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.027mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 12.00 + 0.40)cm = 77.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$
我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{d}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore d = \frac{\lambda}{\Delta x/z} = 98.4\mu m$$

缝间距 d 的不确定度为：

$$\sigma_d = d\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 0.5\mu m$$

因此最后结果为：$d = (98.4 \pm 0.5)\mu m$

4.2 利用一级暗纹计算缝间距 d

由 txt 文件，左右两个暗纹的位置为：

$$x_1 = 30.875mm, \quad x_2 = 36.200mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左暗纹的位置周围 $0.070mm$ 内光相对强度没有变化，右暗纹的位置周围 $0.085mm$ 内光的相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.085mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 2.668mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.07mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 12.00 + 0.40)cm = 77.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$
我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{2d}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore d = \frac{\lambda}{2\Delta x/z} = 96.7\mu m$$

缝间距 d 的不确定度为：

$$\sigma_d = d\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 2.4\mu m$$

因此最后结果为：$d = (96.7 \pm 2.4)\mu m$

4.3 利用包络线出现一级暗纹计算缝宽 a

由 txt 文件，左右两个暗纹的位置为：

$$x_1 = 20.735mm, \quad x_2 = 46.260mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左右暗纹的位置周围 $0.030mm$ 内光相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.030mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 12.763mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.024mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 12.00 + 0.40)cm = 77.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$
我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{a}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore a = \frac{\lambda}{\Delta x/z} = 38.33\mu m$$

缝宽 a 的不确定度为：

$$\sigma_a = a\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 0.08\mu m$$

因此最后结果为：$a = (38.33 \pm 0.08)\mu m$

4.4 数据可视化

4.4.1 原始数据绘图

我们可以将得到的 txt 文件画出散点图，通过数据可视化的方法来得到双缝衍射光强的分布。

由原始数据作出的散点图如下图所示：

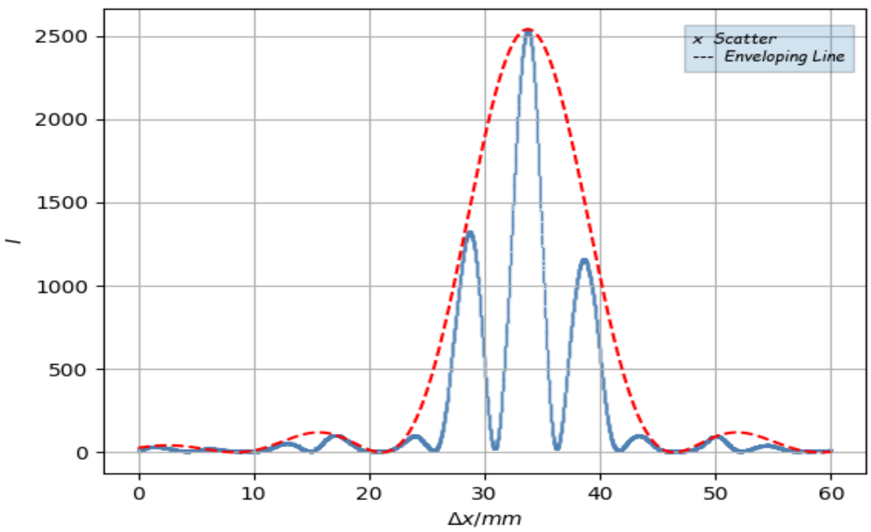

图 5: 双缝衍射光强分布原始数据散点图

4.4.2 理论与实验比较

为检验理论与实验的符合程度，我们将两者的曲线进行比较分析。
在 3.1 与 3.2 节中，我们计算用两种方法出了 $d_1 = (96.7 \pm 2.4)\mu m, \quad d_2 = (98.4 \pm 0.5)\mu m$

我们不妨取 $\bar{d} = \dfrac{d_1 + d_2}{2} = 97.5\mu m$，$a = 38.33\mu m$, 且傍轴条件使得 $sin\theta = \Delta x/z$
因此我们带入 $\bar{d}$ 和 a 绘制图像如下图所示：

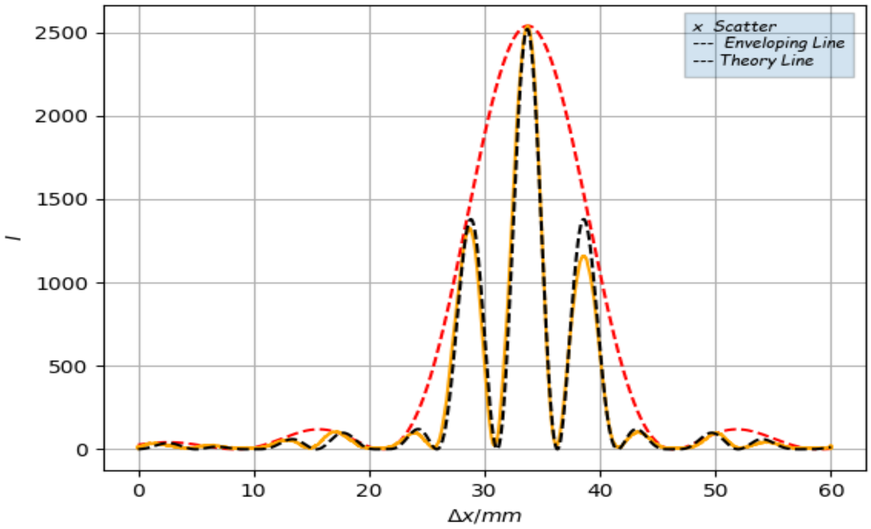

图 6: 双缝衍射光强分布原始数据与理论对比曲线

其中黑色虚线为代入狭缝宽度和中心光强后的理论曲线，橙色散点图为通过实验数据画出的散点图，红色虚线为包络线，从上图我们可以看到，我们的实验曲线和理论曲线除了次极强的位置实验比理论差了一点，其余部分的吻合程度还是相当高的，从而验证了理论的正确性以及实验的准确性。

4.4.3 曲线拟合绘图

除了直接通过原始数据计算以外，我们还可以通过理论公式进行曲线的拟合计算，来求得最适合的拟合参数，即缝宽 a, 缝间距 d 以及中心相对光强 I_0。

我们将全部原始数据输入，并使得曲线调整至最佳收敛状态，得到的曲线如下图所示：

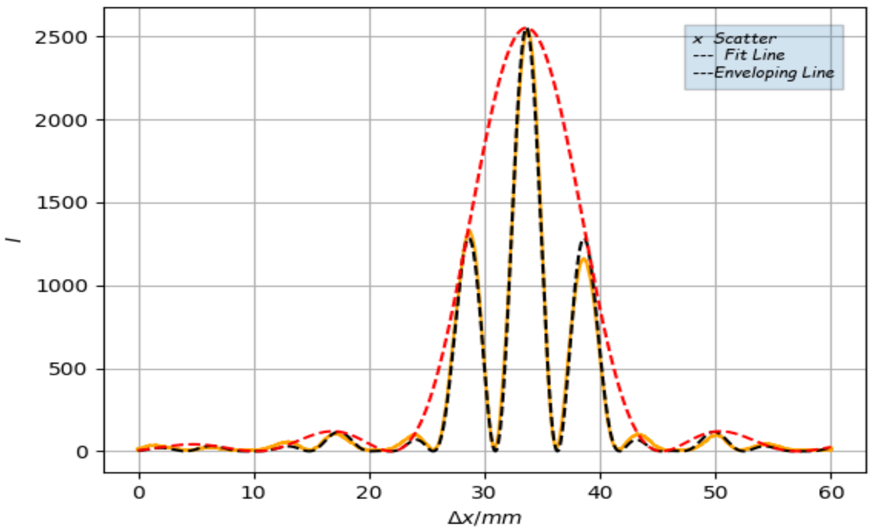

图 7: 双缝衍射光强分布原始数据与拟合曲线

其中黑色虚线为拟合曲线，红色虚线为包络线，橙色曲线为原始数据的散点图，这样我们观察图像可知 $I = I_0(\frac{sinu}{u})^2(\frac{sinN\beta}{sin\beta})^2$

其中 $I_0 = 2552.6 \pm 1.3$, $x_0 = (33.6233 \pm 0.0007)mm$, $u = (0.2678 \pm 0.0003)(x - x_0)$, $\beta = (0.5844 \pm 0.0003)(x - x_0)$

(其中的不确定度可以由拟合曲线后的协方差矩阵 $\sum$ 得出)

因此我们可以计算各参量的不确定度为：

①中心最大相对光强:$I_0 = 2552.6 \pm 1.3$

②中心最大相对光强位置:$x_0 = (33.6233 \pm 0.0007)mm$

③缝宽:$a = (41.70 \pm 0.03)\mu m$

④缝间距:$d = (91.00 \pm 0.05)\mu m$

$\therefore$ 拟合出来的 $a = (41.70 \pm 0.03)\mu m$, 与我们的计算值 $a = 38.33\mu m$ 也较为接近，$d = (91.00 \pm 0.05)\mu m$, 与我们计算出来的 $d = 97.9\mu m$ 相差稍大，应该是实验过程中测量暗纹时光强测量不准造成的误差，但不影响实验数据也较为合理。

4.4.4 python 代码拟合作图

因为若只拟合 a 和 d 两个参量，达到 0.0001 的精度的时候我们代码已经要运行 10min，因此我们在程序中将 $I_0 = 2552.6, x_0 = 33.6233mm$ 定为常量，只拟合缝宽 a 和缝间距 d, 其中缝宽 a 从 $35\mu m$~$45\mu m$ 等间距取 100 个点，缝间距 d 从 $85\mu m$~$95\mu m$ 等间距取 100 个点，拟合作图如下 ($python$ 代码在后面):

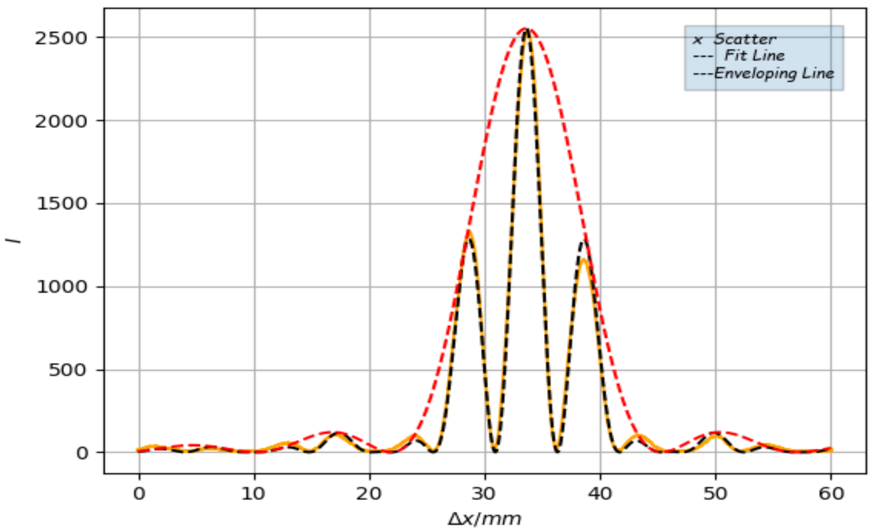

图 8: 双缝衍射光强分布原始数据与代码拟合曲线

其中黑色虚线为拟合曲线，红色虚线为包络线，橙色曲线为原始数据的散点图，我们通

过代码运行给出的参数有:

$$a=\frac{(0.224787+67\times 0.00064)\times 632.8\times 0.773}{\pi}\mu m=41.68\mu m$$

$$d=\frac{(0.545912+60\times 0.00064)\times 632.8\times 0.773}{\pi}\mu m=90.98\mu m$$

从中我们可以看到与软件曲线拟合的参数极为接近，画出来的图几乎没有差别，可以验证我们的代码的正确性以及数据的正确性。

5 测量三缝衍射的光强分布

5.1 利用衍射次极强计算缝间距 d

由 txt 文件，左右两个次极强的位置为：

$$x_1=24.835mm,\quad x_2=35.075mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左次极强的位置周围 $0.025mm$ 内光相对强度没有变化，右次极强的位置周围 $0.050mm$ 内光的强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e=0.050mm$

$$\Delta x=\frac{x_2-x_1}{2}=5.120mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x}=\sqrt{2\times(\frac{e}{2\sqrt{3}})^2}=0.041mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z=(88.90-13.00+0.40)cm=76.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e=0.10cm$
我们有公式 $sin\theta=\frac{\lambda}{d}$，且满足傍轴条件，$sin\theta=\Delta x/z$

$$\therefore d=\frac{\lambda}{\Delta x/z}=91.6\mu m$$

缝间距 d 的不确定度为：

$$\sigma_d=d\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2+(\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2}=0.8\mu m$$

因此最后结果为：$d=(91.6\pm 0.8)\mu m$

5.2 利用一级暗纹计算缝间距 d

由 txt 文件，左右两个暗纹的位置为：

$$x_1 = 28.055mm, \quad x_2 = 31.620mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左暗纹的位置周围 $0.055mm$ 内光相对强度没有变化，右暗纹的位置周围 $0.015mm$ 内光的相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.055mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 1.783mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.045mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 13.00 + 0.40)cm = 76.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$
我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{3d}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore d = \frac{\lambda}{3\Delta x/z} = 90.3\mu m$$

缝间距 d 的不确定度为：

$$\sigma_d = d\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 2.3\mu m$$

因此最后结果为：$d = (90.3 \pm 2.3)\mu m$

5.3 利用包络线出现一级暗纹计算缝宽 a

由 txt 文件，左右两个暗纹的位置为：

$$x_1 = 15.630mm, \quad x_2 = 43.820mm$$

根据我们获得的 txt 文件，我们发现在左右暗纹的位置周围 $0.040mm$ 内光相对强度没有变化，因此我们可以取极限允差为 $e = 0.040mm$

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{2} = 14.095mm$$

不确定度为：

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{2 \times (\frac{e}{2\sqrt{3}})^2} = 0.033mm$$

用钢尺测得衍射元件和传感器的间距为：

$$z = (88.90 - 13.00 + 0.40)cm = 76.30cm$$

最大允差取钢尺的最小分度值 $e = 0.10cm$

我们有公式 $sin\theta = \frac{\lambda}{a}$，且满足傍轴条件，$sin\theta = \Delta x/z$

$$\therefore a = \frac{\lambda}{\Delta x/z} = 34.26\mu m$$

缝宽 a 的不确定度为：

$$\sigma_a = a\sqrt{(\frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x})^2 + (\frac{e_z}{\sqrt{3}z})^2} = 0.08\mu m$$

因此最后结果为：$a = (34.26 \pm 0.08)\mu m$

5.4 数据可视化

5.4.1 原始数据绘图

我们可以将得到的 txt 文件画出散点图，通过数据可视化的方法来得到三缝衍射光强的分布。

由原始数据作出的散点图如下图所示：

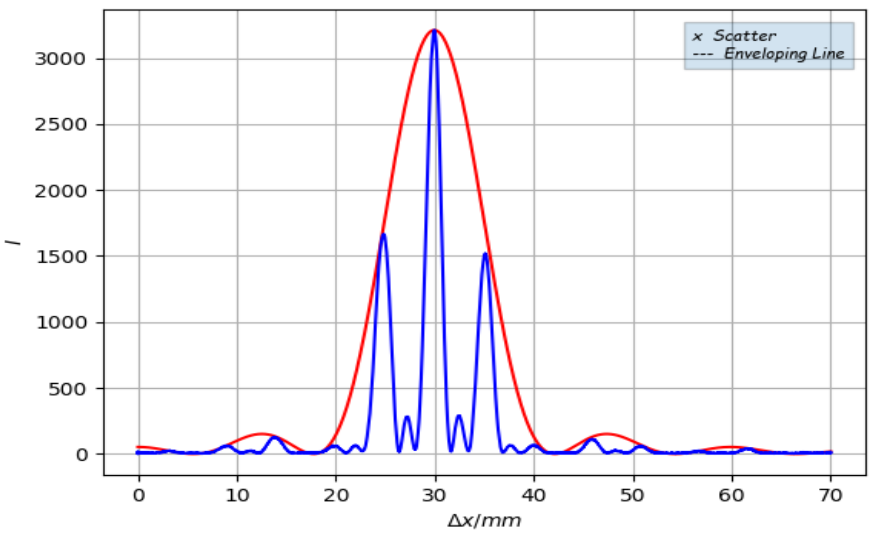

图 9: 三缝衍射光强分布原始数据散点图

5.4.2 理论与实验比较

为检验理论与实验的符合程度，我们将两者的曲线进行比较分析。
在 3.1 与 3.2 节中，我们计算用两种方法出了 $d_1 = (91.6 \pm 0.8)\mu m$, $d_2 = (90.3 \pm 2.3)\mu m$

我们不妨取 $\bar{d} = \dfrac{d_1 + d_2}{2} = 90.9\mu m$ 和 $a = 34.26\mu m$，且傍轴条件使得 $sin\theta = \Delta x/z$
因此我们带入 $\bar{d}$ 和 a 绘制图像如下图所示：

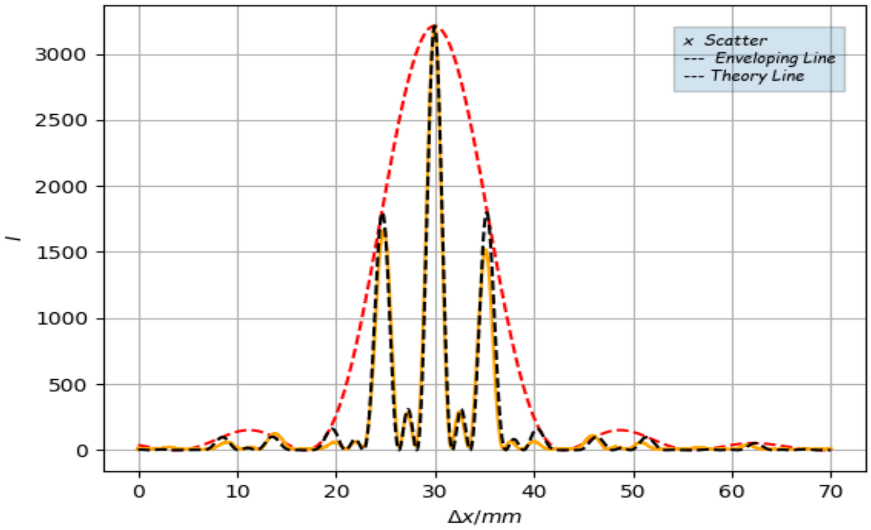

图 10: 三缝衍射光强分布原始数据与理论对比曲线

其中黑色虚线为代入狭缝宽度和中心光强后的理论曲线，橙色散点图为通过实验数据画出的散点图，红色虚线为包络线，从上图我们可以看到，我们的实验曲线和理论曲线除了次极强的位置实验比理论差了一点，其余部分的吻合程度还是相当高的，从而验证了理论的正确性以及实验的准确性。

5.4.3 曲线拟合绘图

除了直接通过原始数据计算以外，我们还可以通过理论公式进行曲线的拟合计算，来求得最适合的拟合参数，即缝宽 a，缝间距 d 以及中心相对光强 I_0。

我们将全部原始数据输入，并使得曲线调整至最佳收敛状态，得到的曲线如下图所示：

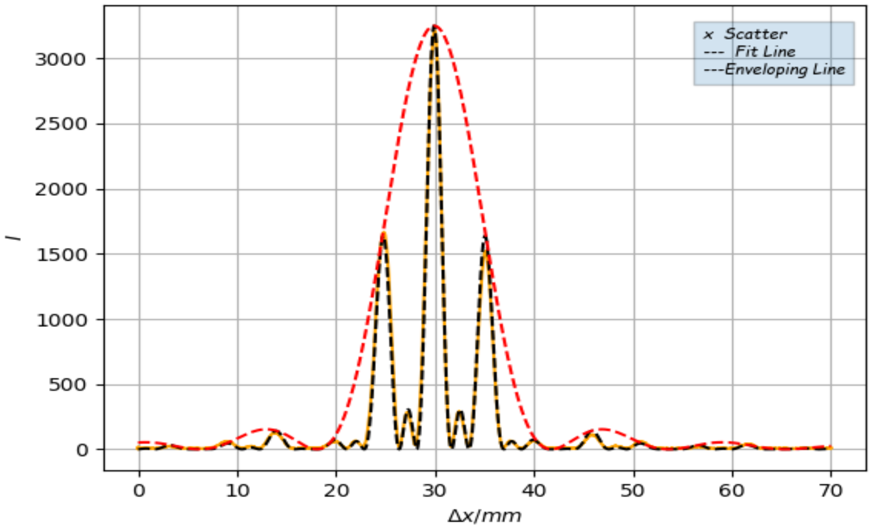

图 11: 三缝衍射光强分布原始数据与拟合曲线

其中黑色虚线为拟合曲线，红色虚线为包络线，橙色曲线为原始数据的散点图，这样我们观察图像可知 $I = I_0(\frac{sinu}{u})^2(\frac{sinN\beta}{sin\beta})^2$

其中 $I_0 = 3250.3 \pm 1.9$, $x_0 = (29.9066 \pm 0.0005)mm$, $u = (0.2652 \pm 0.0003)(x - x_0)$, $\beta = (0.5933 \pm 0.0003)(x - x_0)$

(其中的不确定度可以由拟合曲线后的协方差矩阵 $\sum$ 得出)

因此我们可以计算各参量的不确定度为:

①中心最大相对光强:$I_0 = 3250.3 \pm 1.9$

②中心最大相对光强位置:$x_0 = (29.9066 \pm 0.0005)mm$

③缝宽:$a = (40.76 \pm 0.04)\mu m$

④缝间距:$d = (91.18 \pm 0.03)\mu m$

$\therefore$ 拟合出来的 $a = (40.76 \pm 0.04)\mu m$, 与我们的计算值 $a = 34.26\mu m$ 相差较大，应该是实验过程中测量暗纹时光强测量不准造成的误差，$d = (91.18 \pm 0.03)\mu m$, 与我们计算出来的 $d = 90.9\mu m$ 极为接近，因此可以看出我们的实验数据比较合理。

5.4.4 python 代码拟合作图

因为若只拟合 a 和 d 两个参量，达到 0.0001 的精度的时候我们代码已经要运行 10min，因此我们在程序中将 $I_0 = 3250.3, x_0 = 29.9066mm$ 定为常量，只拟合缝宽 a 和缝间距 d, 其中缝宽 a 从 $35\mu m$~$45\mu m$ 等间距取 100 个点，缝间距 d 从 $85\mu m$~$95\mu m$ 等间距取 100 个点，拟合作图如下 ($python$ 代码在后面):

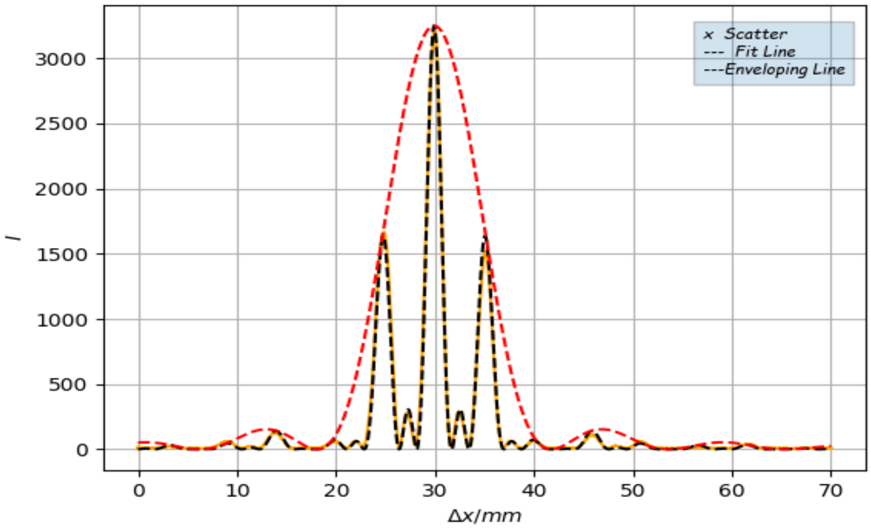

图 12: 三缝衍射光强分布原始数据与代码拟合曲线

其中黑色虚线为拟合曲线，红色虚线为包络线，橙色曲线为原始数据的散点图，我们通过代码运行给出的参数有:

$$a = \frac{(0.227733 + 59 \times 0.00064) \times 632.8 \times 0.763}{\pi} \mu m = 40.80 \mu m$$

$$d = \frac{(0.553067 + 63 \times 0.00064) \times 632.8 \times 0.763}{\pi} \mu m = 91.20 \mu m$$

从中我们可以看到与软件曲线拟合的参数极为接近，画出来的图几乎没有差别，可以验证我们的代码的正确性以及数据的正确性。

6 python 源代码 (以三缝数据为例)

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
filename = '三缝.txt'
pos = []
Efield = []
list1=[]
list2=[]
with open(filename, 'r') as file_to_read:
    while True:
        lines = file_to_read.readline() # 整行读取数据
        if not lines:
```

```
            break
        pass
        p_tmp, E_tmp = [float(i) for i in lines.split()]
        pos.append(p_tmp)
        Efield.append(E_tmp)
        pass
    pos = np.array(pos) # 将数据从list类型转换为array类型。
    Efield = np.array(Efield)
l=[[] for i in range(100)]
m=361.14
n=29.9066
e=0.00064
c=0.227733
w=0.553067
k=0
g=0
def residual_function(a,d):
    s=0
    i=0
    while i <=13999:
        s+=(Efield[i]-m*(((np.sin(a*(pos[i]-n)))/(a*(pos[i]-n)))**2)*(((np.sin(d*3*(pos[i]-n)))/(np.sin(d*(pos[i]-n))))**2))**2
        i+=1
    return s
while k<=99:
    j=0
    while j<=99:
        l[k].append(residual_function(c+j*e,w+k*e))
        j+=1
    k+=1
while g<=99:
    list1.append(min(l[g]))
    list2.append(l[g].index(min(l[g])))
    g+=1
q=list1.index(min(list1))
p=list2[q]
```

```
print(p,q)
x1=np.linspace(0,70,14000)
y1=9*m*(((np.sin((c+p*e)*(x1-n)))/((c+p*e)*(x1-n)))**2)
x2=np.linspace(0,70,14000)
y2=m*(((np.sin((c+p*e)*(x2-n)))/((c+p*e)*(x2-n)))**2)*(((np.sin((w+q*e)*3*(x2-n)))/(np.sin((w+q*e)*(x2-n))))**2)
plt.plot(pos,Efield,'orange')
plt.plot(x2,y2,'black',linestyle='--')
plt.plot(x1,y1,'r',linestyle='--')
plt.xlabel('$\Delta x/mm$')
plt.ylabel('$I$')
plt.grid()
plt.text(57,2880,'xScatter\n---FitLine\n---EnvelopingLine',size = 8,family = "fantasy",style = "italic",bbox = dict(alpha = 0.2))
plt.show()
```

此代码主要由以下几个部分构成:①读取已有的实验数据 *txt* 文件；②定义残差函数；③创建一个二维数组，用于储存不同参数下的残差函数值；④遍历此二维数组，找出数组内元素值最小的位置，并输出其行数和列数；⑤通过输出值计算出缝宽 a 和缝间距 d；⑥用 *matplotlib* 作原始数据散点图以及拟合曲线图。

7 分析与讨论

7.1 实验中误差来源分析

①由于夫琅禾费衍射是确定在远场条件下的，因此如果衍射屏与接收屏的距离不足以达到远场条件，那么我们的原理公式将会不成立，傍轴条件的不满足也会导致原理公式的错误。

②我们的公式要求是在光线正入射的情况下满足的，但我们调节光路时不一定能够调节得光路一定共轴等高，以及不一定能够满足光线正入射的条件，而光线斜入射时候的原理公式会发生改变，因此这也会成为误差来源之一。

③我们测量衍射屏到接收屏距离的时候会有测量的误差，而光强检测器测量光强时因为仪器的精度也会有一定误差。

④我们在测量光强时因为周围都有各种因素的干扰，存在背景灯光，以及时不时的各种遮挡而导致的光强测量不准确，这一点在利用一级暗纹来测量缝宽和缝间距上极为明显，因为本来光强较小，因此这一点误差将会从造成极大影响。