

# 牛顿环测量透镜曲率半径数据处理分析

刘春清<sup>1</sup> 刘宪举<sup>2</sup>

(1、长春工程学院 理学院 吉林 长春 130012 2、长春市第一中学 吉林 长春 130051)

**摘 要** 本文采用测定牛顿环某一暗圆环同一直径上的两个内切和外切弦再取平均值的方法来确定圆环的直径,并采用逐差法和加权线性回归方法处理分析数据。解决了牛顿环直径测量不准的问题,从而精确地计算出透镜的曲率半径。利用 Origin 软件实现了对实验数据的绘图和拟合,简化了实验数据的处理过程,减少了数据处理过程的误差。

**关键词** 牛顿环;曲率半径;逐差法;加权线性回归

牛顿环测量透镜曲率半径是普通物理实验中重要的实验之一,在具体实验中,我们所看到的干涉条纹是一系列同心圆环。通过测量各级环的直径,就可测得透镜的曲率半径,透镜凸面曲率半径的计算公式为: $R = \frac{D_m^2}{4ml}$ 。式中  $l = 589.3\text{nm}$  为入射光波波长,  $D_m$  为第  $m$  级圆环直径,  $m$  为环序。常用的实验数据处理方法有逐差法、作图法、最小二乘法、加权线性回归等<sup>[1,2,3]</sup>,但是在实际教学中,更多的时候学生会选择逐差法和作图法。而且在具体实验中,通常是以测定某一暗圆环同一直径上的两个外切弦确定。这样必将因测定圆环的直径不准确,而引进系统误差。为了拓展教学内容,减小误差,了解和掌握其他数据处理方法,本文采用测定某一暗圆环同一直径上的两个内切和外切弦再取平均值的方法来确定圆环的直径,并采用逐差法和加权线性回归方法处理分析数据。测量数据如表 1。

数据处理分析:

### 1 逐差法

采用逐差法处理实验数据,主要是考虑到玻璃接触状态引起的系统误差,因而不直接从牛顿环直径  $D_m$  去计算透镜的曲率半径,而是通过  $m-n$  个相邻暗环直径平方差  $D_m^2 - D_n^2$  的平均值  $\overline{D_m^2 - D_n^2}$  来计算。采用 Excel 办公软件计算实验数据,结果为: $R = \frac{\overline{D_m^2 - D_n^2}}{4(m-n)l} = 1.681m$

### 2 加权线性回归

对某一物理量作等精度的独立测量,由于每一次测量值所处的条件一样,我们没有理由说哪一个测量值更好,此时可按等权线性回归的方法拟合数据。但是牛顿环随着条纹级数的增加条纹变得密集,分辨率降低。具体实验中由于偶然因素可能会有相对异常数据点出现,此时要考虑数据的权重。一种简单适用的处理方法是应用

表 1 牛顿环数据表格

环序数 m	19	18	17	16	15
(左)外切	30.558	30.442	30.328	30.208	30.092
(左)内切	30.532	30.392	30.221	30.17	30.056
平均值	30.545	30.417	30.2745	30.189	30.074
(右)外切	21.268	21.358	21.462	21.579	21.688
(右)内切	21.301	21.403	21.521	21.628	21.796
平均值	21.2845	21.3805	21.4915	21.6035	21.742
$D_m$	9.2605	9.0365	8.783	8.5855	8.332
环序数 n	9	8	7	6	5
(左)外切	29.316	29.173	29.000	28.842	28.652
(左)内切	29.282	29.11	28.988	28.768	28.582
平均值	29.299	29.1415	28.994	28.805	28.617
(右)外切	22.466	22.626	22.78	22.998	23.129
(右)内切	22.528	22.708	22.845	23.022	23.218
平均值	22.497	22.667	22.8125	23.01	23.1735
$D_n$	6.802	6.4745	6.1815	5.795	5.4435
$D_m^2 - D_n^2$	39.48966	39.73918	38.93015	40.12879	39.79053

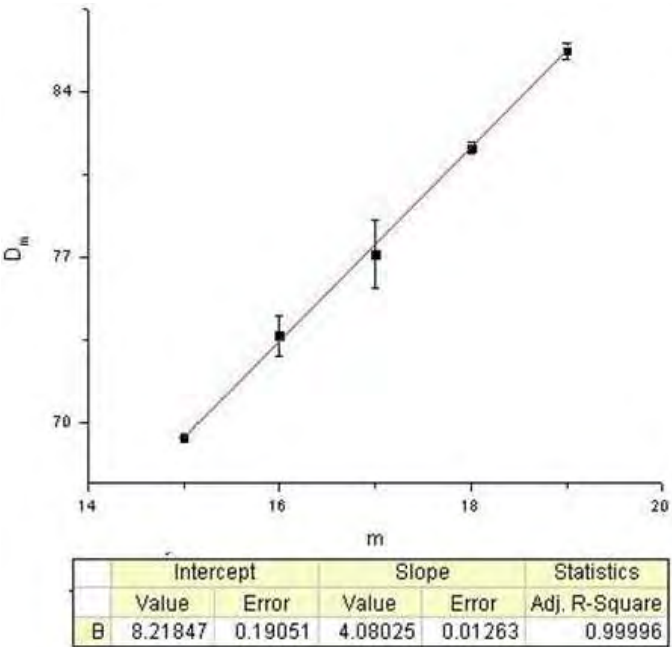


图 1 加权线性回归图

等权重回归拟合得到的残差平方倒数作为权重,对数据进行加权回归分析。本文加权线性回归采用著名的科技绘图和数据分析软件 Origin 来实现,拟合曲线如图 1 所示。

根据拟合结果的斜率 (slope) 值可以求得透镜的曲率半径为: $R = 1.731m$ 。

### 参考文献

- [1]鞠曙光,郭延生.大学物理基础实验[M].北京:高等教育出版社,2015.2.
- [2]何晓明.牛顿环测透镜曲率半径数据处理[J].青海师范大学学报(自然科学版),2007(2).
- [3]赵近芳.大学物理学[M].北京:北京邮电大学出版社,2006-2-1.