

用 Origin 进行线性拟合并修正系统误差

——以“验证马吕斯定律”实验为例

邓丽芳 张军朋

(华南师范大学物理与电信工程学校 广东 广州 510006)

(收稿日期:2017-05-25)

摘要:介绍了用 Microcal Origin 软件进行实验数据处理与线性拟合并进行系统误差修正的具体方法.以验证马吕斯定律实验中入射光振动方向与检偏器主截面之间的夹角 θ 和通过光电探测器探测到的光电流强度 I_θ 的数据处理以及 $I_\theta \sim \cos^2\theta$ 线性拟合为例,并找出系统误差,对测量结果进行修正,展现了 Origin 软件的便捷、高效、直观等优点.

关键词:Microcal Origin 数据处理 线性拟合 系统误差

对于线性曲线拟合,常用的方法有作图法^[1],即在作图纸上人工拟合直线,此方法很方便,但却不是一种建立在严格的统计理论基础上的数据处理方法.在作图纸上人工拟合直线时存在一定的主观随意性,难免会增大误差.而最小二乘法是数据线性拟合中最常用的一种实验数据处理方法^[2].但是,如果运用最小二乘法手工计算拟合参数值,所需的计算比较繁琐,且容易出错.

现在计算机中的 Excel 或是 Origin 等数据图像分析软件中,在进行线性拟合时大都选用了最小二乘法算法.运用计算机软件进行数据处理和作图,有着简便快速、精确度更高的优点,这也是信息时代发展的要求.

本文将选用验证马吕斯定律实验为例,介绍运用 Origin 软件进行实验数据线性拟合的具体方法^[3],并通过 Origin 软件处理实现消除系统误差.

行相应的计算机模拟,一方面能提前了解实验应有的现象,一方面也能理清实验的大致步骤与要求,通过计算机模拟与实际实验相结合的方式,相信可以帮助学生深刻理解光学实验的设计思想与包含的物理原理.

但笔者最后需要强调并明确一点:计算机模拟是基于理想情况下的结果,在物理学习过程中仅起到知识点的预习和复习作用.物理学科的教学重点

1 马吕斯定律^[1]

马吕斯定律是指:强度为 I_0 的线偏振光通过检偏器后,透射光的强度为

$$I_\theta = I_0 \cos^2\theta \quad (1)$$

式中 θ 为入射光振动方向与检偏器主截面之间的夹角.其实验图如图 1 所示.



图1 验证马吕斯定律光路图

在本实验中,需要对实验所得的 I_θ 和 θ 进行数据处理,并拟合 $I_\theta \sim \cos^2\theta$ 关系曲线,验证马吕斯定律.

2 用 Origin 实现实验数据的线性拟合

下面是以验证马吕斯定律实验为例,说明 Origin 在运用最小二乘法算法进行实验数据线性拟

仍然在于实验室的真实实验,其作用是模拟实验不能替代的.望物理学子与物理教师们时刻谨记这点.

参考文献

- 冯杰. 大学物理专题研究. 北京:北京大学出版社,2011. 209 ~ 214
- 易明. 普通物理学教程. 光学. 北京:高等教育出版社,1999. 140 ~ 167

合的方法步骤.

2.1 数据输入与处理

首先将得到的实验数据输入 Origin 的工作表 worksheet 中. 按其默认设置打开一个工作表窗口, 在本文实验中共有 11 组数据, 将其输入工作表中, 如图 2 中 A(X1), I1(Y1), I2(Y1), I3(Y1) 所示. 然后在工作表中通过 Column/Add New Column 新增一列, 命名为 B(X2) 用于存放夹角 θ 的余弦的平方. 选中 Column B(X2), 右击然后选 Set Column Values 将跳出一个窗口, 然后在编辑窗口输入 Column B(X2) 的赋值运算公式: $\text{Col}(B) =$

	A[X1]	I1[Y1]	I2[Y1]	I3[Y1]	B[X2]	IMean[Y2]	Mean1[Y2]
1	90	0.016	0.008	0.008	74915E-33	0.01067	5.55433
2	81	33.1	36.1	34	0.02447	34.4	39.94366
3	72	133	137	134	0.09549	134.66667	140.21033
4	63	290	293	296	0.20611	293	298.54366
5	54	501	498	494	0.34549	497.66667	503.21032
6	45	723	724	726	0.5	724.33333	729.87697
7	36	949	953	952	0.65451	951.33333	956.87697
8	27	1156	1151	1152	0.79389	1153	1158.54366
9	18	1306	1309	1307	0.90451	1307.33333	1312.87703
10	9	1431	1433	1434	0.97553	1432.66667	1438.21029
11	0	1473	1473	1476	1	1474	1479.54366
12							

2 原始数据的输入与处理

2.3 原始数据的线性拟合

本实验要求 $I_{\theta} \sim \cos^2 \theta$ 为线性拟合. 点击 Analysis 分析菜单, 选择线性拟合 Fit Linear. 此时 Origin 自动调用内置最小二乘法线性拟合工具. 图中新增一条拟合出来的直线, 同时弹出结果窗口

$\cos(\text{Col}(A) * \text{pi}/180)^2$, 点击 OK, 则可快速求得夹角 θ 的余弦的平方. 同样的方法再新增一列命名为 IMean(Y2). IMean(Y2) 用于存放光电流 I_{θ} 的平均值, 其赋值运算公式为: $\text{Col}(\text{IMean}) = (\text{Col}(I1) + \text{Col}(I2) + \text{Col}(I3))/3$, 即得到电流 I_{θ} 的平均值.

2.2 调用绘图窗口

点击 Plot 菜单的 Scatter 功能项, 将弹出绘图坐标轴选项. 将 B(X2) 设置为 X 轴, 将 IMean(Y2) 设置为 Y 轴后, 出现绘图 Graph 窗口下的数据点状分布图^[4].

Results log, 显示拟合结果, 包括线性回归方程系数 A, B 标准差 SD, 相关系数 R 等参数.

如图 3 所示, 本实验中, $A = -5.54366$, $B = 1466.07108$, $SD = 7.72654$, $R = 0.99992$. 至此, 完成了数据输入处理, 线性拟合和图示化表征.

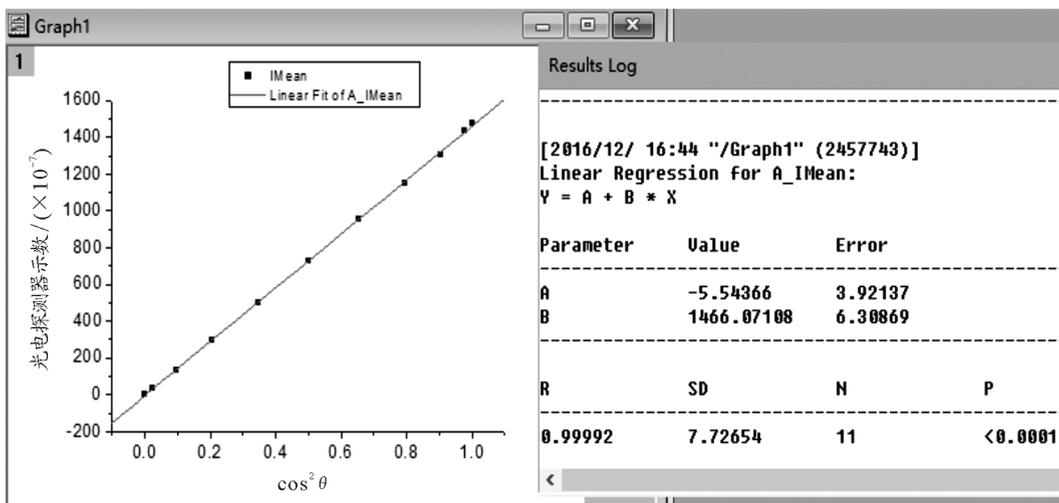


图 3 原始数据拟合曲线以及相关拟合参数

3 实验误差分析

从上面拟合参数我们可以看到,拟合的直线线性度很高: $R=0.999\ 92$.但马吕斯定律的公式表达为

$$I_{\theta} = I_0 \cos^2 \theta$$

在理论上拟合的 $I_{\theta} \sim \cos^2 \theta$ 直线应该是一条过原点的直线,但拟合的直线并没有过原点,而是通过的点 $(0, -5.543\ 66)$.也就是在夹角 $\theta=90^{\circ}$ 时,光电探测器探测到的光电流强度 I_{θ} 并不为零.

对于拟合直线线性度高,但不经过原点,通过分析,其原因主要有以下两点:

(1) 在普通物理实验室中使用的偏振片一般认为是理想偏振片.而事实上,偏振片放置时间过长,或是使用、保存不当都会造成偏振片的退偏振,而存在退偏振现象的偏振片便不能像理想偏振片那样使光振动方向与偏振片透振方向平行的光完全透射,将与透振方向垂直的光完全吸收^[5].所以,当实验室的偏振片存在退偏振时,在夹角 $\theta=90^{\circ}$ 时,光电探测器探测到的光电流强度 I_{θ} 也并不为零.

(2) 实验室并不是一个理想的暗室,即使调节检偏器与起偏器完全垂直,以达到消光的目的,而光电流探测器的示数通常情况也不为零,只是示数为

最小值.

4 用 Origin 修正系统误差

这一误差主要是由仪器误差和环境误差等造成的系统误差.要减小系统误差,一是消除产生系统误差的根源:即换用理想偏振片,并在理想暗室进行此实验;二是找出修正值,对测量结果进行修正^[6].在各普通物理实验室中,要实现在产生系统误差的根源上消除误差,并不现实.但我们可以通过数据处理,找到修正值,对测量结果进行修正.

前面通过 Origin 进行原始数据的线性拟合,我们可以看到,此实验系统误差的修正值为 $A=-5.543\ 66$.下面将介绍如何运用 Origin 对测量结果进行修正.

4.1 数值修正

调出数据的工作窗口 A,新增一列,命名为 Mean1(Y2),用于存放修正后的光电流 I_{θ} 的平均值,其赋值运算公式为

$$\text{Col}(\text{Mean1}) = \text{Col}(\text{IMean}) + 5.543\ 66$$

即得到修正后的数值,如图 2 中的数列 Mean1 所示.

4.2 修正系统误差后的拟合

以 B(X2) 为 X 轴,Mean1(Y2) 为 Y 轴重新拟合曲线,如图 4 所示.

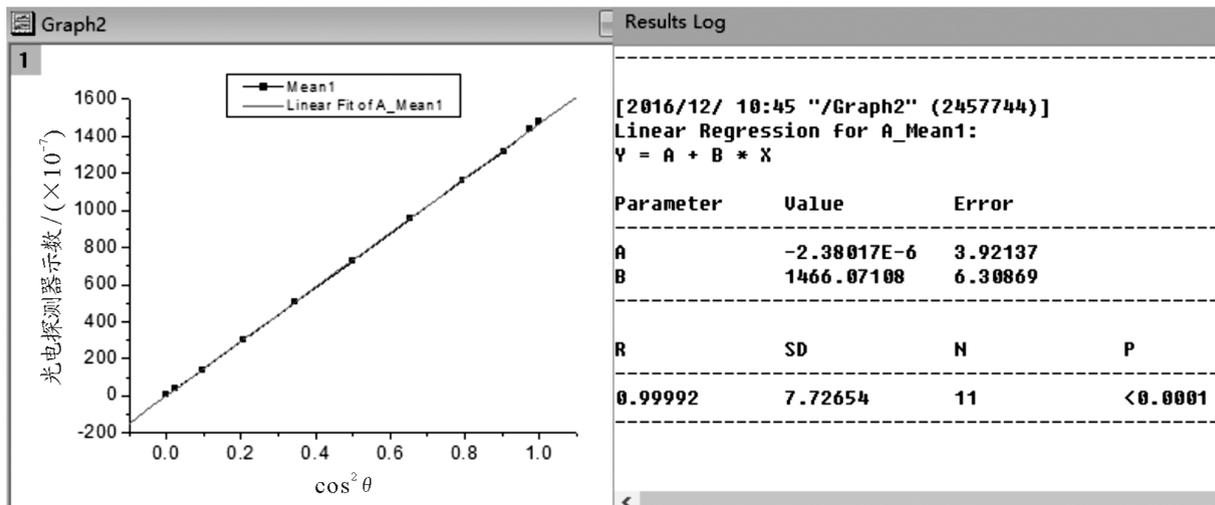


图 4 修正系统误差后的线性拟合

4.3 修正系统误差前后的参数比较

由表1可以看到通过修正线性方程系数 A , 然后运用 Origin 重新拟合曲线, 可以在保证拟合线性

度不变的情况下, 减小了系统误差的影响. 因此, 在受到实验条件限制的情况下, 通过 Origin 软件找到系统误差的修正值, 并进行修正相当方便的.

表1 修正系统误差前后的参数比较

参数	线性方程系数 A	线性方程系数 B	标准差 SD	相关系数 R
修正前	-5.543 66	1 466.071 08	7.726 54	0.999 92
修正后	$-2.380 17 \times 10^{-6}$	1 466.071 08	7.726 54	0.999 92

5 结论

本文以验证马吕斯定律实验的数据处理和线性拟合并修正其系统误差为例, 介绍了 Microcal Origin 数据分析软件用于数据线性拟合的方法和步骤, 并利用其查找系统误差的修正值, 并进行系统误差的修正, 更好地验证了马吕斯定律. 整个 Origin 软件的处理过程简洁、快速、有效、直观. 将 Origin 计算机软件应用到实验数据处理分析上, 可以大大节省数据处理的时间, 提高实验结果的精度.

参考文献

1 华南师范大学物理系, 物理学科基础课实验教学示范中

心. 普通物理实验.

2 裘俊红, 郭天民. 若干数据线性拟合方法分析. 石油大学学报(自然科学版), 1996(06): 121 ~ 125.

3 王鑫, 吴先球, 蒋珍美, 等. 用 Origin 剔除线性拟合中实验数据的异常值. 山西师范大学学报(自然科学版), 2003(01): 45 ~ 49

4 邓晓敏, 张军朋, 吴先球, 等. 利用 Origin 确定实验中非线性函数的曲线关系. 大学物理实验, 2011, 24(1): 73 ~ 76

5 马磊, 赵琨, 李吉夏, 等. 马吕斯定律用于退偏振片时的修正及实验验证. 大学物理, 2010(05): 58 ~ 61

6 张启德, 李新乡, 陶洪, 等. 物理实验教学研究. 北京: 科学出版社, 2013. 74 ~ 75

Conducting Linear Fitting and Correcting Systematic Error Using Origin

—Take Validating Malus Law for Instance

Deng Lifang Zhang Junpeng

(South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract: The paper introduces the specific method of experimental data processing, linear fitting and correction for systematic error with Microcal Origin software. To take validating the Malus law for instance, processing the data of the angle between the vibration direction of the incident light and the partial detector main section and the photo-current intensity detected by the photodetector, fitting the line of $I_{\theta} \sim \cos^2 \theta$, then finding the system error, to modify the measured results. It shows the advantages of Microcal Origin software: convenient, efficient and intuitive.

Key words: Microcal Origin; data processing; linear fitting; system error