

密立根油滴实验数据处理方法改进

张晓光, 张风雷

(辽东学院 机械电子工程学院, 辽宁 丹东 118003)

摘 要: 密立根油滴实验数据处理中传统的作图法具有简单直观的优点, 但是也存在对数据精度要求高、只能针对少量数据和只适用于手工操作的不足。为了解决作图法存在的局限性, 设计了一种算法, 使用计算机寻找作图法中的直线最优解, 并可以绘制出数据处理图像。通过多次实验对比发现, 此方法对测量数据精确度要求不高, 而且适用于大量测量数据的元电荷寻找。该方法可以快速精确地找出基本电荷估计值, 而且通过图像可以直观地评估实验数据的好坏程度, 在实验教学中具有应用价值。

关键词: 油滴实验; 数据处理; 元电荷

中图分类号: O441.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4939 (2017) 03-0221-03

美国物理学家密立根所设计的油滴实验首次精确地测定了电子的电荷, 直接证实了电荷的量子性, 在近代物理学发展史上具有重要意义^[1]。实验中一般要求测定一组带电油滴的电荷量(q_1, q_2, \dots, q_n), 然后通过计算这组电荷量的最大公约数来确定电子电荷的大小。这个实验所包含的实验方法和物理思想很具有启发性, 因此成为大学物理中常做的一个实验。但是这个实验的数据处理(即确定每个油滴所带的电子数, 找出这个电荷的最大公约数)始终是一个难以完美解决的问题。目前文献中常见的数据处理方法有验证法^[2]、作图法^[3]、余数法^[4]、差值法^[5]及函数图像法等^[6], 这些方法都有各自的优点及不足。本文针对作图法进行算法优化, 提出一种既直观而计算量又比较小的数据处理方法。

1 基本思路

1.1 作图法简介

如图 1 所示, 以自然数为横坐标, 以油滴实

验中测得电荷量 q 为纵坐标作方格图。在横轴上通过各自然数坐标点分别画出各条垂直线, 在纵轴上标出所测得的油滴电荷值得坐标位置, 然后通过这些坐标点分别画出各条水平线。然后, 自原点做出射线尽量与格点相交。若有某一射线与图中所经格点均相交, 则此直线的斜率就是元电荷 e_0 。该方法的优点是原理简单直观, 但要求测量值尽量精确, 且要求测量数据不能太多, 否则难以人工判断, 在使用上存在局限性。针对作图法的不足, 本文提出以计算机对作图法进行改进。图 1 中使用的实验数据见表 1。

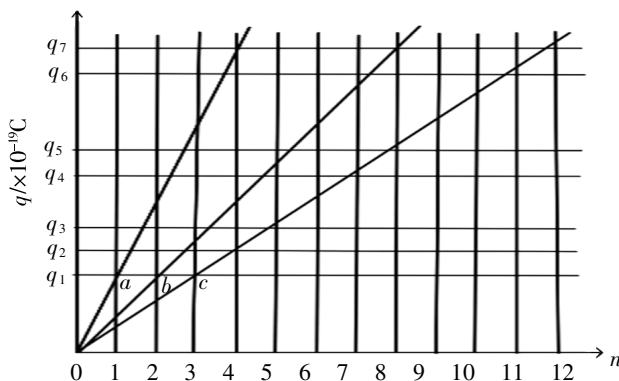


图 1 作图法原理

收稿日期: 2017-05-23

作者简介: 张晓光 (1970—), 女, 辽宁鞍山人, 实验师, 研究方向: 物理实验教学。

表1 油滴实验中测得的油滴带电量

序号	1	2	3	4	5	6	7
q	4.90	6.49	8.15	11.36	12.98	17.74	19.50

1.2 利用计算机对作图法改进

理论上,对作图法中最优直线的选取应符合最小二乘原理。所谓最小二乘原理,从几何上说就是找到一条直线,使得各测量点到此直线的垂直距离的平方和为最小。对油滴实验,这些测量点就是作图法中的各个相交的格点。

点 (x_0, y_0) 到直线 $y=kx+b$ 的距离为

$$d = \frac{|kx_0 - y_0 + b|}{\sqrt{k^2 + 1}}$$

按照电荷量子化假设, $q=ne$, 测量点集为 $(n_1, q_1), (n_1, q_2), \dots, (n_m, q_n)$ 。则测量点集到直线 $q=ne$ 的距离平方和为

$$\Delta = \sum d^2 = \sum \frac{(ne - q_i)^2}{e^2 + 1}$$

对于直线斜率 e , 使用一系列试探值。当找到某一特定值 e_0 使 Δ 为最小时, 这个特定值 e_0 就是电荷的基本电量。

2 算法实现

使用 MATLAB 软件对实验数据进行处理。

(1) 针对给定的电荷测得量生成测量点集(即作图法中的相交格点)。

```
for N=1: n
for Q= [实验中测得的各个油滴电量];
S= [S; [N Q]];
end
end
```

其中, n 为实验数据的个数。

(2) 计算各相交格点到直线的距离平方

```
m= (t.*S(:,1) - S(:,2)).^2/ (t.*t+1);
```

其中 t 为直线斜率。

(3) 找出距离直线最近的 n 个点。其中, n 为

实验数据的个数。

```
m=sort (m);
```

```
m (n+1, 格点总数) = [];
```

(4) 计算这 n 个点到直线的平方和 Δ

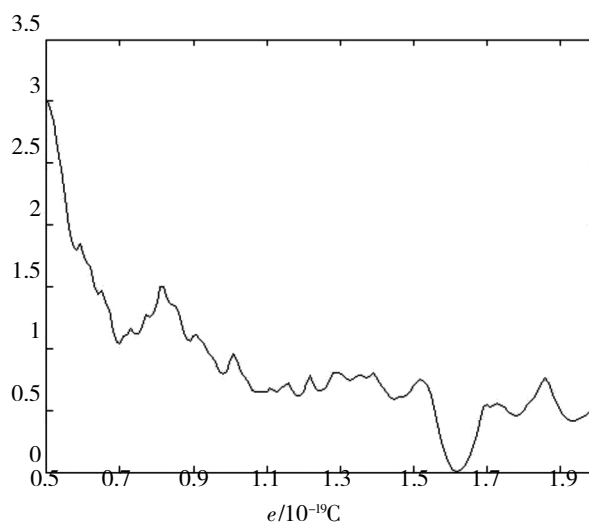
```
 $\Delta$ =sum (m);
```

(5) 对直线斜率取不同的值, 找到最小值 Δ_{\min} 。

这个最小值 Δ_{\min} 就是基本电荷量 e_0 , 同时可以绘制 Δ 曲线, 使实验数据处理更加直观。

3 实验数据处理及讨论

图2是根据表1数据绘制的 Δ 曲线。从该图像可以很容易地找到最小值在 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 处。

图2 油滴实验数据的 Δ 曲线

在本文中, 试验电荷值从 $0.5 \sim 2.0$ 之间选取, 发现最小值出现在 1.6 附近。当试验电荷值在 $0 \sim 0.5$ 之间时, Δ 的值要比图2中的值更大。从图像上可以看出, 这个 Δ 曲线要比文献[6]中的图像更能方便直观地找到 e 值。而且由于采用计算机处理, 可以对大样本实验数据进行处理, 避免作图法自身弱点。另外从多次实验发现, 本方法

具有鲁棒性, 即使某些实验数据不那么精确也可以适用, 不过此时应根据 3σ 准则或 Grubbs 准则对个别坏数据进行剔除。关于坏数据剔除也可以很方便的利用计算机完成, 不在本文讨论之内。

总之, 本文提出的数据处理方法可以快速精确的找出基本电荷估计值, 而且通过图像可以直观地评估实验数据的好坏程度, 在实验教学中具有应用价值。

参考文献:

- [1] 曾贻伟, 龚德纯. 普通物理实验教程 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1989: 362-365.

- [2] 齐启国, 兰学忠. 密立根油滴实验数据处理分析 [J]. 黄淮学刊, 1994, 10 (3): 70-72.
 [3] 陈远容. 油滴实验中数据处理的一种新方法 [J]. 物理实验, 1993, 13 (2): 55.
 [4] 张风雷. 关于密立根油滴实验的数据处理 [J]. 丹东纺专学报, 1998, 5 (3): 45-46.
 [5] 丁红星, 戴丽莉. 密立根油滴实验数据处理方法的分析与改进 [J]. 大学物理, 2005, 24 (7): 40-43.
 [6] 宋五洲. 密立根油滴实验数据处理 [J]. 大学物理, 2005, 24 (12): 57-58.

(责任编辑: 鞠衍清)

Data processing method in Millikan oil-drop experiment: an improvement

ZHANG Xiao-guang, ZHANG Feng-lei

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, China)

Abstract: Traditionally, the data gotten in Millikan oil drop experiment is treated with graphing method. Though it is simple and visualized, it can only manually treat few data with high precision. In this study, a Matab-based algorithm was designed to find the optimal linear solution in graphing method. By plotting the graph, the elementary charge could be found easily. The practical results showed that this method did not require high precision experiment data and could process data in a large number. By such method, the elementary charge can be quickly and easily found, and the precision of experiment data can be intuitively assessed.

Key words: Millikan oil-drop experiment; data processing; elementary charge

(上接第 220 页)

Efficiency of knitted garment production line: an evaluation based on quantization technology of industrial engineering

WANG Yu-hong

(School of Clothing and Textile, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, China)

Abstract: In some knitting enterprises, the production line efficiency is often low due to the experience-based arrangement. In this study, the quantization technology of industrial engineering was used to analyze the production procedures, job content, work time and the line beat of the knitted garment production line. By a mathematical model, the efficiency of the production line was calculated and evaluated. Accordingly, the work stages were reasonably built so that the production line of knitted garment enterprises could be scientifically arranged.

Key words: quantization technology of industrial engineering; production line efficiency; knitted garment