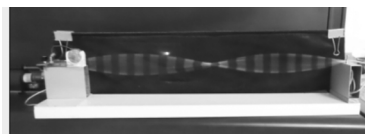
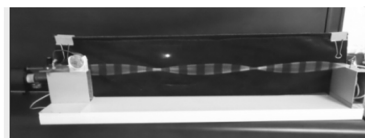


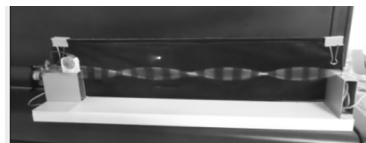
改变电动机的转速,从而改变电动机敲击弹性绳的振动频率,可以形成多种驻波图景,比较容易调节到的有2个波腹,3个波腹,4个波腹,如图4所示.若在频闪光源下演示效果更显著.从而解决了教学中的难点,突出了教学重点.



(a)



(b)



(c)

图4 演示驻波现象

4 主要优点

该演示仪具有很强的趣味性和很高的科学性,将电动机转动轴的圆周运动转化成弹性绳垂直方向的周期性运动,周期由电机的转速决定,方便调节.

该演示仪制造原理、制作过程简单,成本低廉,具有很强的实用性.

该演示仪效果明显,能够观察到明显的驻波效果,使学生清楚地了解驻波的特点.

基于逐差法的测定电源电动势与内阻实验数据处理*

王 鹏

(江苏省句容市第三中学 江苏 镇江 212400;安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241000)

孙建中

(江苏省句容市第三中学 江苏 镇江 212400)

张季谦

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241000)

(收稿日期:2015-12-06)

摘要:以测定电源的电动势与内阻实验为例,介绍了逐差法处理物理实验数据的基本方法和适用范围.计算结果表明,利用逐差法计算电源的电动势与内阻直观准确,在物理实验数据处理过程中有显著的应用价值.

关键词:逐差法 电源的电动势与内阻 实验数据处理

1 引言

从含有误差的实验数据中提取相关参数,是物理实验数据处理中的重要内容^[1,2].当物理变量间呈线性关系且自变量等间距变化,自变量测量结果的不确定度远小于因变量测量结果的不确定度,并测得偶数组数据时,即可用逐差法这种行之有效的

数据处理方法^[3,4].

利用逐差法处理实验数据时,按自变量由小到大的顺序依次排列,将偶数组实验数据等分为两大组,并将两组数据中的对应项相减^[1,5].通过逐次相减,即可验证被测量之间的函数关系,得到其变化的规律,具有对所有实验数据取平均值和减小测量结果相对误差的效果^[6~8].本文利用逐差法对“测定电

* 国家自然科学基金理论物理专款项目,项目编号:1104701;安徽省自然科学基金,项目编号:090413099;江苏省现代教育技术研究课题资助,项目编号:2014-R-29484

作者简介:王鹏(1984-),男,硕士,主要从事中学物理教学与计算物理实验研究.

源的电动势与内阻”实验数据进行处理,直观准确地计算出了电源的电动势与内阻.

2 实验模型与原理

2.1 测定电源的电动势与内阻实验模型

本实验的依据是闭合电路的欧姆定律^[9] $E = U + Ir$,其中 U 为路端电压, I 为干路电流, E 和 r 为待测电源的电动势和内阻.实验电路如图1所示.

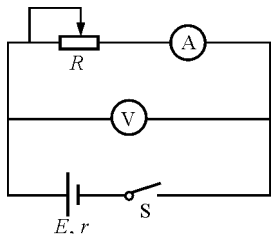


图1 伏安法测定电源的电动势和内阻电路图

闭合开关,调节变阻器,使电表有明显示数,记录若干组实验数据 (I, U) .对于理想电流表,实验获得 N 组数据 (I_i, U_i) ,其满足线性方程 $U = -rI + E$.利用线性方程的斜率 $k = -r$ 与截距 $b = E$,即可计算出待测电源的电动势 E 与内阻 r .

2.2 逐差法拟合直线的斜率与截距

若两变量满足线性关系 $y = kx + b$,且无误差自变量 x 以等步长 d 值递增,即 $x_{i+1} - x_i = d$ 时,可以通过逐差法分析与处理得到的 N 组实测数据 (x_i, y_i) ,拟合其线性函数方程.其中,拟合是在 y 方向进行,且 $N = 2n$ 是偶数.根据统计理论,直线斜率 k 与截距 b 数值的拟合公式是^[4]

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{n+i} - y_i)}{\sum_{i=1}^n (x_{n+i} - x_i)} = \frac{1}{n^2 d} \sum_{i=1}^n (y_{n+i} - y_i) \quad (1)$$

$$b = \bar{y} - k\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i - k \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2)$$

在上述计算斜率 K 与截距 b 过程中,充分利用了多个数据取平均,减少了随机误差,提高了测量结果的准确性与可靠性^[6,7].

3 基于逐差法处理实验数据

闭合开关,调节变阻器,将电流表的数值以 $\Delta I = 0.04 \text{ A}$ 为步长增加到 0.24 A ,分别测量出对应电压

表的数值 U ,实验数据如表1所示.

表1 测定电源的电动势和内阻实验数据

变量	1	2	3	4	5	6
I/A	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24
U/V	1.41	1.37	1.32	1.28	1.22	1.17

根据已知数据, $N = 2n = 6$, $d = 0.04 \text{ A}$, $\bar{x} = 0.14 \text{ A}$, $\bar{y} = 1.295 \text{ V}$,由式(1)与式(2)计算得到:直线斜率 $k = -1.1944$,截距 $b = 1.462$,则线性方程为 $y = -1.1944x + 1.462$.分别对应斜率和截距的物理意义: $k = -r$ 和 $b = E$,待测电源的内阻为 $r = 1.1944 \Omega$,电源的电动势为 $E = 1.462 \text{ V}$.

4 结果与讨论

我们采用逐差法对测定的电源电动势与内阻实验数据进行线性处理,在统计理论的基础上,通过线性方程的斜率与截距,直观、准确地计算出了待测电源的电动势与内阻,避免了传统手工绘图法引入的人为因素误差,极大程度地提高了数据处理的准确性与可靠性.

然而,事物总有两面性,分组逐差法也有其不足之处.应用逐差法处理数据, N 组实测数据 (x_i, y_i) 的个数必须为偶数,且自变量 x 必须为等间距分布,这就容易使测量的实验数据得不到最大程度的利用.因此,改进分组逐差法,提高数据利用率将是我们下一步科研工作的方向.

参考文献

- 彭志华. 逐差法处理实验数据的研究. 河南师范大学学报(自然科学版), 2004, 32(2):94 ~ 97
- 张丽. 物理实验常见数据的处理方法. 赤峰学院学报(自然科学版), 2008, 24(6):18 ~ 19
- 高永祥. 对逐差法拟合直线的讨论. 大学物理, 2010, 29(11):31 ~ 34
- 唐郁生. 分组逐差法的改进. 广西物理, 2004, 3(25):30 ~ 36
- 单明. 线性拟合中的逐差法和最小二乘法的比较. 大学物理实验, 2005, 2(18):68 ~ 70
- 潘小青. 逐差法及其应用探讨. 大学物理实验, 2010, 2(23):86 ~ 87
- 董光顺. 关于利用逐差法减小实验误差的有效性理性辨析. 物理通报, 2015(2):65 ~ 67
- 姜王欣. 逐差法和 Origin7.0 软件在大学物理实验数据处理中的比较. 大学物理实验, 2012, 2(25):83 ~ 87
- 王鹏. 最小二乘法在测定电源的电动势和内阻实验数据处理中的应用. 物理通报, 2014(8):64 ~ 66