

电动机助绳“话”驻波

刘明忠

(江西省上犹中学 江西 赣州 341200)

(收稿日期:2015-12-02)

摘要:自制绳驻波演示仪,利用电动机转动轴的圆周运动,驱动弹性绳一端做周期性振动,从而带动弹性细绳产生入射波,入射波经固定点反射形成反射波,当反射波与入射波叠加在一起,产生驻波.

关键词:绳驻波 演示仪 自制

驻波是自然界中十分常见的一种现象,例如水波,乐器发声,树梢震颤等.为了比较形象、直观地演示驻波,笔者制作了绳驻波演示仪.绳驻波演示仪是用弹性绳演示驻波的仪器,通过电动机的转动,使转动曲轴周期性敲击弹性绳,从而带动弹性细绳(即本装置的弹性绳)产生一系列入射波,入射波经固定点反射回来,当反射波与入射波叠加在一起,满足一定的条件时就产生了驻波.

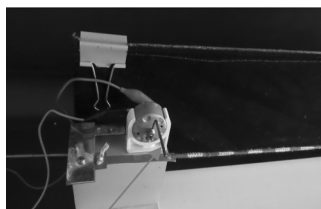
1 器材清单

小型电动机 1 个(6 V),弹性绳 1 根(80 cm 左右),长木板 1 块(长 80 cm 左右),固定支架 2 个,教学电源 1 个(J1209),滑动变阻器 1 个(50 Ω),导线若干.

2 制作方法

2.1 改装电动机

将小型电动机(6 V)的转动轴改装成转动曲轴,如图 1 所示.



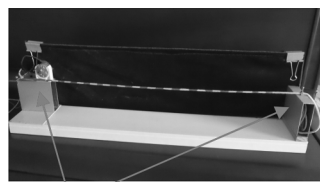
电动机转动曲轴

图 1 将电动机转动轴改装成转动曲轴

2.2 安装弹性绳

先将两固定支架固定在长木板两端合适位置,

再将弹性绳适当拉紧,两端固定在固定支架上.调节好弹性绳与小型电动机转动曲轴最低点之间的距离(弹性绳与电动机转动曲轴最低点之间距离可调),如图 2 所示.



固定支架

图 2 安装弹性绳

2.3 连接电路

将教学电源、小型电动机、滑动变阻器、开关、导线等实验器材连接成如图 3 所示的电路.

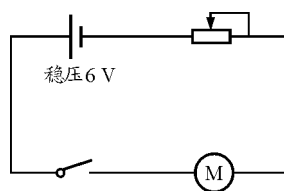


图 3 实验电路图

3 基本用途

该演示仪可演示弹性绳振动产生的横波与驻波现象.

接通开关,电动机转动时曲轴每转到最低点时周期性敲击弹性绳,就会在弹性绳上产生一系列入射波,经弹性绳另一固定点反射,形成反射波,两列波在适当的条件下叠加,可以看到中央凸起的波腹处振动最激烈,波节处几乎无振动,最终产生明显的驻

(下转第 78 页)

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.

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 .

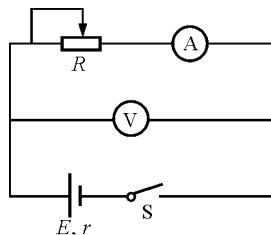


图 1 伏安法测定电源的电动势和内阻电路图

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]

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

* 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.

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

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.

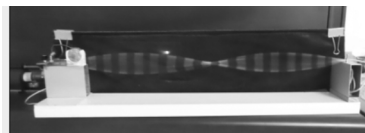
然而,事物总有两面性,分组逐差法也有其不足之处.应用逐差法处理数据, N 组实测数据 (x_i, y_i) 的个数必须为偶数,且自变量 x 必须为等间距分布,这就容易使测量的实验数据得不到最大程度的利用.因此,改进分组逐差法,提高数据利用率将是我们下一步科研工作的方向.

参考文献

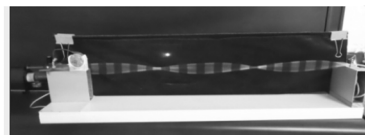
- 1 彭志华. 逐差法处理实验数据的研究. 河南师范大学学报(自然科学版), 2004, 32(2):94~97
- 2 张丽. 物理实验常见数据的处理方法. 赤峰学院学报(自然科学版), 2008, 24(6):18~19
- 3 高永祥. 对逐差法拟合直线的讨论. 大学物理, 2010, 29(11):31~34
- 4 唐郁生. 分组逐差法的改进. 广西物理, 2004, 3(25):30~36
- 5 单明. 线性拟合中的逐差法和最小二乘法的比较. 大学物理实验, 2005, 2(18):68~70
- 6 潘小青. 逐差法及其应用探讨. 大学物理实验, 2010, 2(23):86~87
- 7 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
- 8 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
- 9 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

(上接第 76 页)

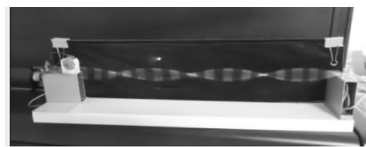
波效果.调节滑动变阻器,改变电动机的输入电流,改变电动机的转速,从而改变电动机敲击弹性绳的振动频率,可以形成多种驻波图景,比较容易调节到的有 2 个波腹,3 个波腹,4 个波腹,如图 4 所示.若在频闪光源下演示效果更显著.从而解决了教学中的难点,突出了教学重点.



(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竖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.