

利用 Origin 7.0 软件处理超声波声速实验数据

秦平力, 李端勇, 张 昱

(武汉工程大学理学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 利用 Origin 7.0 软件对驻波法测量超声波波速的实验数据进行处理. 通过整个实验数据处理, 展示 Origin 7.0 直观、快捷、高效的特点, 适合学生在物理实验的数据处理和分析中应用.

关键词: Origin 7.0 软件; 不确定度; 数据处理.

中图分类号: O4.39; TP317 文献标识码: A

0 前 言

众所周知, 大学物理实验课程在培养学生创新能力, 研究能力和实践能力上起到了重要作用. 大学物理实验几乎都存在实验数据的处理, 数据处理的工作量很大, 有时学生在处理数据上花的时间往往比实验的时间要长得多. 数据处理是物理实验中的一个重要的环节, 学生在数据处理的过程中, 可以养成严谨的科学态度和扎实的工作作风. 但是, 当学生已经掌握了一定的数据处理能力后, 仍然要求学生进行大量的繁琐、精确度往往很低的数据处理, 会使学生丧失学习兴趣, 学习效率降低. 随着计算机进一步发展和一些强大的数据处理软件的推出, 学生计算机的使用能力提高, 在学生中推广利用计算机处理实验数据的时机成熟.

辅以计算机软件处理数据^[1-3], 一方面可以消除在处理数据时人为引入的各种误差, 提高数据处理的精确度, 使得同样的数据能得到相同的结果, 从而为客观的评价的实验结果提供依据, 另一方面也可以避免繁杂费时的数据处理过程. 这样, 可告别坐标纸、铅笔加橡皮的时代, 代之以表格、图像, 以及高的工作效率, 同时还可以强化学生的计算机应用能力, 激发学生对实验的兴趣.

常用 Excel 等软件处理一些简单实验数据. 虽然 Excel 软件具有数据处理、曲线拟合功能, 但对非线性数据处理拟合等方面不能提供很多相关信息以及参数. 因此在实际操作中, 对很多实验数据分析具有一定的局限性. 而美国 Origin Lab 公司推出的软件 Origin 7.0 在这一问题上能够提供迅速、准确的信息和参数以及图形. 采用 Origin 7.0 软件处理大

学物理实验数据^[4], 结果准确, 便于分析数据不足, 具有快速、灵活、使用简单等优点.

驻波法测超声波声速的实验数据处理通常采用逐差法. 本文拟用 Origin 7.0 软件处理驻波法测超声波的波速的数据.

1 实验原理

超声波的发射和接收一般通过电磁振动与机械振动的相互转换来实现, 最常见的方法是利用压电效应和磁致伸缩效应来实现的. 超声波的波速 V , 频率 f , 波长 λ 的关系为^[5-6]:

$$V = f \cdot \lambda \quad (1)$$

测得 f, λ , 即可计算 V . 实验装置如图 1 所示, 图 1 中 S_1 和 S_2 为压电晶体换能器, S_1 作为声源, 它被低频信号发生器输出的交流电信号激励后, 由于逆压电效应发生受迫振动, 并向空气中定向发出一近似的平面声波; S_2 为超声波接收器, 声波传至它的接收面上时, 再被反射. 当 S_1 和 S_2 的表面互相平行时, 声波就在两个平面间来回反射, 当两个平面间距 L 为半波长的整数倍时, 来回声波的波峰与波峰、波谷与波谷正好重叠, 形成驻波. 示波器上观察到信号幅值达到最大时, S_2 处为波节, 此时, 相邻两个波节点的坐标之差即为 $\lambda/2$.

2 实验数据

本实验所使用的实验测量仪器是 SV-DH-7 型超声声速测定仪, 其实验装置如图 1 所示. 原始实验数据来自于学生实验报告(见表 1). 具体实验过程不作详细介绍.

表 1 实验数据及部分数据处理

Table 1 Experimental data and treating of part data

序号 n	f_n/kHz	x_n/cm	$\Delta f_n - f_n - \bar{f}/\text{kHz}$
1	36.267	3.7895	-0.004
2	36.268	4.2592	0.003
3	36.269	4.7369	-0.003
4	36.269	5.2131	-0.003
5	36.271	5.6959	0.000
6	36.271	6.1670	0.000
7	36.271	6.6300	0.000
8	36.272	7.1141	0.001
9	36.272	7.5815	0.001
10	36.272	8.0078	0.001
11	36.272	8.5078	0.001
12	36.273	8.9899	0.002
13	36.273	9.4575	0.002
14	36.273	9.9320	0.002
15	36.274	10.4099	0.003
16	36.274	10.8880	0.003

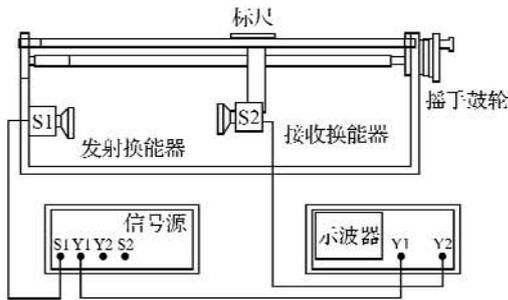


图 1 驻波法连线示意图

Fig. 1 Schematic diagram of wire connection by standing wave method

3 用 Origin 7.0 处理实验数据

3.1 数据输入

在 Worksheet 中输入实验数据, 将表 1 中的序号 n 作为 X 轴, S_2 处为波节的位置坐标作为 Y 轴(见图 2)。

3.2 调用绘图窗口

全选所有输入的实验数据后, 点击菜单 Plot 的 Scatter, 能得到数据点状分布图 Graph1. 将鼠标放在 Graph1 上的坐标轴上双击, 弹出一个对话框, 在这个对话框中设置相应坐标轴参数(见图 3)。

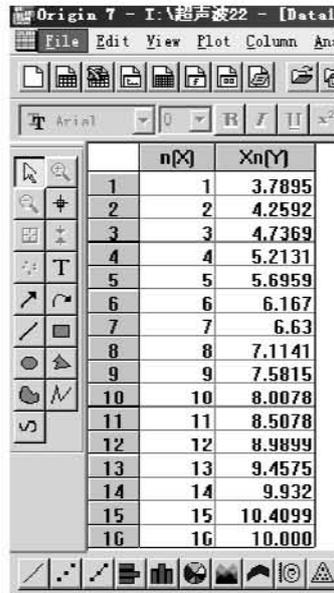


图 2 在软件 Origin 7.0 中的实验数据

Fig. 2 Experimental data in Origin 7.0 software

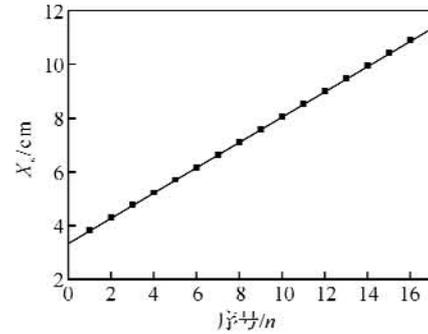


图 3 线性拟合图

Fig. 3 Linear fitting diagram

3.3 线性拟合

点击菜单 Analysis 的线性拟合 Fit Linear, 此时 Origin 7.0 自动调用内置的最小二乘法线性拟合工具. 在绘图窗口图 Graph1 中新增一条拟合出来的直线, 同时弹出结果窗口 Results Log, 显示拟合结果, 包括线性回归方程系数 A 、 B 、标准差 δ (SD)、相关系数 R 等参数(见表 2). R 平方值代表拟合曲线的确定系数, 用来检验拟合方程是否符合变量间的规律及拟合曲线的精度如何. R^2 值越接近 1, 说明实测数据点越靠近拟合曲线, 拟合线越可靠. 从表 2 中可以得出 $R_2 = 0.99998$. 因此该直线拟合非常可靠。

表 2 X_n-n 数据拟合参数

Table 2 Parameters of fitting data

Linear Regression for Data1_C:		Y = A + B × X	
Parameter	Parameter Value	Error	
A	3.32194	0.00661	
B	0.47227	6.83891E-4	
R	SD	N	P
0.99999	0.01261	16	<0.0001

3.4 处理拟合结果

从拟合结果(见表 2)可以看出 B 值就是相邻两个波节之间的距离, 即:

$$\frac{\lambda}{2} = 0.4723 \pm 0.0007 \text{ (cm)}$$

根据数据处理的有关规则有:

$$\lambda = 0.945 \pm 0.001 \text{ (cm)} \quad (1)$$

$$\bar{f} = \frac{1}{16} \sum_{n=1}^{16} f_n = 36.271 \text{ (kHz)}$$

$$\Delta_{Af} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{16} \Delta f_n^2}{n-1}} = 0.0023 \text{ (kHz)}$$

在这里近似认为 Δ_{Bf} 是信号源频率读数窗口最小读数数值, 即:

$$\Delta_{Bf} = 0.001 \text{ (kHz)}$$

$$\Delta_f = \sqrt{\Delta_{Af}^2 + \Delta_{Bf}^2} = \sqrt{0.0023^2 + 0.001^2}$$

$$=0.0025 \approx 0.003(\text{kHz})$$

$$\therefore f = 36.271 \pm 0.003(\text{kHz}) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \bar{V}_{\text{origin}} &= \bar{f} \cdot \bar{\lambda} = 36.271 \text{ kHz} \times 9.45 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 342.76(\text{m/s}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_V &= \sqrt{\left(\frac{\partial(f \cdot \lambda)}{\partial \lambda}\right)^2 \Delta_\lambda^2 + \left(\frac{\partial(f \cdot \lambda)}{\partial f}\right)^2 \Delta_f^2} \\ &= \sqrt{f^2 \Delta_\lambda^2 + \lambda^2 \Delta_f^2} \\ &= \sqrt{(36.271 \text{ kHz})^2 \times (0.001 \text{ cm})^2 + (0.945 \text{ cm})^2 \times (0.003 \text{ kHz})^2} \\ \therefore V &= 342.8 \pm 0.4(\text{m/s}) \quad (3) \\ &= 0.37(\text{m/s}) \approx 0.4(\text{m/s}) \end{aligned}$$

$$E_{\text{origin}} = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% = 0.12\% \quad (4)$$

3.5 理论值计算

考虑空气干湿度,声速在空气中传播速度的理论值^[7]为

$$\begin{aligned} V_{\text{理}} &= V_0 \sqrt{\left(1 + \frac{t}{T_0}\right) \left(1 + 0.3192 \times \frac{r P_s}{P}\right)} \quad (5) \\ &= 331.45 \times \sqrt{\left(1 + \frac{14.4}{273.15}\right) \left(1 + 0.3192 \times \frac{72.1\% \times 1598.1}{1.013 \times 10^5}\right)} \\ &= 340.69(\text{m/s}) \end{aligned}$$

式(5)中 $V_0 = 331.45 \text{ m/s}$ (V_0 为 0°C 时的声速), $T_0 = 273.15 \text{ K}$, r 为相对湿度, P_s 为室温为 t 时空气饱和蒸汽压, $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (P 为大气压). 当 $t = 14.4^\circ\text{C}$ 时, $P_s = 1598.1 \text{ Pa}$, $r = 72.1\%$

用 Origin 7.0 软件进行数据处理得到平均声速与声速在空气中传播速度的理论值相比较计算出的百分误差为

$$\begin{aligned} E_{\text{origin}} &= \frac{|V_{\text{origin}} - V_{\text{理}}|}{V_{\text{理}}} \times 100\% \\ &= \frac{342.76 - 340.69}{340.69} \times 100\% = 0.61\% \quad (6) \end{aligned}$$

4 讨论

从式(4)来看,用 Origin 7.0 软件进行数据得到相对误差较小;从(6)式来看,用 Origin 7.0 软件进行数据得到平均声速接近理论值.但是在实际的教学过程中,如果学生通过这种实验装置所

得到的平均声速与声速在空气中传播速度的理论值相比小于百分之一,说明学生的数据是合理.因此,用这种方法进行的实验数据处理符合实验要求.但是,用 Origin 7.0 软件进行数据处理计算量不大,并且直观、快捷、高效.从这个角度来说,用 Origin 7.0 软件对驻波法测超声波声速的实验数据处理也是一种不错的选择.

5 结 语

现在几乎所有的学生都是用逐差法进行数据处理.在计算过程中,计算工作量较大,一不小心,就会算错.甚至,有的学生对逐差法进行数据处理还没有吃透,用错实验公式.通过 Origin 7.0 软件处理实验数据,可以避免人为因素,减小工作量.尤其是在作图方面可以避免人为因素所造成的误差.

在计算机已经普及的情况下,利用 Origin 7.0 软件对大学物理实验数据进行处理,操作简单,处理数据快速、准确,可以激发学生学习兴趣,提学习效率,同时分析数据过程中具有直观、快捷、高效等特点.

参考文献:

- [1] 何菊明、王芳. 实验数据处理的线性拟合及计算机处理[J]. 武汉工程大学学报, 2008, 30(1): 117-119.
- [2] 程若娟、万其进、王秀文,等. 多巴胺在聚牛磺酸膜上的伏安行为及选择测定[J]. 武汉工程大学学报, 2008, 30(4): 20-24.
- [3] 尹洪军、蒲贵兵、孙可伟,等. 接种物预处理对泔脚发酵产氨的强化研究[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(1): 46-50.
- [4] 武新、张永胜. Origin 在曲线拟合中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2005, 17(2): 206-208.
- [5] 吴锋、张昱. 大学物理实验教程[M]. 北京: 科技出版社, 2008, 162-166.
- [6] 刘培姣. 驻波法测超声波的波速[J]. 大学物理实验, 2006, 19(2): 27-29.
- [7] 吕斯骅、段家■. 基础物理实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.

(下转第 77 页)

不断补充、更新虚拟实习平台中有关的资料。

参考文献:

- [1] 刘玉梅. 交通运输类专业宽口径人才培养模式的研究与实践[J]. 理工高教研究, 2004, (3): 42-44.
- [2] 齐义山. 高校成本控制问题初探[J]. 交通高教研究, 2004, (2): 41-42.
- [3] 刘文霞. 交通运输专业实践教学改革探索[J]. 中国冶金教育, 2007, (2): 32-33.
- [4] 蒋惠园. 交通运输管理专业发展对策[J]. 交通高教研究, 2004, (4): 61-63.
- [5] 李杰. 加强学科建设 提升大学核心竞争力[J]. 武汉工程大学学报, 2007, 29(6): 1-4.
- [6] 肖国平. 交通运输类专业人才培养模式的研究与实践[J]. 交通高教研究, 2003, (3): 52-53.
- [7] 胡雄鹰, 孙细明, 朱湘军. 利用系统模拟技术增强物流企业核心竞争力[J]. 武汉工程大学学报, 2008, 30(6): 4-6.

Research on the virtual practice platform construction of transportation major

ZHANG Pei-lin, LIU Qing, DING Tao, SUN Xiao-wen, KE Jiang-cen

(School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: This paper analyzes the problems in the practical teaching of transportation major, proposes the professional practice pattern combining site practice and virtual practice, thoroughly discusses the construction frame, content and methods of virtual practice platform. Taking practice platform construction of transportation major in Wuhan University of Technology as an example, this paper analyzes and summarizes the experience and improvement direction of virtual practice platform construction.

Key words: transportation major; virtual practice; practice platform

本文编辑:陈晓革



(上接第71页)

Application Origin 7.0 software to experimental data of the sound velocity of ultrasonic

QIN Ping-li, LI Duan-yong, ZHANG Yu

(School of Science, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Origin 7.0 software is used deal with experimental data of measuring the sound velocity of ultrasonic by standing wave method in this paper. It shows that Origin 7.0 software possesses the features of directness, swiftness and efficiency through the whole data treating process. Origin is illustrated to be suitable for data treating and analysis in physics experiment.

Key words: Origin 7.0 software; undefined degree; data treating

本文编辑:陈晓革