

关于声波在空气中衰减的实验研究*

赵文丽 高峰 曹学成

(山东农业大学信息学院 山东 泰安 271018)

(收稿日期:2011-11-27)

摘要:通过测量声波传播过程中声压峰值的变化,给出了声强衰减系数的实验结果和不确定度评估.

关键词:衰减系数 超声波 声压 声强

1 引言

目前,实验室普遍采用超声换能器测量声波在空气中的传播速度.具体方法是,让两个频率相同的压电陶瓷换能器位于同一水平高度,相向而立,其中一个由函数信号发生器激励发出平面超声波,沿水平方向传至另一换能器表面反射.入射波和反射波叠加的结果是接收换能器输出一简谐交流信号,这一信号可以通过双踪示波器观察.信号的强弱随接收换能器相对声源位置的改变而变化.当示波器测得两相邻极大值时,接收换能器所处位置间的距离正好是该声波的半个波长.利用信号发生器读出声波的频率,即可计算此环境下的声速.实验装置如图1所示^[1].

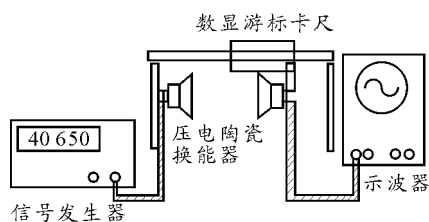


图1 实验装置示意图

声波波长测量过程中,接收换能器收到信号的振幅随着接收换能器远离发射换能器而逐渐变小.也就是说,声强随声波的传播距离变大而减小.声强衰减的规律对于声速的测量将产生不可忽视的影响.对于声场的理论和实践都有着重要的意义^[2].

2 实验原理^[3,4]

声强与声压的关系为

$$I = \frac{p_{\max}^2}{2} \quad (1)$$

其中 I 表示某一位置的声强, p_{\max} 表示对应位置的声压峰值.

声波传播过程中,声强衰减为

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (2)$$

其中 I_0 表示入射初始声强, I 为声波在介质中传播 x 距离处的声强, α 为衰减系数.式(2)两边取对数得

$$\ln I = \ln I_0 - \alpha x \quad (3)$$

I 的自然对数与 x 成线性关系,该直线的斜率值 α 正是声强衰减系数.

3 实验测量与数据

在室温 24.0°C , 数字信号频率计频率为 $40\ 650\ \text{Hz}$ 的条件下,移动接收器,记录声压波形极大时正、负峰之间的电压 U_{p-p} , 对应的接收换能器的位置 x 列于表1.应注意, U_{p-p} 为声压峰值的2倍.

表1 接收换能器位置与声压数据

接收器位置 x/mm	2倍峰值声压 U_{p-p}/V	声强 $I = \frac{p^2}{2} = \frac{U_{p-p}^2}{8}/\text{V}^2$
0.000	12.4	19.2
4.615	11.4	16.2
9.274	9.60	11.5
13.649	8.60	9.24
18.151	7.60	7.22
22.448	6.80	5.78
26.944	6.20	4.80

① 声波的平均能流密度叫做声强,它正比于声压幅值的平方,二者量纲不相同,但是有些情况当我们讨论的问题不涉及声强的绝对值时,可以直接就把声压幅值平方的一半定义为声强.

* 山东省高等教育改革研究项目,项目编号:2009282

作者简介:赵文丽(1978-),女,理学硕士,讲师,从事物理学教育及研究.

续表

接收器位置 x/mm	2倍峰值声压 U_{p-p}/V	声强 $I = \frac{p^2}{2} = \frac{U_{p-p}^2}{8V^2}$
31.218	5.80	4.20
35.684	5.40	3.64
40.218	5.20	3.38
44.624	4.80	2.88
49.006	4.50	2.53
53.561	4.20	2.20
58.145	3.70	1.71
62.526	3.40	1.44
66.947	3.15	1.24
71.419	3.05	1.16
75.870	2.90	1.05
80.408	2.80	0.98
84.903	2.65	0.88

4 数据分析

对表1中的声强 I 取对数值作 $\ln I-x$ 图,并对数据进行直线拟合,如图2所示,各数据点的分布基本

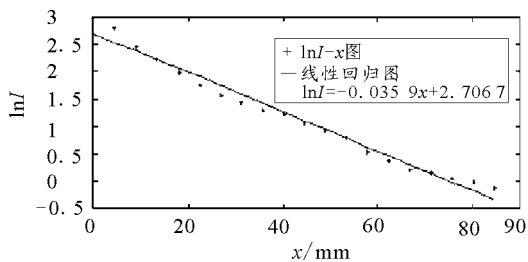


图2 声强的对数与换能器位置的关系

(上接第78页)

(2)用 Excel 和 EViews6.0 求得的斜率基本相同,但后者拟合的曲线比较光滑,截止电压取值比较方便.

综上,经过本次实验,测得了测普朗克常量.最终证明了 EViews6.0 软件进行数据处理的可行性.为我们提供了处理数据的另一种新方法,提高了实验效率.

参考文献

- 1 吴咏华. 近代物理实验. 北京:中国科技大学出版社,1995
- 2 周世勋. 量子力学. 北京:高等教育出版社,1979
- 3 陈泽民. 近代物理与高新技术物理基础. 北京:清华大学出版社,2001
- 4 张社奇. 高等学校新世纪系列教程. 基础物理学. 北京:

为一直线.拟合直线的斜率值就是声强衰减系数的实验值.线性回归处理数据的结果列于表2.结果表明, $\ln I$ 与 x 的线性相关性很好,线性回归系数值以及线性回归系数的不确定度范围非常合理.

表2 用线性回归法处理实验数据

$\ln I$ 与 x 的线性相关系数	0.990 9
回归系数 α (衰减系数)/ mm^{-1}	0.035 9
回归直线的方差 $s(\ln I_x)$	0.134 9
α 的不确定度 $U_\alpha = \frac{s(\ln I)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{20} (x_i - \bar{x})^2}} / \text{mm}^{-1}$	0.001 1
α 的测量结果 $\alpha \pm U_\alpha / \text{mm}^{-1}$	0.039 5 \pm 0.001 1

5 结论

本文测量了室温 24.0°C , 频率为 $40\ 650\ \text{Hz}$ 的超声波在空气中的衰减系数,给出了测量结果的不确定度.可以查出,与其他频段的声波相比, $40\ \text{kHz}$ 左右的超声波在空气中的衰减系数比较小,所以,实验室测量声速一般都选用该频率附近的超声波.此实验是基础物理实验室超声波测声速实验的拓展与延伸,可作为研究性或设计性实验,旨在加深学生对超声波声场的认识.

参考文献

- 1 王永刚,曹学成,高峰等. 大学物理实验. 北京:中国农业出版社,2011.29 ~ 33
- 2 朱献松,王宏志,宋君强. 能量损耗对超声声速测量的影响. 大学物理,2004,23(3):35 ~ 36
- 3 张庆,李卓凡,王小怀. 声速测定实验中声强的综合衰减系数的测定. 大学物理实验,2005,18(1):25 ~ 27
- 4 孔祥玲. 直线回归分析及其数据控制评定. 工业计量,2008,18(3):15 ~ 17

科学出版社,2001

- 5 (英)彼得·迈克尔,哈曼著. 龚少明译. 19世纪物理学概念的发展——能量、力和物质. 上海:复旦大学出版社,2000.2
- 6 竺江峰,芦立娟,鲁晓东. 大学物理实验. 北京:中国科学技术出版社,2005.212 ~ 219
- 7 赵青生,等主编. 大学物理实验. 北京:中国科技大学出版社,1993
- 8 章佳伟,殷士龙. 在光电效应实验中用曲率法测普朗克常量. 物理实验,1980,23(11):42 ~ 44
- 9 高禹,冯相忠. C语言程序设计(第二版). 北京:中国农业大学出版社,2010.1
- 10 张杰. 普朗克常数的测量和作图误差分析. 物理实验,1998(03)