

南昌大学物理实验报告

课程名称：普通物理实验（2）

实验名称：声波衰减系数的测量

学院：理学院 专业班级：物理学 151 班

学生姓名：黄泽豪 学号：5502115014

实验地点：B104 座位号：14

实验时间：第二、三周星期五下午一点五十开始

【实验目的】

1. 测出声波在空气中声强衰减系数.

【实验仪器】

声速测定仪、数字示波器、函数信号发射器、信号连接线.

【实验原理】

1. 声强与声压之间的关系

声波在大气中传播时, 引起空气中质点的振动, 从而使空气密度发生变化. 在声波所达到的各点上, 气压时而比无声时的压强高, 时而比无声时压强低, 某一瞬间介质中的压强相对于无声波时压强的改变量称为声压, 记为 p , 单位是 Pa. 声功率是指声源在单位时间内辐射的总声能量, 常用 W 表示, 单位为 W. 声功率是表示声源特性的一个物理量, 声功率越大, 表示声源单位时间内发射的声能量越大, 引起的噪声越强. 声强是指在声场中垂直于声波传播方向上, 单位时间内通过单位面积的声能, 常以 I 表示, 单位为 W/m^2 .

目前, 在声学测量中, 声强和声功率通常不易直接测量, 往往要根据测出的声压通过换算来求得, 故常用声压来衡量声音的强弱. 在自由声场中, 声波传播方向上某点声强 I 与声压 p 、媒介特性阻抗 Z 存在如下关系:

$$I = \frac{p^2}{2Z} \quad (1)$$

另外, 声波在媒介中传播时, 声强和声压幅都会衰减, 声强衰减如下式所示:

$$I_d = I_0 e^{\alpha d} \quad (2)$$

式中 I_0 表示入射初始声强, I_d 为深入媒质 d 距离处的声强, α 为衰减系数.

2. 声压与电压关系

超声换能器的核心部件是压电陶瓷片. 压电陶瓷片是用多晶体结构的压电材料(如钛酸钡), 在一定的温度下经极化处理制成的. 它具有压电效应. 在简单情况下, 压电材料受到与极化方向一致的应力 F 时, 在极化方向上产生一定的电场强度 E . 它们之间有一简单的线性关系 $E = gF$. 反之, 当在压电材料的极化方向上加电场 E 时, 材料的伸缩形变 S 与电场 E 也有线性关系 $S = kE$, 比例系数 g 、 k 称为压电常量, 它与材料性质有关.

由于 E 和 F 、 S 和 E 之间具有简单的线性关系, 因此, 能将正弦交流信号变成压电材料纵向长度的伸缩, 使压电陶瓷成为声波的波源. 反过来, 也可以使声压变化转变为电压的变化, 即用压电陶瓷片作为声频信号的接收器. 压电陶瓷超声换能器产生的超声波频率比较单纯, 方向性强, 基本上是一个平面波, 这对于提高测量的精密度是有利的.

【实验内容及步骤】

1. 调节信号源, 示波器至最佳状态. 信号源频率处于换能器共振频率附近, 示波器显示信号波形大小合适, 位置居中.

2. 将接收换能器从相距发射器 30mm 左右开始往后移动, 连续捕捉极大电压峰值, 并记下各自相应的峰峰电压值和接收换能器位置.

【数据处理】

由 (2) 两边取对数得 $\ln I_d = \alpha d + \ln I_0$

有 (1) 知 $I \propto p^2$

由
$$p = \frac{F}{S}, E = gF, S = kE, U = Ed$$

得
$$p \propto F, F \propto E, E \propto U$$

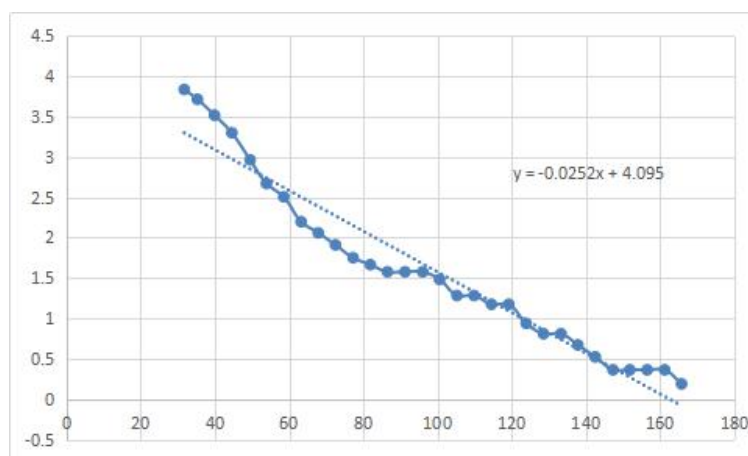
所以
$$I \propto U^2$$

即
$$2 \ln U_d = \alpha d + 2 \ln U_0$$

式中为 α 为衰减系数, 可看出电压对数的两倍 $2 \ln U_d$ 与衰减系数 α 成线性关系. $2 \ln U_d - d$ 图像的斜率即为声波衰减系数 α .

距离 d/mm	电压 U/V	2lnU	距离 d/mm	电压 U/V	2lnU
31.726	6.8	3.833845224	100.584	2.1	1.483874689
35.272	6.4	3.712595981	105.284	1.9	1.283707772
39.874	5.8	3.515715835	109.892	1.9	1.283707772
44.558	5.2	3.297317251	114.586	1.8	1.175573330
49.478	4.4	2.963209082	119.260	1.8	1.175573330
53.881	3.8	2.670002133	123.929	1.6	0.940007258
58.558	3.5	2.505525937	128.624	1.5	0.810930216
63.245	3	2.197224577	133.350	1.5	0.810930216
67.860	2.8	2.059238834	137.889	1.4	0.672944473
72.496	2.6	1.911022890	142.584	1.3	0.524728529
77.262	2.4	1.750937475	147.363	1.2	0.364643114
81.898	2.3	1.665818246	151.888	1.2	0.364643114
86.530	2.2	1.576914721	156.578	1.2	0.364643114
91.252	2.2	1.576914721	161.295	1.2	0.364643114
96.030	2.2	1.576914721	165.853	1.1	0.190620360

$2 \ln U_d - d$ 图



由 Excel 线性拟合得 $\alpha = 0.0252 \text{ mm}^{-1}$

【实验结果分析与小结】

1. 这是我们的第一次设计实验，让我们根据对实验目的和实验原理的了解，通过所学知识自主设计实验方案，并做数据分析。因为需要自主设计实验，所以对实验原理必须要了解的非常透彻，为此我还将之前做过的声速测量实验又复习了一遍。在以后的学习中，也可以利用这种举一反三的探究型学习方法，这对知识的掌握大有益处，也可以为之后的科研奠定基础。

2. 搞清楚实验原理之后，这次实验就非常的简单了，只需要移动压电换能器的位置，并记录位置和对对应示波器中的电压即可。但随着与声源距离的增大，电压的变化渐渐变得没有那么快。这时就应该以电压的变化为数据采集的依据，而不是死板的记录每一次电压最大值时的数据。（在这一点上，我并没与考虑的特别周到，所以实验结果的偏差可能略大。）

3. 这次实验不能直接测出声强，只能直接测出电压的值。如何找到电压和声强之间的数量关系就显得尤为重要。初次看到这次实验时，我一直在想媒介特性阻抗 Z 、压电常量 g 、 k 都不知道，怎么可以由电压的关系转变成电流的关系呢？最后通过对（2）式取对数，发现只要得出比例关系即可求出衰减系数。因此，所有的系数便都可以约去了。这让我知道，为了达到一个目标，不仅需要寻找达到原目标的方法，有时也可以将原目标做一些等效的变形，通过更简单的方式达到这个新的目标，进而将原目标达成。

【原始数据】（见下页）



南昌大学实验报告

学生姓名: 黄泽豪 学号: 5502115014 专业班级: 物理学151

实验类型: ☐验证 ☐综合 ☐设计 ☐创新 实验日期: 9.30 实验成绩: _____

距离 d / mm	电压 U / V	距离 d / mm	电压 U / V
1 31.726	6.8 6.8	16 100.584	2.1 2.1
2 35.272	6.4 6.4	17 105.284	1.9
3 39.874	5.8 5.8	18 109.892	1.9
4 44.558	5.2	19 114.586	1.8
5 49.478	4.4	20 119.260	1.8
6 53.881	3.8	21 123.929	1.6
7 58.558	3.5	22 128.624	1.5
8 63.245	3.0	23 133.350	1.5
9 67.860	2.8	24 137.889	1.4
10 72.496	2.6	25 142.584	1.3
11 77.262	2.4	26 147.363	1.2
12 81.898	2.3	27 151.888	1.2
13 86.530	2.2	28 156.578	1.2
14 91.252	2.2	29 161.295	1.2
15 96.030	2.2	30 165.853	1.1