

耦合弹簧振子波动特性实验报告

无88 刘子源 2018010895

一、实验目的

- (1) 观察、测量研究振动及波动现象、特性；
- (2) 进一步理解并掌握振动与波动学有关的基本概念和原理；
- (3) 提高利用物理学原理对实验现象的分析判断能力；
- (4) 学习并掌握实验观测图像、视频资料等的提取分析、函数拟合等实验数据处理思路方法

二、实验原理

2.1 测量单弹簧振子固有频率

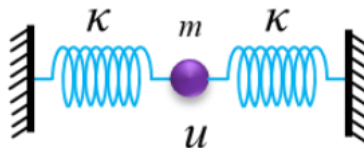


图 1 弹簧振子

用于测量的弹簧振子模型如上，轻质弹簧振子的劲度系数为 k ，质量为 m ，离开平衡位置的位移为 u ，则有：

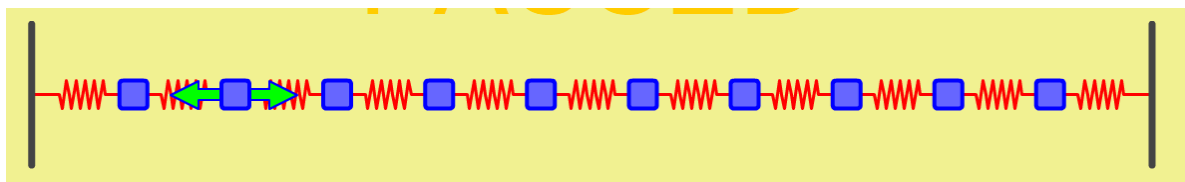
$$m \frac{d^2 u}{dt^2} = -2ku$$

$$u = A \cos(\omega t + \delta)$$

$$\omega = \sqrt{2}\omega_0, f = \sqrt{2}f_0$$

则得到单个弹簧振子的固有频率 f_0 ，只需测出单弹簧振子模型50个周期时间 T ： $f_0 = \frac{50}{\sqrt{2}T}$

2.2 测量弹簧振子链的色散关系



实验模型如上，一共10个振子，已知角频率和频率与波数之间的函数为色散关系：

$$\omega = 2\omega_0 \sin\left(\frac{ka}{2}\right)$$

$$f = 2f_0 \sin\left(\frac{ka}{2}\right)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \lambda \text{ 为纵波波长}$$

实验时需要设置多组不同的简正频率，测量其频率 f 和振幅 u_i ，拟合得到波数 k ，再用上述公式进行拟合得到色散曲线方程。

三、数据处理

3.1测量弹簧振子固有频率 f_0

测量弹簧振子振动50个周期的时间T:

	第1次测量	第2次测量	第3次测量	平均值
T/s	35.49	35.33	35.47	35.43

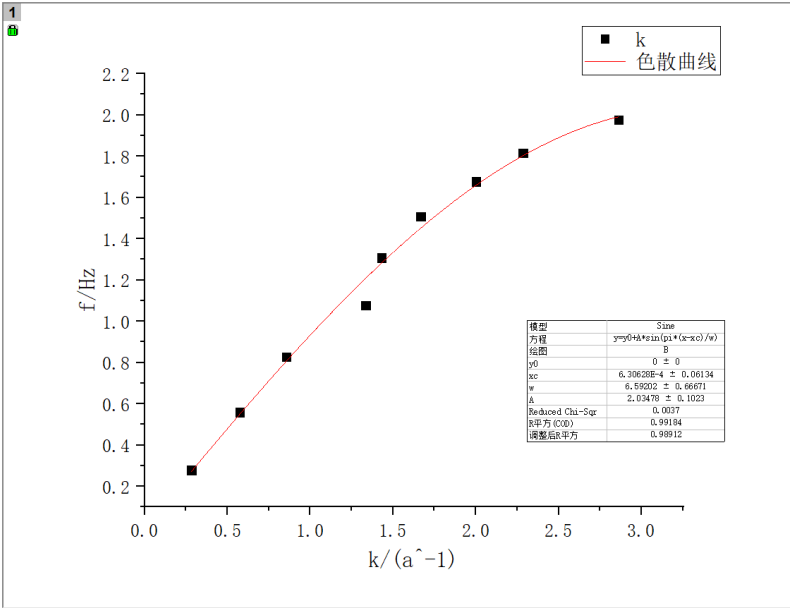
单个振子的固有频率为 $f_0 = \frac{50}{\sqrt{2}T} = 0.998Hz$

3.2测量弹簧振子链的色散关系

数据组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
振动频率f/Hz	0.279	0.559	0.828	1.078	1.307	1.507	1.677	1.816	1.976
$u_1/pixel$	19	27	48	53	52	42	40	29	10
$u_2/pixel$	34	45	63	44	16	-14	-33	-37	-19
$u_3/pixel$	48	48	35	-16	-48	-39	-13	21	26
$u_4/pixel$	57	37	-18	-57	-28	23	45	12	-32
$u_5/pixel$	62	15	-58	-32	41	33	-25	-35	32
$u_6/pixel$	63	-14	-59	31	40	-33	-26	34	-34
$u_7/pixel$	57	-38	-19	56	-29	-25	43	-12	31
$u_8/pixel$	47	-47	35	17	-49	38	-15	-22	-27
$u_9/pixel$	35	-43	62	-45	15	13	-34	38	18
$u_{10}/pixel$	18	-25	48	52	51	-42	40	-29	-11
波长 λ/a	22.200	10.946	7.328	4.702	4.392	3.769	3.138	2.750	2.196
波数 k/a^{-1}	0.283	0.574	0.857	1.336	1.431	1.667	2.002	2.285	2.861

通过Origin，利用Origin中的SINE公式 $y = y_0 + A\sin(\pi * (x - xc)/w)$ 对 (n, u_n) 进行拟合，对应可得 $\lambda = 2w, k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{w}$

再对 (k, f) 进行拟合，仍用上述公式，得到如下图像：



拟合得到的色散曲线公式为 $f = 2.035\sin(\frac{\pi}{6.592}k)$

分析：理论公式为 $f = 2f_0\sin(\frac{ka}{2})$.

$2.035 \approx 2f_0 = 1.996Hz$ ，拟合结果在误差允许范围内。

$\frac{\pi}{6.592}k = \frac{k}{2} * 0.953 \approx \frac{k}{2}$ ，拟合结果在误差允许范围内，满足要求。

3.3横波简正模型观察

相关图像见六、原始数据

mode	1	2	3	4	5	6	7	8	9
驻波为正弦函数的周期数	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5

横波简正模型中，驻波形成的正弦函数周期数为 $mode/2$

四、思考题

离散介质和连续介质中波的传输特性？

答：在离散介质中，振动模式的分布是离散的，色散关系中的各个点是离散的，也有了我们这次实验的重点——normal modes，此时的振动是一系列不同模数的振动模式的叠加。

连续介质中，波的传播是连续的，波数、频率是连续的，没有模数的概念，或者可以认为有无穷多个模数叠加。

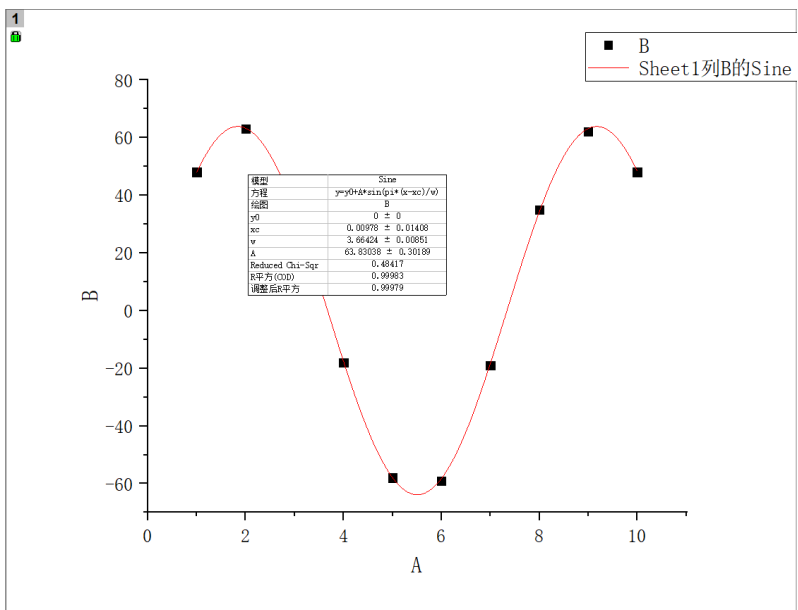
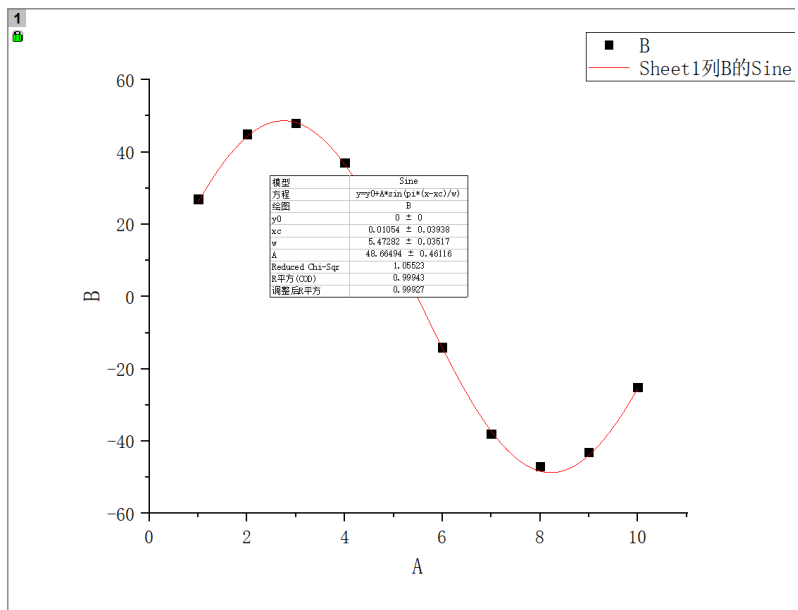
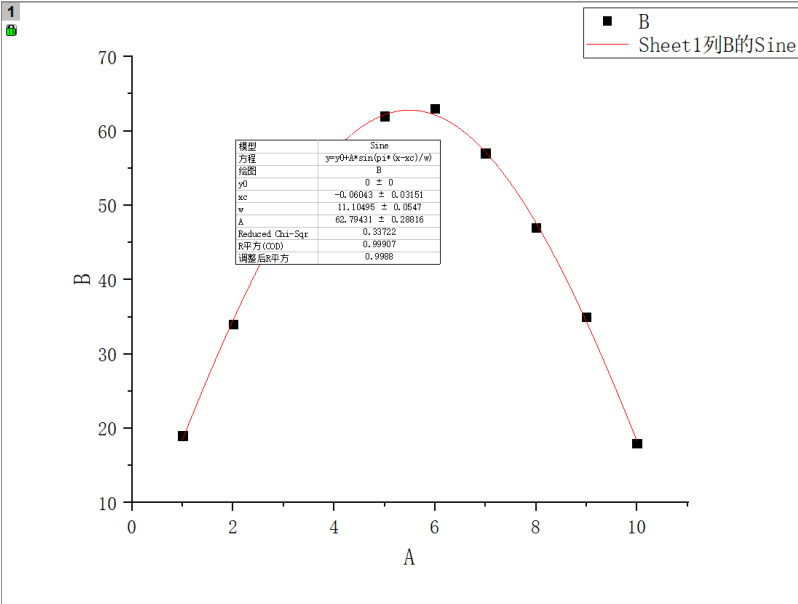
五、总结

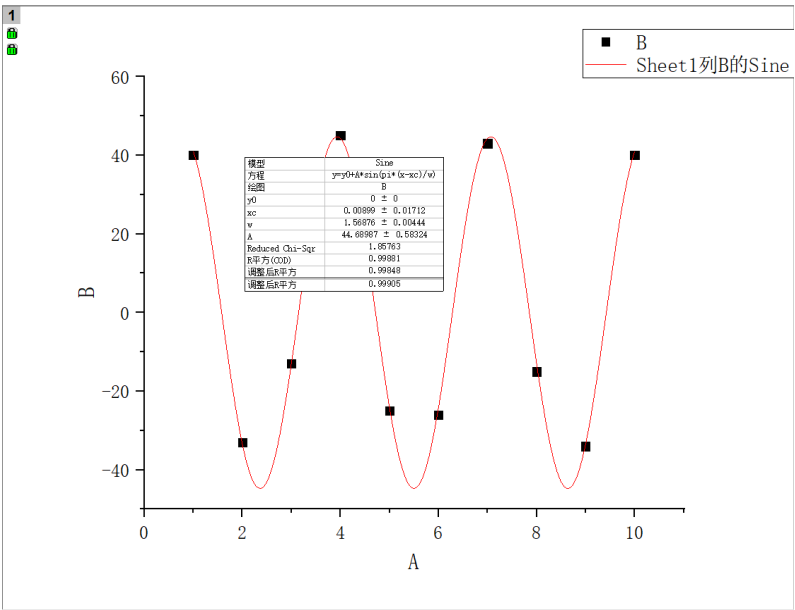
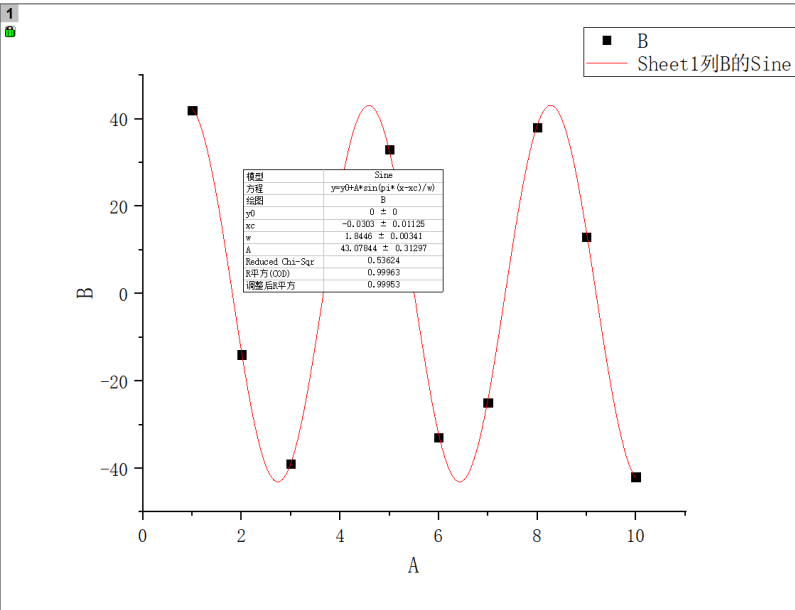
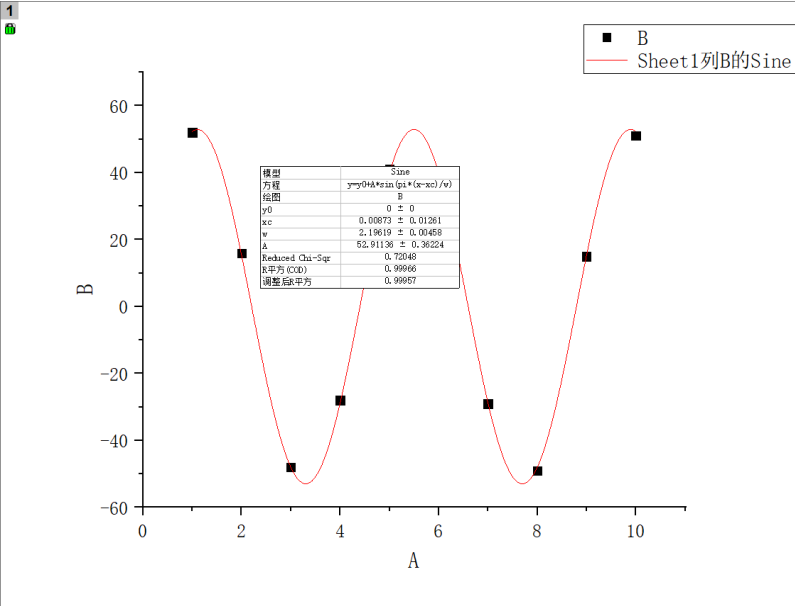
这是一次特殊的大物实验——线上实验。通过本次实验，我主要熟悉了软件Origin的简单使用方法，学会了用Origin进行数据的拟合和绘图，感谢老师和同学的指导和帮助！

六、原始数据

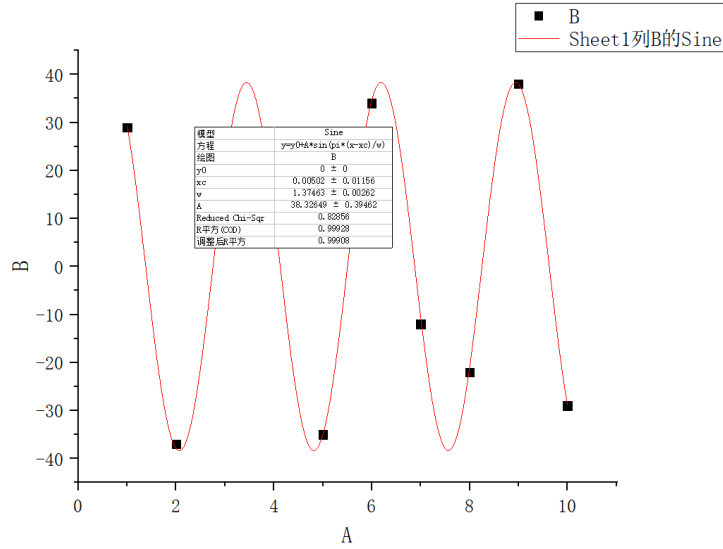
原始记录表格

mode	1	2	3	4	5	6	7	8	9
驻波为正弦函数的周期数	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Time	31.27	31.33	31.4						
Displacement	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1			

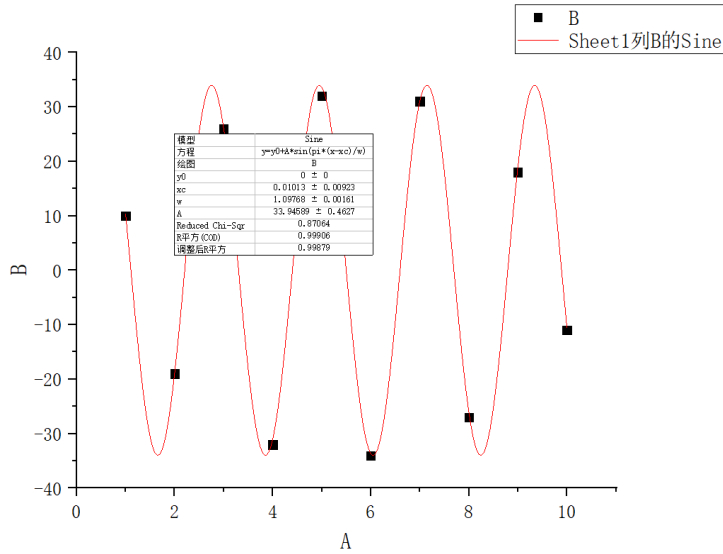




1



1



1

